

ACQUE

L'acqua che raggiunge la Terra attraverso le precipitazioni meteoriche (pioggia, neve, condensazione del vapore acqueo, ecc.) alimenta in buona parte le riserve superficiali (laghi e fiumi) e in minor misura le riserve sotterranee (falde acquifere) dopo essersi, in quest'ultimo caso, infiltrata nel suolo. Le acque di falda possono essere utilizzate in 2 modi:

- attraverso una sorgente, ovvero il punto in cui la falda fuoriesce e la sua profondità coincide con la superficie del terreno
- attraverso un pozzo, ovvero una perforazione del suolo dalla quale l'acqua viene captata mediante un impianto di sollevamento

CAUSE E INQUINAMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Come sopra detto le acque di superficie possono andare incontro a fenomeni di inquinamento di vario genere che possono essere: inquinamento da sostanze non tossiche o tossiche, inquinamento fisico o biologico

Inquinamento da sostanze non tossiche: è dovuto all'arrivo nel corpo idrico di sostanze organiche presenti nei liquami zootecnici, negli scarichi fognari, nei reflui di industrie agroalimentari

I costituenti organici presenti vengono decomposti e mineralizzati dai batteri presenti nell'acqua a scapito di una certa quantità di ossigeno disciolto nella stessa acqua; infatti, essendo la quantità di O_2 consumato dai batteri direttamente proporzionale alla quantità di sostanza organica da degradare, l'arrivo di costituenti organici in misura elevata instaura nel corpo idrico una condizione di anossia (assenza di ossigeno) con significativa moria degli organismi aerobi (es. pesci). Il fenomeno manifesta esiti ben più gravi nel periodo estivo quando l'elevata temperatura dell'acqua accelera da un lato l'attività metabolico-respiratoria dei batteri decompositori e dall'altro diminuisce la quantità di ossigeno disciolto nell'acqua

Inquinamento da sostanze tossiche: è rappresentato da metalli pesanti (Cr, Pb, Cd, Hg, ecc.) agrofarmaci, concimi, detersivi, solventi organici, carburanti, scarichi industriali di acidi o basi che alterano il pH dell'acqua, oli minerali contenenti paraffine e benzene con effetto anche di occlusione delle vie respiratorie degli organismi acquatici, qualche volta scorie radioattive

Inquinamento fisico: riguarda l'immissione nel corpo idrico di acque di raffreddamento da parte di centrali termoelettriche che determina un aumento di qualche grado della temperatura dell'acqua con alterazioni nella velocità di respirazione dei batteri decompositori e nella quantità di ossigeno disciolto; in questa tipologia di inquinamento rientra anche l'arrivo di solidi sospesi (es. foglie) con aumento della torbidità delle acque che ostacola la riossigenazione e la penetrazione della luce

Inquinamento biologico: riguarda il materiale fecale proveniente da scarichi fognari o liquami zootecnici che portano microrganismi patogeni per l'uomo (batteri, virus, protozoi) che rendono l'acqua non potabile e inutilizzabile ai fini irrigui per tutte quelle colture consumate crude (insalate, ortaggi da frutto e da radice, ecc.). L'uso di acque inquinate da microrganismi patogeni è causa di mortalità nei Paesi in via di sviluppo (es. batteri tipo Salmonella, Vibrione del colera, *Escherichia coli* responsabili di enterite, Legionella causa di problemi respiratori, Clostridium causa di botulismo; es. virus tipo Poliovirus responsabile di poliomielite, Epatite A causa dell'omonima malattia, Rotavirus responsabile di gastroenterite infantile).

Per inquinamento biologico si può intendere l'introduzione volontaria o accidentale di specie vegetali (es. alghe che hanno invaso il Mediterraneo capaci di alterare l'ecosistema acquatico sostituendosi a quelle endemiche) o animali acquatiche estranee al corpo idrico chiamate "specie esotiche" (es. il pesce siluro nel fiume Po e ultimamente anche nel Tevere quale predatore molto vorace, il gambero rosso della Louisiana che invade fiumi e canali della Lombardia e dell'Emilia Romagna capace di alterare l'ecosistema divorando il gambero italiano, introducendo uova di ogni genere e scavando profonde gallerie responsabili di crolli dei canali)

EUTROFIZZAZIONE

Si tratta di un processo degenerativo a livello della vegetazione acquatica che si manifesta con una esagerata proliferazione di alghe negli ecosistemi acquatici con scarsa turbolenza come laghi, corsi d'acqua a lento deflusso, acque marine costiere; la proliferazione algale è causata da una notevole quantità di azoto e fosforo nell'acqua che raggiungono il corpo idrico per incontrollata attività antropica.

Quando la produzione di alghe in un corpo idrico eccede la capacità di pascolo dello zooplancton una buona parte della vegetazione acquatica viene dirottata verso la catena del detrito alimentando l'attività dei batteri decompositori e conseguente impoverimento di ossigeno disciolto nell'acqua; infatti, la decomposizione della biomassa algale nel fondo impoverisce di ossigeno gli strati profondi, mentre quella in superficie ostacola l'ossigenazione dello strato superficiale

Cause di eutrofizzazione e fonti di fosforo:

- dilavamento di suoli concimati da dove il fosforo spinto dalle acque meteoriche e di irrigazione raggiunge i corpi idrici nella misura di 0,6 kg/ha/anno
- dilavamento di suoli incolti da dove il fosforo per erosione dovuta alle acque meteoriche raggiunge i corpi idrici nella misura di 0,1 kg/ha/anno

- reflui zootecnici ricchi in fosforo di particolare effetto inquinante per i corpi idrici nelle zone con grande diffusione di allevamenti intensivi (es. bacino del Po)

