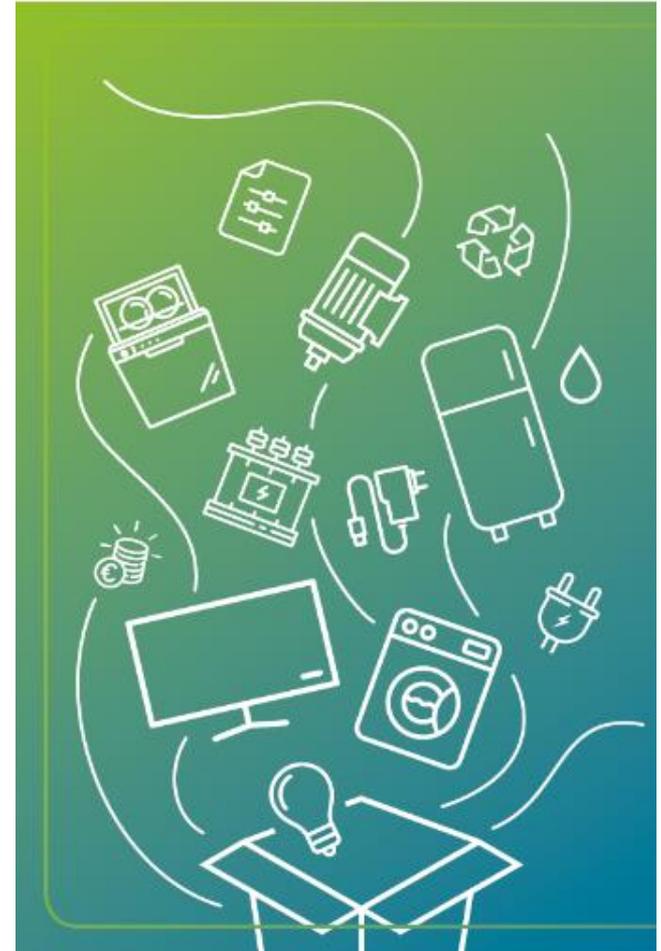


L4 – Design
A.A. 2022 - 2023

*“Indicatori e Impatti
ambientali”*

Prof. Marina Mistretta



Indicatori

Definizione di indicatore:

valore che fornisce informazioni su un dato fenomeno.

Gli indicatori descrivono lo stato dell'ambiente

Gli indicatori sono utili per descrivere, quantificare, misurare e comunicare informazioni pertinenti su un dato fenomeno.

Gli indicatori sono usati nei processi decisionali come fonte di informazione sintetica su problematiche sulle quali si vuole intervenire o su temi che si devono gestire.

Indicatori ambientali

Consumo delle risorse naturali:

- uso del suolo;
- consumi di risorsa idrica;
- consumi di energia;
- consumi di materie prime



Carichi ambientali:

- produzione di rifiuti;
- qualità dell'aria;
- emissioni di inquinanti.



Risparmio di risorse energetiche e materiali:

- produzione di energia rinnovabile
- % di rifiuti riciclati



Impatto Ambientale

Gli indicatori sono spesso usati come strumento di valutazione degli impatti ambientali, che sono gli effetti che le azioni umane generano sull'ambiente.

L'impatto ambientale può riferirsi ad un contesto locale o globale.

Impatti ambientali

L'analisi degli impatti ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente (emissioni o reflui) e del consumo di risorse provocati dalle attività produttive.



Individuazione delle correlazioni tra le attività antropiche e i consumi di risorse/le emissioni nell'ambiente

