

**IMPLEMENTAZIONE DELLE POLITICHE AMBIENTALI, ASPETTI EMPIRICI:
ANALISI DEL RISCHIO AMBIENTALE**

1. L'analisi del rischio ambientale

Concetto di rischio

Il concetto di rischio si riferisce in modo generale alla “possibilità che qualche evento negativo si realizzi”.

Un rischio può essere volontario (vale a dire che è deliberatamente assunto da un individuo) o involontario (quando l'assunzione del rischio non è controllabile dall'individuo).

Per rischio ambientale ci si riferisce alla probabilità che si abbia un danno in seguito all'esposizione (exposure: the pathways between the source of the damage and the affected population or resource) ad un pericolo ambientale (environmental hazard: la fonte del danno ambientale).

Un pericolo ambientale è qualsiasi fonte di possibile danno ambientale.

Un rischio può essere evitato oppure può essere minimizzato.

Al fine di intraprendere azioni per evitare o minimizzare un rischio (risk management) è necessario effettuare una accurata analisi del rischio (risk analysis)

L'analisi del rischio si compone di due fasi: valutazione del rischio (risk assessment) e controllo del rischio (risk management, vale a dire la fase di formulazione delle politiche di risposta al rischio).

1.1 La valutazione del rischio (risk assessment)

La valutazione del rischio, sia di tipo qualitativo che quantitativo, comprende le seguenti fasi: **Identificazione del pericolo, attraverso ricerche scientifiche e raccolta di dati → Analisi della risposta alla dose → Analisi dell'esposizione al rischio → Caratterizzazione del rischio.**

Identificazione del pericolo (hazard identification)

In questa fase gli “scienziati” analizzano i dati per determinare se esiste una relazione causale tra un agente inquinante ed effetti negativi (adverse effects) sull'ecologia e/o la salute umana.

Vengono generalmente utilizzate le seguenti tre metodologie:

Case cluster (cluster di casi): studio basato sull'osservazione di una manifestazione anormale di effetti sulla salute riscontrati in un particolare gruppo della popolazione.

Animal bioessay (esperimenti in vivo): studio basato sul confronto di dati biologici di organismi viventi in presenza ed in assenza dell'esposizione alla fonte di pericolo.

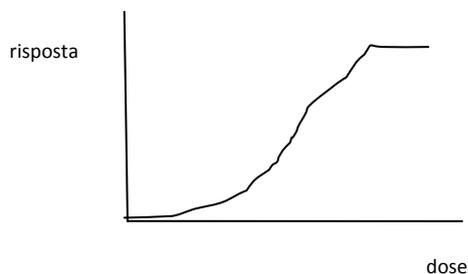
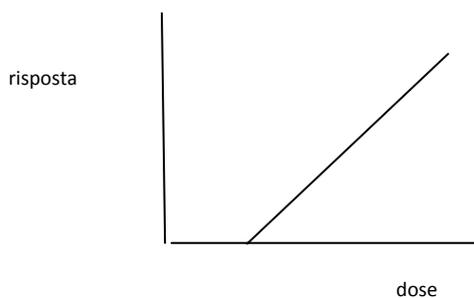
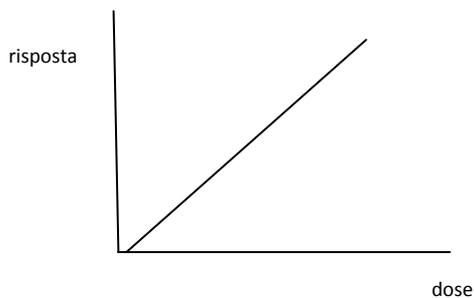
Epidemiology: studio delle cause e della distribuzione di patologie nella popolazione umana in base a dati demografici e socio-psicografici.

Analisi dose-risposta (Dose-Response analysis)

Viene effettuata per la valutazione dei danni derivanti dall'esposizione a dosi diverse di un agente inquinante. Viene identificata la relazione dose-risposta (tipo di risposta per dosi aggiuntive di agente inquinante) e la soglia di esposizione (la dose massima per la quale non si riscontrano effetti avversi).

Si consideri l'esempio dell'esposizione ad un concentrazione elevata di anidride carbonica (monossido di carbonio, CO_2^i) nell'aria. A partire da una certa concentrazione si hanno sintomi di sonnolenza (drowsiness), all'aumentare della concentrazione si hanno altri sintomi come disturbi della vista e cognitivi, successivamente si ha la morte.

