

# **CHIMICA AMBIENTALE**

CdL triennale in  
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Docente  
Pierluigi Barbieri

**SSD Chimica dell'ambiente e dei beni culturali, CHIM/12**

# ORARI

II semestre: 6 marzo 2017 al 9 giugno 2017 (sospensione lezioni dal 14/4 al 18/4 e nella giornata del 24/4)					
	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
9.00-10.00	Didattica delle geoscienze (C, Q)	Didattica delle geoscienze (A, M)		Microbiologia ambientale (A, M)	
10.00-11.00	Didattica delle geoscienze (C, Q)	Didattica delle geoscienze (A, M)		Microbiologia ambientale (A, M)	Microbiologia ambientale (A, M)
11.00-12.00	Microbiologia ambientale (D, Q)	Chimica analitica (A1, C11)	Bioinformatica (4C, H2bis)	Chimica analitica (A1, C11)	Chimica ambientale (A, M)
12.00-13.00	Microbiologia ambientale (D, Q)	Chimica analitica (A1, C11)	Bioinformatica (4C, H2bis)	Chimica analitica (A1, C11)	Chimica ambientale (A, M)
13.00-14.00					
14.00-15.00	Bioinformatica (4C, H2bis)	Chimica ambientale (4C, H2bis)	Diritto ambientale (D, Q)	Diritto ambientale (D, Q)	
15.00-16.00	Bioinformatica (4C, H2bis)	Chimica ambientale (4C, H2bis)	Diritto ambientale (D, Q)	Diritto ambientale (D, Q)	
16.00-17.00			Diritto ambientale (D, Q)	Diritto ambientale (D, Q)	

## CONTATTI:

### UFFICIO E LABORATORI c/o

Dipartimento di Scienze Chimiche e Farmaceutiche

Università degli Studi di Trieste

Via Giorgieri, 1 34127 Trieste

email: [barbierp@units.it](mailto:barbierp@units.it)

skype: gigibarbieri

tel.università: 040 5583915

# MODALITÀ D'ESAME

- 1) Presentazione (MS PowerPoint o Open Office) su articolo scientifico, o tema assegnato dal docente da chiedere due settimane prima dell'appello, e
- 2) discussione sugli argomenti del corso

## Sessioni d'esame

<b>sessione estiva</b>	<b>sessione autunnale</b>	<b>sessione straordinaria</b>
(giugno – luglio 2017)	(settembre 2017)	(febbraio 2018)
martedì 20 giugno 2017	martedì 12 settembre 2017	martedì 6 febbraio 2018
mercoledì 19 luglio 2017	martedì 26 settembre 2017	martedì 27 febbraio 2018

Orario: 9.15

Luogo: incontro c/o studio prof. Barbieri, ed. C11, IV piano

info: [barbierp@units.it](mailto:barbierp@units.it)

**Pierluigi Barbieri** (1967) è professore associato di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali presso il Dipartimento di Chimica e Scienze Farmaceutiche (DSCF) dell'Università di Trieste (<http://dscf.units.it>), dove coordina l'unità di ricerca in chimica ambientale e il laboratorio di analisi per composti organici volatili, aerosol, odori.

Presidente dell'Ordine dei Chimici di Trieste (2013-luglio 2017) (<http://www.chimicitrieste.it> ; [http://www.indicepa.gov.it/ricerca/n-dettaglioamministrazione.php?cod\\_amm=ocpts](http://www.indicepa.gov.it/ricerca/n-dettaglioamministrazione.php?cod_amm=ocpts) ).

Revisore di conti del Consiglio Nazionale dei Chimici (2015-marzo 2017) (<http://www.chimici.it>).