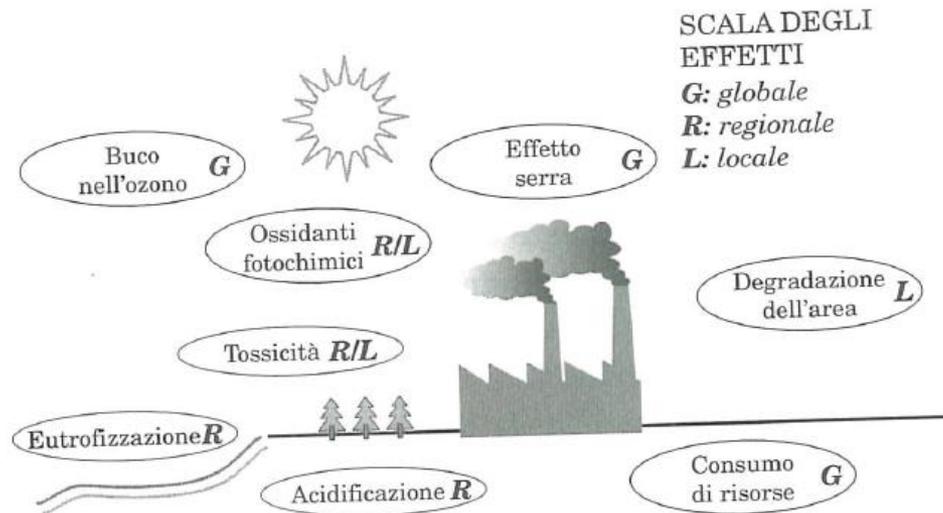


Formulazione di modelli di previsione scientificamente accettabili per gli effetti ambientali

Impatti ambientali

Gli effetti dovuti alle sostanze rilasciate nell'ambiente possono verificarsi nelle immediate vicinanze del punto di emissione oppure possono avere una ricaduta su tutto il pianeta.

In pratica gli effetti ambientali si suddividono, in base alla scala di azione, in effetti **globali**, **regionali** o **locali**.



Fonte: Baldo, 2000.

Impatti ambientali

Le sostanze nocive emesse (**inquinanti primari**), durante la fase di trasmissione, possono subire trasformazioni chimiche, fisiche o biologiche dando origine ad altre sostanze che vengono definite inquinanti di **neoformazione** o **secondari**.



Esempio: gli idrocarburi e gli ossidi di azoto prodotti dal traffico e da alcune attività industriali possono subire trasformazioni innescate dalla radiazione solare, con sviluppo di ozono (O_3) ed altri ossidanti fotochimici.

Impatti ambientali

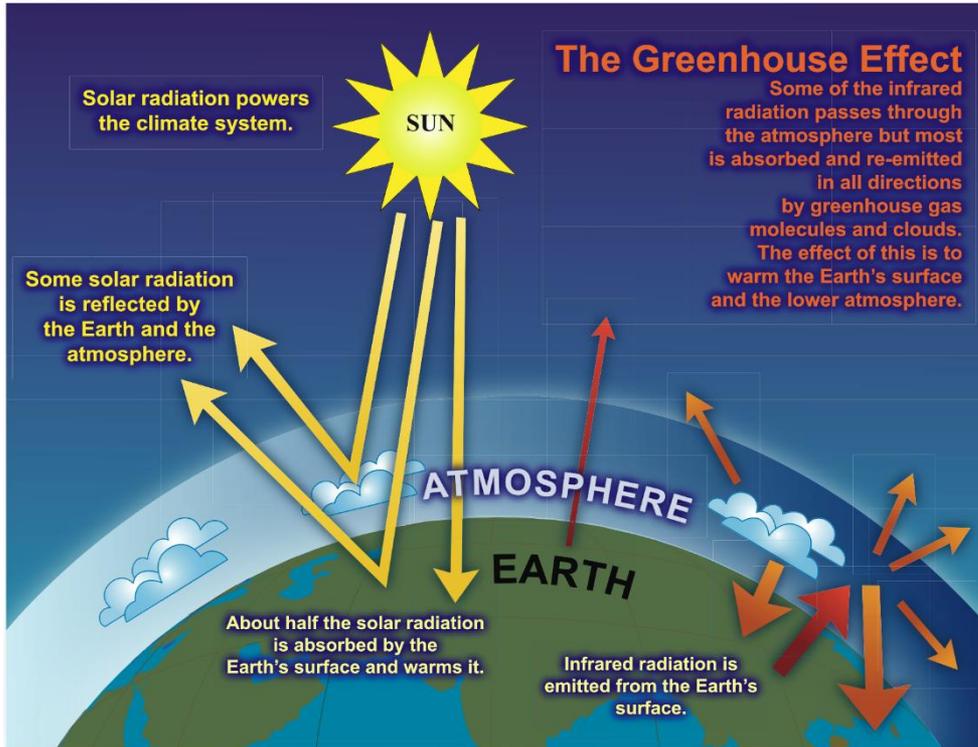
Principali effetti ambientali e scala di influenza

Scala	Effetto
Globale	Effetto serra
Globale	Assottigliamento della fascia di ozono
Globale	Consumo di risorse non rinnovabili
Regionale	Acidificazione
Regionale/Locale	Eutrofizzazione
Regionale	Formazione di ozono fotochimico

Impatti ambientali e indicatori

L'effetto serra

Fonte: IPCC



Fenomeno naturale per cui l'energia emessa dalla superficie terrestre verso lo spazio (in prevalenza come radiazione infrarossa), per bilanciare il flusso di energia ricevuta dal sole (in prevalenza come luce visibile a lunghezze d'onda più corte), viene parzialmente assorbita dall'atmosfera e da questa irradiata nuovamente verso la Terra.