L'aspetto più difficile dell'analisi della soglia di esposizione è l'estrapolazione dei dati sperimentali di laboratorio all'ambiente reale nel quale vive la popolazione, nonché alla varietà delle caratteristiche (e della diversa sensibilità all'agente inquinante) della popolazione. L'elemento principale da valutare è l'interazione dell'agente inquinante considerato sperimentalmente con altri agenti inquinanti e fattori ambientali presenti nella realtà e che possono cambiare anche in modo considerevole la relazione dose-risposta stimata sperimentalmente.



L'analisi dell'esposizione (exposure analysis).

Concerne:

L'analisi della fonte dell'agente inquinante.

L'analisi dei livelli di concentrazione dell'inquinante alla fonte.

L'analisi del percorso dell'inquinante tra la sorgente e la popolazione e/o l'ecosistema esposti.

L'analisi della sensibilità della popolazione (ecosistema) all'esposizione, vale a dire la caratterizzazione della suscettibilità al danno.

Si consideri l'esempio del danno dall'esposizione al piombo, concentrazioni elevate del quale nel sangue provocano molteplici disturbi e patologie, sia acuti che cronici. Le fonti di rilascio di piombo nell'ambiente sono molteplici, come emissioni da processi industriali, cibo contaminato, tubature dell'acqua e così via. L'esposizione varia in relazione ai comportamenti, alla durata di permanenza nei luoghi dove più elevata è la concentrazione, alla eventualità di mangiare cibo contaminato ecc. a parità di esposizione individui diversi presentano danni diversi, in base a elementi peculiari individuali o a parametri quali l'età, il sesso, e così via. Ad esempio elevati livelli di piombo nel sangue delle donne durante la gravidanza può determinare malformazioni e patologie alla nascita.

La caratterizzazione del rischio (risk characterization)

Comprende la descrizione precisa del rischio a livello sia qualitativo che quantitativo. La descrizione quantitativa comprende la definizione di un indicatore della dimensione del rischio che renda possibile la comparazione del rischio con altri tipi di rischio.

Ad esempio viene determinato il **rischio effettivo** come il numero di vittime sul totale della popolazione esposta.

Il rischio effettivo di morte a causa di incidenti stradali è calcolato negli USA in 24 su 100000, pari al 0.024%). Il rischio di contrarre il cancro a causa dell'esposizione ad acqua clorata è stimato in 8 su 1 milione di persone esposte.

Un'altra misura è la dose di riferimento (reference dose, RfD), vale a dire quella dose che può essere tollerata senza danni da una persona nell'intero arco della propria vita. E' calcolata come:

RfD= milligrammi di agente inquinante per peso corporeo per giorno.

Il grado di "precisione" della caratterizzazione del rischio dipende dai dati a disposizione, dalla precisione dei modelli bio(eco)logici utilizzati, e dalla misura scelta (quest'ultima può fare riferimento a diverse ipotesi nelle metodologie statistiche utilizzate, ad esempio l'approccio alla misura della probabilità del tipo basato sulle frequenze, sulla probabilità soggettiva e così via).

1.2 Il controllo del rischio (risk management)

Il controllo del rischio (risk management) comprende due fasi: 1) Determinazione del rischio accettabile. 2) Valutazione e selezione degli strumenti di politica.

1) Determinazione del rischio accettabile. Si fa riferimento generalmente al concetto di de minimis risk: un livello di rischio tale che l'ulteriore riduzione del rischio non giustifica i costi necessari per tale riduzione.

2) Valutazione e selezione degli strumenti di politica. E' un problema di decisione che consiste nella valutazione (e scelta) dei diversi interventi per il raggiungimento della soglia di rischio accettabile in base a criteri diversi, ad esempio economici, politici, etici, ecc.

Dal punto di vista economico il problema del risk management viene affrontato 1. Individuando il livello di rischio accettabile; 2. Analizzando i benefici per la società che provengono dall'implementazione di politiche di controllo del rischio; 3. analizzando i costi associati all'implementazione delle politiche.

Dal punto di vista economico la scelta delle diverse strategie di controllo del rischio viene fatta generalmente utilizzando i seguenti approcci di valutazione: comparative risk analysis, risk-benefit analysis, benefit-cost analysis.