Esperto a supporto del Sindaco di Trieste su tematiche di Inquinamento e Chimica Ambientale (ottobre 2016-giugno 2017)

- Già (2010- settembre 2016) co-fondatore e referente scientifico dello spin off di DSCF "Ambiente Ricerca Consulenze e Soluzioni Sostenibili - Arco Solutions s.r.l. " (<http://www.arcosolutions.eu> ), registrato nella sezione speciale del Registro delle Imprese di start-up innovative, nell'Anagrafe Nazionale delle Ricerche del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca della Repubblica italiana, riconosciuto dal Friuli Venezia Giulia come "struttura altamente qualificata nel campo delle valutazioni di analisi e tecnologiche chimiche."
- Già (2006- novembre 2015) Consulente Tecnico della Procura della Repubblica presso il Tribunale di Trieste su questioni di inquinamento atmosferico nel rione di Servola (Trieste) (P.M. dott. Federico Frezza, dott. Michele Dalla Costa, dott. Antonio Miggiani. dott. Giorgio Milillo).
- Già (2013-2015) vicepresidente della Divisione di Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali della Società Chimica Italiana e membro del Consiglio Direttivo Nazionale della Divisione CABC (2004-2006, 2010-2012).

Si è laureato in chimica e ha ottenuto un dottorato di ricerca in Scienze Merceologiche presso l'Università di Trieste; ha trascorso sei mesi (1997) presso la Libera Università di Bruxelles (VUB) nel gruppo del prof. D.L.Massart e sei mesi (2001) presso l'Istituto Nazionale di Chimica (KI) a Lubiana (Slovenia), nel gruppo del prof. Jure Zupan, focalizzando le attività di ricerca su chemometria, metodi di analisi dei dati , sviluppo di reti neurali artificiali e ottimizzazione di metodi di analisi chimica.

Nominato nel 2015 esperto nazionale presso il **Comitato Europeo di Normazione** nei gruppi di lavoro del comitato tecnico CEN / TC 264 "Qualità dell'aria", WG2 "**Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica**" e WG 41 "**Sensori elettronici per il monitoraggio di odoranti**", dal GL 4 "**Qualità dell'aria**" della **Commissione Ambiente (CT 004) di UNI Ente Italiano di Unificazione**.

Dal 2014 fa parte del Gruppo di Lavoro Odori dell'Associazione Italiana di Ingegneria Chimica - AIDIC.

Dal 2014 supporta l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia nella stesura di linee guida regionali per la caratterizzazione e gestione delle molestie olfattive, contratto ARPAFVG-DSCF "Sviluppo di un modello concettuale relativo agli impatti odorigeni dovuti ad impianti industriali ed attività produttive, finalizzato all'individuazione di indicatori utili per la quantificazione dell'impatto odorigeno all'interno di un approccio integrato di metodologie di analisi. Test applicativo all'area industriale di Trieste".

Rappresentante dell'Università degli Studi di Trieste presso il **Comitato scientifico dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia** a supporto della Direzione Generale, su designazione del Magnifico Rettore (prot.UniTS 7447 14/03/2016).

Rappresentante dell'Università degli Studi di Trieste presso il **Tavolo tecnico di prevenzione ambientale per la vigilanza degli stabilimenti industriali** istituito presso la regione autonoma Friuli Venezia Giulia, su delega del Magnifico Rettore (26/05/2014).

Rappresentante del DSCF nel **Centro interdipartimentale per la ricerca multidisciplinare sull'amianto** (prot.UniTS 6182 02/03/2016).

Referente per il DSCF per le **attività in conto di terzi e di trasferimento tecnologico**. Membro del gruppo di Assicurazione di Qualità del DSCF.

Responsabile di progetti locali e nazionali per aziende private ed enti pubblici.

Autore di oltre **55 pubblicazioni scientifiche** su riviste internazionali (Scopus Autore ID: 5 7006755861 <http://orcid.org/0000-0001-8847-6916> ), H-index: 16 (2017/02/22).