In tal modo viene ritardata la dispersione di energia e, nel tempo, si crea un equilibrio al quale corrisponde la temperatura media che caratterizza la superficie terrestre (circa 15 °C).

Impatti ambientali e indicatori

L'effetto serra

I responsabili di questo fenomeno sono alcuni gas **naturalmente** presenti nell'atmosfera:

- diossido di carbonio (CO_2);
 - vapor d'acqua (H_2O);
 - ozono troposferico (O_3)
 - metano (CH_4);
 - protossido di azoto (N_2O);
 - alocarburanti;
 - aerosol;
 - ...
-

Impatti ambientali e indicatori

L'effetto serra



Aumento drammatico delle concentrazioni di gas serra di origine antropica



Aumento della capacità dell'atmosfera di trattenere calore

Emissioni di CO₂ – 2008-2017
(Fonte: International Energy Agency)



Impatti ambientali e indicatori

L'effetto serra

L'indicatore per la valutazione dell'effetto serra è il **Global Warming Potential - GWP** (Potenziale di riscaldamento globale).

L'indicatore di categoria è il diossido di carbonio (CO₂).

Il GWP consente di valutare i possibili effetti di riscaldamento atmosferico.

I quantitativi di gas serra vengono normalmente espressi dall'indicatore «kg CO₂equivalenti», attraverso un'operazione di standardizzazione basata sui potenziali di riscaldamento globale.

L'effetto serra

Il GWP di una sostanza è una misura della sua capacità di assorbire calore, nell'arco di un periodo prestabilito di tempo, dovuto all'emissione istantanea di 1 kg della sostanza nell'atmosfera odierna relativamente a quello generato da 1 kg del gas di riferimento, CO₂.

Il GWP della CO₂ è posto pari a 1.

Alcuni fattori di caratterizzazione per l'effetto serra potenziale (IPCC, 2013)

Risultato d'inventario	Fattore di caratterizzazione (kgCO _{2eq} /kg)
<ul style="list-style-type: none">• CO₂• CH₄• N₂O• CFC₁₁• SF₆• ...	<ul style="list-style-type: none">• 1• 23• 265• 4.660• 23.500• ...

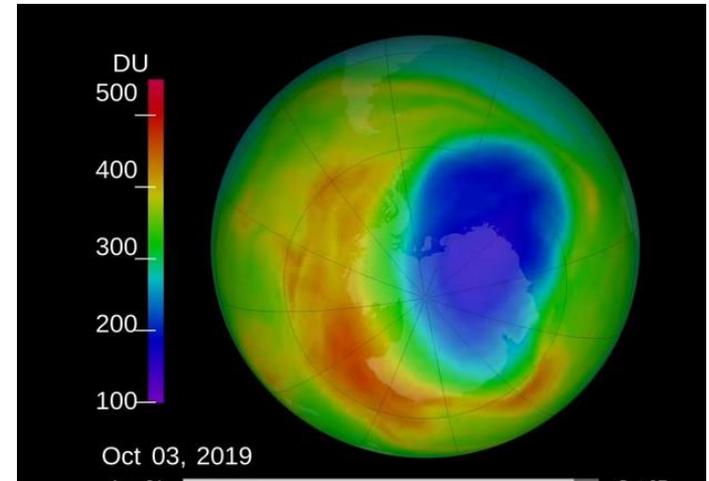
Impatti ambientali e indicatori

Diminuzione dello strato di ozono o “buco dell’ozono”

L’ozono (O_3) si forma continuamente in una fascia compresa tra i 25 e i 50 km di altezza al di sopra della superficie terrestre, in seguito alla dissociazione di molecole di ossigeno in ossigeno atomico ($O_2 \rightarrow O^* + O^*$), indotta dalla radiazione UV, e al successivo urto di atomi isolati con altre molecole di O_2 .

Per buco dell’ozono si intende l’assottigliamento dello strato di ozono presente nella stratosfera.

Questo fenomeno ebbe inizio tra il 1970 e il 1990 a causa dell’emissioni di alcuni composti capaci di catalizzare reazioni ozono-distruttive.