L'analisi del rischio relativo (**comparative risk analysis o risk-risk analysis**) è basata sul confronto tra i rischi posti da una sorgente di inquinamento ed i rischi posti da altre fonti od attività. Esempio:

radon level (pCi/L)	Rischio di cancro al polmone per i non-fumatori (n of pers.per 1000)	Rischio comparato
20	8	Rischio di essere uccisi a seguito di atto criminale
10	4	
8	3	10 volte il rischio di morire in un disastro aereo
4	2	Rischio di annegamento
2	1	Morte per incendio

L'analisi rischi-benefici (**Risk-benefit analysis**)

Considera simultaneamente i benefici per la società nel caso in cui non si interviene con i livelli di rischio associati. Ad esempio nella scelta delle strategie di controllo dei rischi connessi alle emissioni da combustibili fossili, il decisore terrà in considerazione la perdita dei benefici che derivano dall'uso dei combustibili in assenza di regolamentazione. L'obiettivo è di minimizzare i rischi e nel contempo massimizzare i benefici attesi. Ad esempio negli USA il Toxic Substances Control Act richiede che l'EPA (Environment protection agency) consideri simultaneamente gli effetti negativi per l'ambiente e la salute, il grado di esposizione alla sostanza, ed i benefici che l'uso della sostanza apporta alla società.

L'analisi benefici-costi (**Benefit-cost analysis**)

Serve a confrontare i benefici marginali di una politica di riduzione del rischio con i costi marginali associate all'implementazione della politica. Serve sia per il confronto tra diverse politiche sia per la determinazione del livello accettabile di rischio.

Il livello "accettabile" di rischio è scelto in base al criterio dell'efficienza allocativa. Il decisore confronta il valore monetizzato dei benefici per la società che derivano da riduzioni incrementali del

rischio. Il livello “accettabile” di rischio è allora quello per il quale i benefici sociali marginali associati alla riduzione del rischio sono pari ai costi marginali sociali della politica di riduzione intrapresa.

Per concludere:

Nel processo di analisi del rischio vengono utilizzate competenze multidisciplinari: chimica, biologia, geologia, tossicologia, epidemiologia per tutte le attività di analisi di laboratorio e studi sul campo; chimica, biologia, medicina, statistica, scienza politica ecc. nella fase di valutazione del rischio; economia, politica, diritto, etica nella fase di controllo del rischio.

L’analisi del rischio presenta problemi molto complessi. In primo luogo perché il concetto di rischio è un concetto estremamente difficile da definire con precisione. Esistono infatti diverse “teorie” del rischio, ed in diversi campi disciplinari, sociologia, politica, etica, economia, scienze cognitive. Anche le metodologie statistiche utilizzate per la definizione e la stima di “indicatori” del rischio, possono far riferimento ad una grande varietà di ipotesi metodologiche.

ⁱ Ricordiamo qui i due processi fondamentali che in natura influiscono sulla concentrazione di ossigeno e anidride carbonica nell’aria: fotosintesi clorofilliana e ciclo di Krebs.

Fotosintesi clorofilliana (trasformazione da sostanze inorganiche a sostanze organiche: anidride carbonica +luce....=ossigeno....)

La fotosintesi è il processo tramite il quale le piante producono il loro nutrimento. Assorbendo la anidride carbonica dall’atmosfera (ma anche dal suolo e dal sole) esse se ne nutrono e producono ossigeno che viene rilasciato nell’atmosfera (o nell’acqua nel caso di piante acquatiche). La fotosintesi è il processo oggi nettamente dominante sulla Terra per la produzione di composti organici da sostanze inorganiche. La fotosintesi si sviluppa in due fasi (dette luminosa e oscura) la prima delle quali è dominata dall’intervento del pigmento verde della clorofilla (da cui fotosintesi clorofilliana) in grado di catturare l’energia luminosa del Sole.

Ciclo di Krebs (trasformazione da sostanze organiche a sostanze inorganiche: zuccheri + ossigeno...= energia +acqua e anidride carbonica....)

Il ciclo di Krebs, o ciclo dell’acido citrico è l’insieme delle reazioni bio-chimiche che forniscono energia bruciando, vale a dire ossidando ad acqua ed anidride carbonica, i vari prodotti della demolizione delle molecole di zuccheri, grassi e aminoacidi. È costituito da una serie ciclica di reazioni chimiche, alimentate soprattutto dalla scissione del glucosio, di importanza fondamentale in tutte le cellule che utilizzano ossigeno nel processo della respirazione cellulare (organismi aerobici). La maggioranza degli organismi viventi sono aerobici, cioè ricavano energia da reazioni metaboliche che richiedono ossigeno, per essi il ciclo di Krebs è il meccanismo biochimico essenziale alla produzione di energia.