Conseguenze dell'eutrofizzazione si possono riassumere come segue:

- grande presenza di organismi animali e vegetali tolleranti alle basse concentrazioni di ossigeno
- riduzione della biodiversità animale e vegetale acquatica
- presenza di poche specie animali e vegetali dominanti

Pericoli legati all'utilizzo di acque eutrofizzate si possono così riassumere:

- perdita del requisito di potabilità a motivo delle alterazioni di colore, odore, e sapore
- perdita delle qualità estetiche e ricreative
- pericolosità legata alla presenza di tossine prodotte da alcune alghe
- pericolosità legata alla presenza di alcuni batteri come il *Clostridium botulinum* produttore di una tossina letale per uccelli e mammiferi

ACIDIFICAZIONE

Si tratta di un processo strettamente correlato al fenomeno delle piogge acide che unitamente ad altri fattori come i tipi di suoli e di vegetazione presenti nella zona di riferimento sono capaci di modificare l'acidità naturale di un lago.

Tra i fattori che intervengono nel processo di acidificazione delle acque abbiamo:

tipo di suoli: se i terreni in cui ricade il lago sono ricchi di calcare, il processo di acidificazione risulterà piuttosto contrastato a motivo dell'effetto tampone dei carbonati presenti in questi suoli che per lisciviazione raggiungeranno lo specchio lacustre

tipo di acque: se l'acqua presenta un'elevata alcalinità totale il processo di acidificazione risulterà ostacolato perché naturalmente contrastato dall'elevato pH dell'acqua

uso dei suoli: se nei terreni circostanti la foresta di latifoglie viene sostituita con conifere, questo comporterà un'acidificazione del suolo (dovuta alla lettiera di aghi) e un processo di alterazione del pH dell'acqua a seguito della lisciviazione di questi terreni

Conseguenze dell'acidificazione si possono riassumere come segue:

- scomparsa di molluschi e crostacei bentonici
- sviluppo di alghe filamentose
- blocco della riproduzione di molti pesci
- moria di specie ittiche sensibili

MISURA DELL'INQUINAMENTO

Per monitorare lo stato di inquinamento delle acque si ricorre all'analisi di laboratorio di un campione di acqua ritenuto rappresentativo che tiene conto del consumo biologico o chimico di ossigeno; trattasi rispettivamente del BOD e del COD

BOD (Biological Oxygen Demand): rileva la quantità di ossigeno consumato dai microrganismi presenti nell'acqua per degradare la sostanza organica in essa contenuta. L'analisi del campione viene fatta effettuando le seguenti operazioni:

- misurare la quantità di "ossigeno iniziale" presente in un campione di acqua ben aerato
- sistemare il campione in un contenitore di vetro alla temperatura di 20° C e al buio
- misurare dopo 5 giorni la quantità di "ossigeno residuo"

Calcolo del BOD₅: differenza tra l'ossigeno iniziale e quello residuo

All'aumentare di tale differenza (BOD elevato) corrisponde un notevole consumo di ossigeno, sintomo di un elevato carico organico da degradare presente nell'acqua (acqua inquinata); le acque vengono considerate non inquinate con BOD inferiore a 3 mg/l O₂

BOD ₅ mg/l O ₂	Giudizio acqua
1	Molto pulita
2	Pulita
3	Poco pulita
4	Moderatamente inquinata
5	Inquinata
6	Molto inquinata

COD (Chemical Oxygen Demand): misura la quantità di ossigeno consumato dall'ossidazione chimica delle sostanze organiche contenute nell'acqua alla quale viene aggiunto un forte ossidante come il bicromato di potassio (K₂Cr₂O₇). Il COD viene utilizzato per misurare l'inquinamento nel caso in cui le sostanze organiche non sono degradabili biologicamente per le quali si ricorre al BOD; questo metodo non è in grado di ossidare l'azoto ammoniacale, il benzene, l'alcool etilico e l'acido oleico.

FALDE ACQUIFERE

Le falde acquifere sono accumuli di acqua nel sottosuolo che, a seconda del processo di formazione vengono distinte in:

falde freatiche o aperte, in cui l'acqua si trova interclusa tra un strato impermeabile inferiore e uno permeabile superiore dal quale viene alimentata per infiltrazione dalla superficie del terreno; vengono chiamate anche aperte (o vulnerabili) per via del fatto che lo strato superiore permeabile le espone a fenomeni di inquinamento più o meno gravi. Nel momento in cui lo strato superiore permeabile viene perforato si parla di "pozzo freatico" da dove l'acqua viene captata per sollevamento

falde artesiane o chiuse, in cui l'acqua si accumula tra due strati impermeabili inferiore e superiore, trovando alimentazione soltanto dalla porzione a monte; vengono chiamate chiuse (o non vulnerabili) perché lo strato superiore impermeabile le protegge da vari fenomeni di inquinamento, o in pressione poiché tra gli strati oltre all'acqua si accumula anche una certa quantità di gas. Nel momento in cui lo strato superiore impermeabile viene perforato si parla di "pozzo artesiano"; subito dopo la perforazione l'acqua fuoriesce da sola per qualche tempo perché spinta dal gas accumulatosi assieme all'acqua, questo una volta esauritosi l'acqua dovrà essere captata tramite un impianto di sollevamento

In merito alla **vulnerabilità delle falde acquifere** possiamo fare la seguente classificazione:

falde acquifere ad alta vulnerabilità: falde freatiche con strato superiore di natura sabbiosa o ghiaiosa

falde acquifere a media vulnerabilità: falde freatiche con strato superiore di natura argillo-sabbiosa

falde acquifere a bassa vulnerabilità: falde artesiane con strato superiore impermeabile costituito da materiale roccioso compatto o banchi di argilla compatta