Fonte: NASA

Impatti ambientali e indicatori

Diminuzione dello strato di ozono o “buco dell’ozono”

L’ozono stratosferico, O_3 , svolge la funzione di assorbire le dannose radiazioni ultraviolette (UV) nella stratosfera, proteggendo gli esseri viventi sulla Terra dagli effetti di un’eccessiva quantità di queste radiazioni.

I raggi UV occupano una regione dello spettro elettromagnetico di lunghezze d’onda compresa tra 100 e 400 nm (nanometri).

I raggi UV si distinguono in base alla lunghezza d’onda (λ) in:

UV – A \rightarrow λ compresa tra 320 nm e 400 nm \rightarrow radiazione relativamente poco pericolosa

UV – B \rightarrow λ compresa tra 280 nm e 320 nm \rightarrow radiazione più pericolosa per gli organismi viventi, è assorbita per il 95% dall’ozono.

UV – C \rightarrow λ compresa tra 100 nm e 280 nm \rightarrow radiazione che non raggiunge la troposfera (parte dell’atmosfera a diretto contatto con la superficie terrestre)

Impatti ambientali e indicatori

Diminuzione dello strato di ozono o “buco dell’ozono”

Reazione di formazione dell’ozono nella stratosfera:



Reazione di distruzione dell’ozono nella stratosfera:



Le reazioni fotochimiche di formazione e di distruzione dell’ozono nella stratosfera devono essere in perfetto equilibrio per garantire che la concentrazione di ozono si mantenga costante.

Impatti ambientali e indicatori

Diminuzione dello strato di ozono o “buco dell’ozono”

Sostanze che influenzano negativamente l’equilibrio tra la produzione e la distruzione dell’ozono:

- Metano
- Ossidi di azoto
- Clorofluorocarburi (CFC)

I CFC, comunemente noti come “freon”, sono i principali responsabili della diminuzione dell’ozono.

I CFC sono usati come fluidi refrigeranti, solventi, propellenti, agenti schiumogeni per la produzione di materie plastiche espanse.

Impatti ambientali e indicatori

Diminuzione dello strato di ozono o “buco dell’ozono”

Conseguenza della distruzione dell’ozono stratosferico:

- sull’uomo → aumento dei casi di tumore alla pelle in individui esposti alle radiazioni UV.
 - sull’ambiente → distruzione del fitoplancton, pianta microscopica alla base della catena alimentare degli oceani.
-

Diminuzione dello strato di ozono o “buco dell’ozono”

L’indicatore per la valutazione di questo effetto è l’Ozone Depletion Potential - ODP (Potenziale di depauperamento dell’ozono).

L’indicatore di categoria è il CFC-11.

Alcuni fattori di caratterizzazione per l’ODP (WMO, 1999)

Risultato d’inventario	Fattore di caratterizzazione (kgCFC-11 _{eq} /kg)
• CFC-11	• 1
• Halon 1202	• 1,3
• CFC-10	• 0,73
• CFC-115	• 0,444
• ...	• ...

Impatti ambientali e indicatori

Formazione di ozono fotochimico

La formazione di ozono fotochimico è uno dei maggiori fenomeni di inquinamento dell'aria. Esso si verifica nelle aree urbane dove la combinazione di emissioni inquinanti e appropriate condizioni atmosferiche (aria relativamente stagnante e bassa umidità) favoriscono la sua formazione. L'ozono fotochimico è un inquinante secondario che si forma a seguito di complesse reazioni fotochimiche causate dall'interazione tra la frazione UV della radiazione solare, gli ossidi di azoto (NO_x) e i composti organici volatili (COV) (composti precursori) presenti nell'aria, prodotti in larga parte dai motori a combustione e dall'uso di solventi organici. Queste reazioni fotochimiche portano alla formazione di ozono (O_3).

Impatti ambientali e indicatori

Formazione di ozono fotochimico

L'indicatore per la valutazione di questo effetto è il **Photochemical Ozone Creation Potential - POCP** (Formazione di ozono fotochimico potenziale).

L'indicatore di categoria è l'etilene (C_2H_4).

