



Università degli Studi di Perugia
Facoltà di Ingegneria

Corso di Pianificazione Energetica
prof. ing. Francesco Asdrubali
a.a. 2012-13

Le interazioni tra i sistemi
energetici e l'ambiente

Le interazioni tra i sistemi energetici e l'ambiente

Sistemi di conversione energetica:

- impianti di generazione elettrica
- MCI per autotrazione
- Impianti termici civili e industriali

- Sistemi molto diversi per tipologia e configurazione, potenza (dai pochi kW dei MCI a centinaia di MW delle centrali termoelettriche), rendimenti (da 15-20 % piccoli MCI a 85-90% generatori energia termica)

- Principale causa di impatto ambientale: impiego di combustibili fossili
- Ma anche i sistemi energetici che utilizzano fonti rinnovabili producono impatti di diversa natura

Classificazione degli impatti:

- Per componente ambientale interessata (aria, acqua, suolo, fauna, flora, paesaggio ecc)
- Per tipologia di emissioni inquinanti (solide, liquide, gassose, acustiche, termiche, ecc.)

Interazioni fra i sistemi di conversione dell'energia e l'ambiente

- Emissioni di materia: solide, liquide , gassose
- Emissioni di energia: calore, radiazioni (ionizzanti e non ionizzanti), rumore
- Altre interazioni: occupazione suolo, impatto visivo, altro

- L'entità e l'importanza relativa delle diverse emissioni dipendono dal tipo di impianto e della tecnologia adottata
- **Impianti termici e nucleari:** emissioni di materia ed energia
- **Impianti FER:** impatti visivi, fauna e flora, ecosistemi

Emissioni gassose

- Sono la forma di interazione ambientale più rilevante e derivano dai processi di combustione
- Principali inquinanti:
- Ossidi di Zolfo (SO_x)
- Ossidi di Azoto (NO_x)
- Monossido di Carbonio (CO)
- Particolato
- Composti Organici Volatili (COV)
- Anidride Carbonica (CO₂)

Altri inquinanti gassosi

- Acido cloridrico (HCl)
- Acido fluoridrico (HF)
- Ammoniaca (NH₃)
- Metalli pesanti (Mercurio, Cromo)
- Diossine e furani

Andamento nel tempo delle emissioni

- CO₂: sensibile aumento negli ultimi 20 anni
- SO_x: diminuzione
- NO_x: diminuzione meno marcata

- **Fonti degli inquinanti:**
- Il settore energetico (combustione e trasporti) è responsabile per il oltre il 90% delle emissioni dei principali inquinanti (fatta eccezione per i COV)

Origine degli inquinanti:

- Composizione chimica del combustibile (esempio: tenore di zolfo, cloro, fluoro)
- Modalità di svolgimento del processo di combustione (eccesso d'aria, temperatura, fiamma)

Approcci per mitigazione impatto:

- Utilizzo di combustibili puliti
- Pre-trattamento del combustibile
- Riduzione della produzione di inquinante durante la combustione
- Post-trattamento dei prodotti della combustione
- Diluizione degli inquinanti allo scarico

Utilizzo combustibili puliti

- Impiego di combustibili intrinsecamente privi di sostanze quali zolfo, cloro, mercurio
- Esempio: gas naturale o olio combustibile BTZ
- Poco efficaci per controllo emissioni CO e NO_x

Pre-trattamento combustibile

- Trattamento preliminare chimico e fisico
 - Lavaggio carbone per riduzione particolato
 - Desolforazione prodotti petroliferi
 - Depurazione gas di sintesi negli impianti di gassificazione
-
- Poco efficaci per controllo emissioni CO e NO_x

Riduzione della produzione di inquinante durante la combustione

- Impiego di tecnologie in seno alla combustione stessa
- Combustione letto fluido: aggiunta di sorbenti a base di calcio e magnesio per evitare SO_x
- Iniezione di vapore in turbina a gas per ridurre NO_x
- Combustione a più stadi

Post-trattamento dei prodotti della combustione

- Tecnologie a valle del processo di combustione
- Filtri (elettrostatici, a manica, ceramici)
- Desolfotoratori
- Denitrificatori

Diluizione degli inquinanti allo scarico

- Non è una tecnica di riduzione delle emissioni ma solo di mitigazione dei relativi effetti
- Anche la legislazione fa riferimento a fumi secchi e con un determinato tenore di ossigeno

Emissioni liquide

- Aspetto di crescente importanza per emanazione di normative più severe, scarsità risorse idriche, aumento produzione effluenti liquidi
- Problema che riguarda soprattutto centrali termoelettriche a vapore convenzionali, ma anche processi combustione letto fluido e gassificazione (meno importante per turbine a gas e MCI)

Fonti di consumo di acqua e di produzione di effluenti liquidi:

- Sistemi di raffreddamento (torri evaporative)
- Reintegro del generatore di vapore
- Lavaggio del generatore di vapore
- Sistemi di desolforazione (ad umido)

- Si inserisce un sistema di trattamento delle acque (limiti di emissione Dlgs 152/99)

Problema della temperatura degli scarichi

Emissioni solide

- Riguardano soprattutto sistemi energetici alimentati con combustibili solidi o idrocarburi pesanti
- Ceneri del combustibile
- Residui solidi prodotti dalla depurazione dei fumi (desolforazione)
- Composizione: ossidi di silicio, alluminio e ferro (80%), ossidi di calcio, magnesio, zolfo, potassio, sodio, fosforo, tracce di metalli pesanti

- Centrale termoelettrica a carbone bituminoso da 320 MW:
- 10-12 t/h di ceneri, per un totale di 60.000-70.000 t/a
- Reimpiego delle ceneri:
- Cementifici
- Sottofondi stradali
- Manufatti per l'edilizia

Emissioni termiche

- L'inquinamento termico può essere diretto (rilascio di fumi caldi) o indiretto (rilascio di sostanze che interferiscono con i meccanismi di scambio termico della Terra)
- L'inquinamento termico diretto può causare significative variazioni del microclima locale (temperatura e umidità relativa dell'aria, temperatura dell'acqua)

- Le emissioni di energia termica sono correlabili al rendimento dell'impianto:

$$Q_2/L = 1/\eta - 1$$

- Un aumento del rendimento dell'impianto non solo consente di ridurre i consumi di combustibile e quindi le quantità di inquinanti prodotte, ma anche di ridurre la quantità di calore emessa
- Centrale termoelettrica a vapore da 320 MW:
rendimento 40%, $Q_2 = 420$ MW, portata d'acqua di 10/12 mc/s (8-10 °C)

Emissioni acustiche

- Problema di grande attualità, recentemente regolamentato da apposita legislazione (L.Q. 447/95)
- **Principali fonti di rumore:**
 - Turbine a vapore
 - Gruppi turboalternatore
 - Ventilatori
 - Sfiati vapore, tubazioni percorse da vapore
 - Sistemi movimentazione carbone

- Turbine a gas:
- Compressore
- Condotti aspirazione
- Scarico

- Generatori eolici

- Sistemi di mitigazione
- Alla sorgente/lungo il percorso/sul ricevitore
- Attivi/passivi

Altre emissioni

- Inquinamento da campi elettromagnetici
- Inquinamento nucleare
- Occupazione suolo
- Alterazione ecosistemi
- Impatto visivo