## **Didattica**

Nell'A.A. 2016/17 insegna

**“Chimica Analitica II con Laboratorio”** 8CFU (CdL Triennale in Chimica)

**“Chimica Ambientale”** 6CFU (CdL Triennale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura)

**“Aspetti professionali di Chimica Applicata”** 2CFU (CdL Triennale in Chimica)

**“Valutazione del Rischio Chimico”** 6CFU (CdL Magistrale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio interateneo con l'Università di Udine; CdL Magistrale in Chimica);

Negli anni precedenti ha insegnato svariati altri corsi di chimica analitica ed ambientale (anche presso le Università di Bologna, Udine e Bari); relatore di oltre 50 tesi di laurea e di 9 tesi di dottorato.

# IL GRUPPO DI RICERCA

- *Dott.chim.* Pierluigi Barbieri, **Ph.D.**, PA

## UdR “Composti Aerodispersi e Sistemi Biologici”

- *Dott.chim.* Sabina Licen, **Ph.D.**, PAgg
- *Dott.* Sara C. Briguglio, **Ph.D. Student**

## Collabora con lo spin off ARCo SolutionsS

- *Dott.chim.* Sergio Cozzutto, **Ph.D.**
- *Dott. pol.terr.* Gianpiero Barbieri
- *Dott. ing.* Anna Fabbris
- *Dott. ing.* Nicola Pettarin

Vari laureandi...

[www.dscf.units.it/abc](http://www.dscf.units.it/abc)

The screenshot shows the website of the Department of Chemical and Pharmaceutical Sciences at the University of Trieste. The page is titled "Barbieri Pierluigi" and provides the following information:

- Matricola:** 6885
- Titolo:** Prof.
- Telefono:** 040 558 3915
- Email:** barbierp@units.it
- Uri homepage:** <http://www.dscf.units.it/abc/>
- Ruolo:** Professore Associato
- Settore:** Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali
- Funzioni:** Consigli di corso di studio - Componente, Collegi dei dottorati - Componente, Ufficio di direzione - Delegato per il Trasferimento di Conoscenza, conto terzi, Ufficio di direzione - Delegato per i rapporti con gli Ordini professionali, Consiglio di dipartimento - Componente, Personale docente - Docente, Gruppo di ricerca - Componente

[www.arcosolutions.eu](http://www.arcosolutions.eu)

The screenshot shows the website of ARCo Solutions. The logo is "ARCO SOLUTIONS". The banner features a person with a backpack and a dog, with the text "INNOVATION IN THE AIR". Below the banner, it says "L'unico centro R&S in Italia dedicato alla qualità dell'aria e specializzato in olfattometria che progetta e realizza strumentazione specifica". There are two buttons: "I MOTIVI PER CUI SCEGLIERCI" and "CHIEDI SUPPORTO".



# ***ALCUNI LAVORI SVOLTI O IN SVOLGIMENTO***

**Monitoraggio e di polveri e composti volatili emessi da un impianto siderurgico**

**Combustione domestica sostenibile di biomasse di provenienza regionale (FVG)**

**Emissioni e assorbimento di composti organici da parte della vegetazione (carsica / urbana / licheni)**

**Composti organici secondari nell'aerosol**

**Valutazione di tecnologie di abbattimento di odori applicate a serbatoi per lo stoccaggio di petroli greggi con analisi olfattometriche e valutazioni del tono edonico**

**Sviluppo di sistemi di sensori per l'analisi delle emissioni di composti volatili ed odori da discariche**

## LAVORI SVOLTI E IN CORSO (privato e pubblico)

**Proj31.** DSCF “Studi su particolato atmosferico e composti organici volatili nel sito extraurbano di Borgo Grotta Gigante (Trieste)”, 2012

**Proj30.** DSCF “Studio osservazionale su **gradienti di concentrazione di benzene e toluene nell’aria ambiente e in case di cittadini non fumatori** a Servola (Trieste)”, 2012

**Proj29.** SIOT Spa “Studio sperimentale **sull’abbattimento di odori ed emissioni gassose per l’applicazione a serbatoi per lo stoccaggio di petroli greggi**”, 2012