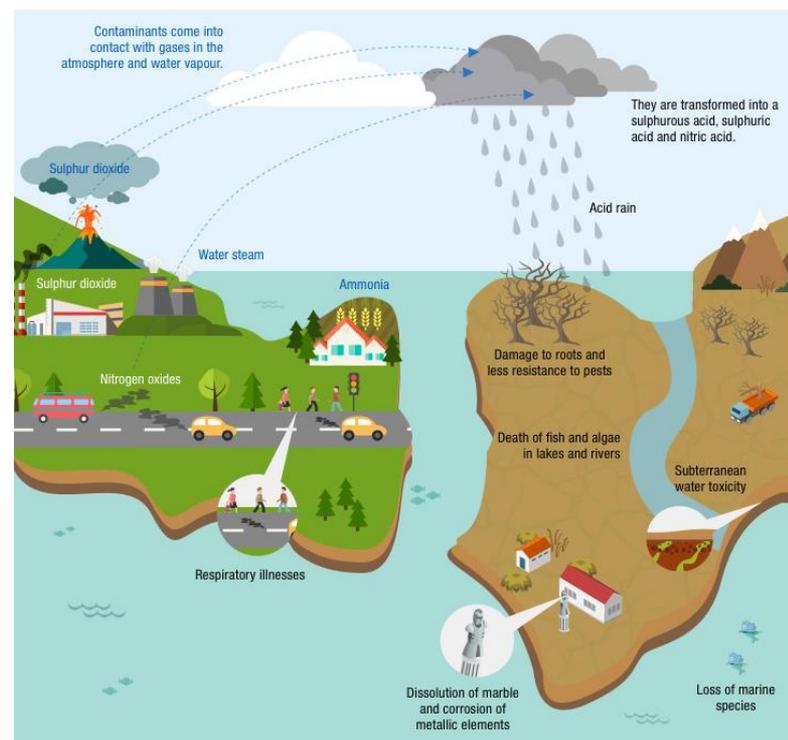
Alcuni fattori di caratterizzazione per il POCP

Risultato d'inventario	Fattore di caratterizzazione (kgC_2H_{4eq}/kg)
<ul style="list-style-type: none">• C_2H_4• CH_4• NO_2• Toluene• ...	<ul style="list-style-type: none">• 1• 0,006• 0,028• 0,637• ...

Impatti ambientali e indicatori

Piogge acide o acidificazione

L'acidificazione consiste in una diminuzione del pH delle acque superficiali e dei suoli conseguente alle emissioni di origine antropica di tre inquinanti gassosi: il diossido di zolfo (SO_2), gli ossidi di azoto (NO_x) e l'ammoniaca (NH_3), che ritornano al suolo sotto forma di precipitazioni (pioggia, neve, grandine, nebbie e rugiade) cui comunemente ci si riferisce come piogge acide.



Fonte: IBERDROLA

Impatti ambientali e indicatori

Acidificazione

L'indicatore per la valutazione di questo effetto è l'**Acidification Potential - AP** (Acidificazione potenziale), espresso in $\text{molH}^+_{\text{eq}}$.

Per ciascuna sostanza si definisce un fattore di acidificazione potenziale sulla base del numero di ioni che possono essere prodotti per il peso molecolare della sostanza.

Impatti ambientali e indicatori

Acidificazione

Alcuni fattori di caratterizzazione per l' AP

Risultato d'inventario	Fattore di caratterizzazione ($\text{molH}^+_{\text{eq}}/\text{kg}$)
<ul style="list-style-type: none">• NH_3• NO_2• NO• SO_2• ...	<ul style="list-style-type: none">• 3,02• 0,74• 1,13• 1,31• ...

Impatti ambientali e indicatori

Acidificazione

La prima conseguenza delle precipitazioni acide è il danneggiamento della vegetazione, l'acidificazione dei laghi e dei corsi d'acqua.

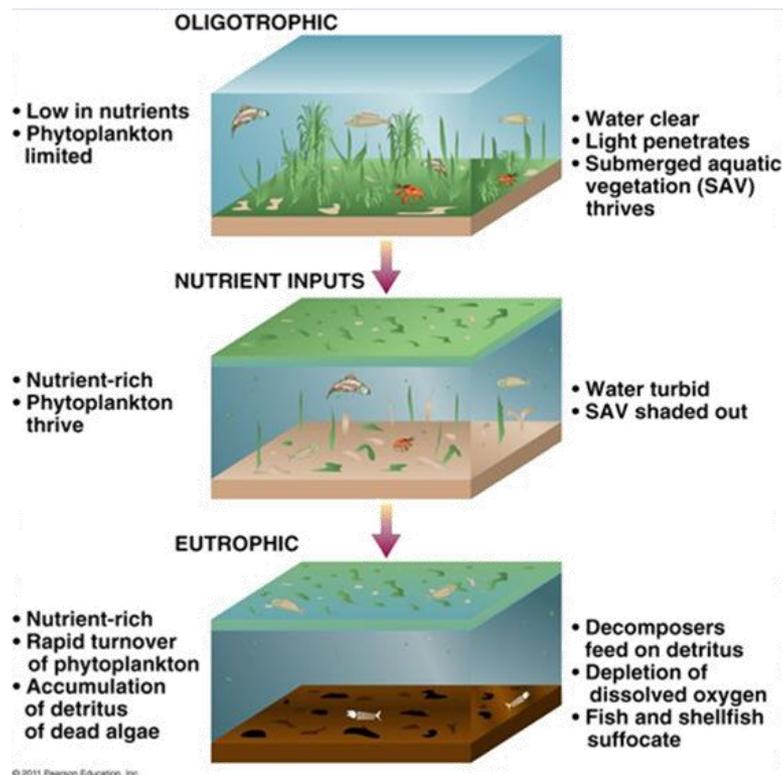
Altri effetti dell'acidificazione coinvolgono:

- il suolo (è richiesta una maggiore quantità di sostanze basiche per compensare l'aumento di acidità);
 - gli edifici (si hanno danni locali per la maggioranza delle costruzioni);
 - la salute umana (quando si raggiungono elevate concentrazioni di ossidi di zolfo).
-

Impatti ambientali e indicatori

Eutrofizzazione

La crescita degli organismi viventi è naturalmente limitata dall'apporto di sostanze nutrienti essenziali quali l'azoto e il fosforo. Il rilascio di tali sostanze nell'ambiente reduce questa limitazione, consentendo un abnorme sviluppo di tali organismi (in particolare, biomassa algale) con un conseguente aumento del consumo di ossigeno e quindi con effetti negativi sull'intero ecosistema.



Impatti ambientali e indicatori

Eutrofizzazione

Le attività umane hanno accelerato il rilascio in acqua di composti a base di fosforo (fertilizzanti, detersivi), azoto (fertilizzanti) e sostanze organiche (acque di scarico urbane e industriali). Il processo si compone di diverse tappe:

- accumulo di sostanze nutritive;
 - proliferazione di fitoplancton e alghe;
 - morte e decomposizione delle alghe;
 - consumo totale dell'ossigeno e inizio della decomposizione anaerobica;
 - scomparsa di tutte le forme di vita.
-

Impatti ambientali e indicatori

Eutrofizzazione

L'indicatore per la valutazione di questo effetto è il **Nutrification Potential - NP** (eutrofizzazione potenziale).

L'indicatore di categoria è il fosfato (PO_4^{3-}).

Impatti ambientali e indicatori

Eutrofizzazione

Alcuni fattori di caratterizzazione per l' NP

Risultato d'inventario

- PO_4^{3-}
- NH_3
- NO_2
- NO
- ...

Fattore di caratterizzazione ($\text{kgPO}_4^{3-}/\text{kg}$)

- 1
- 0,35
- 0,13
- 0,2
- ...

Impatti ambientali e indicatori

Consumo di risorse non rinnovabili

L'impovertimento delle risorse può essere definito come la diminuzione di disponibilità delle riserve naturali. Questo indice focalizza l'attenzione sull'impovertimento delle varie risorse piuttosto che sugli impatti ambientali causati dalla loro estrazione (ad esempio le emissioni di metano nell'estrazione del carbone).

L'impovertimento delle risorse non rinnovabili è calcolato come frazione delle risorse che attualmente si valutano come disponibili nel mondo.



Fonte: Sebastião Salgado

Impatti ambientali e indicatori

Consumo di risorse abiotiche

L'indicatore per la valutazione di questo effetto è l'Abiotic depletion potential - **ADP** (depauperamento delle risorse abiotiche).

L'indicatore di categoria è l'antimonio (Sb).

La standardizzazione del depauperamento delle risorse avviene riportando i quantitativi delle sostanze inventariate ai kg di Sb_{eq} ($kg\ Sb_{eq}/kg$)

Impatti ambientali e indicatori

Consumo di risorse abiotiche

Alcuni fattori di caratterizzazione per il ADP (van Oers et al., 2002)

Risultato d'inventario	Fattore di caratterizzazione (kgSb _{eq} /kg)
<ul style="list-style-type: none">• Sb• As• Be• Au• ...	<ul style="list-style-type: none">• 1• 2,4• 3,95• 36• ...