**Proj28.** Palazzetti Lelio Spa “Confronto delle prestazioni tra apparecchi a legna e a pellet, con diversa camera di combustione” POR FVG 2011/2012

**Proj27.** Palazzetti Lelio Spa “**Confronto tra apparecchi a legna o a pellet**, con diversa camera di combustione, delle **emissioni di inquinanti**: studi analitici su particolato e idrocarburi policiclici aromatici” POR FVG 2010/2011

**Proj26.** CementiZillo Spa (referente per UniTS Prof. M. Tretiach) “Studio di **biomonitoraggio attivo e passivo mediante licheni** intorno al cementificio “CementiZillo” in seguito all’autorizzazione alla cocombustione di CDR-Q”, 2012

**Proj25.** Università di Udine (referenti Proff. Zerbi e Marchiol) “Valutazione quantitativa delle capacità di specie arbustive e arboree ai fini della mitigazione dell’inquinamento atmosferico in ambiente urbano e perturbano” finanziamento MIPAF 2010;

**Proj24.** Microfox Srl-Falmec Spa “Igienizzazione dei filtri presenti all’interno di cappa d’aspirazione e trattamento dei vapori captati che vengono generati durante la cottura dei cibi in ambiente domestico mediante l’utilizzo di adeguata e controllata quantità di ozono, al fine di elevare qualità e salubrità dell’aria all’interno dell’abitazione e/o di **suoi specifici locali**”, 2010

...

## LAVORI SVOLTI E IN CORSO (privato e pubblico)

...  
**Proj23.** Sincrotrone Trieste (coordinatore Dr. Edoardo Busetto) “**Monitoraggio Ambientale Distribuito Basato su reti a Grid: MADBAG**” finanziamento Regione FVG, 2009;

**Proj22.** MIUR “Valutazione delle emissioni dalla combustione domestica di biomasse legnose: sviluppo di sistemi di campionamento e studi sperimentali su sistemi tradizionali e tecnologie di mitigazione delle emissioni” nel PRIN 2008 (LENS: Legna, ENergia, Salute; coordinatore Prof. D. Pitea);

**Proj21.** Lenviros srl (referente Dott.ssa Lucrezia De Gennaro) “Ottimizzazione di metodiche olfattometriche per la determinazione delle emissioni osmogene” (Programma Operativo Regionale Puglia 2009);

**Proj20.** Eukrasia srl (coordinatore Prof. Antonio Ballarin Denti, CRASL– Centro di Ricerche per l’Ambiente e lo Sviluppo sostenibile della Lombardia) “Dossier Energia da Biomassa”: Università di Trieste valutazione delle emissioni in atmosfera;

**Proj19.** System Life srl “Studi sulle prestazioni ambientali della stazione filtrante SystemLife modello Città” e “studio sperimentale sull’azione di mitigazione dell’inquinamento da polveri PM10 della stazione filtrante SystemLife modello Città, con campionamenti a Feltre (BL)”;

**Proj18.** Wärtsilä spa – ex Grandi Motori Trieste: ricerca industriale (coordinatore Prof. J. Kaspar), 2008-2009;

**Proj17.** Nuova Romano Bolzicco srl “Valutazione della qualità dell’aria in prossimità dell’**inceneritore di Manzano** / distretto della sedia” 2009-2010

**Proj16.** Comune di Muggia “Attualizzazione del **piano di caratterizzazione del sito contaminato costiero** “Acquario””, 2008-2010 ....

## LAVORI SVOLTI E IN CORSO (privato e pubblico)

...  
**Proj15.** SRA Instruments spa “Messa a punto di una metodologia DTD-GC-MS automatizzata per la determinazione di IPA su filtri di particolato atmosferico”, collaborazione scientifica, strumentazione, 2009

**Proj14.** FAI instruments, “Campionamento di IPA su filtri in campionatori sequenziali per PM: artefatti e impiego di denuders” collaborazione scientifica, strumentazione, 2009

**Proj13.** Fumisteria FerCasa sas “Valutazione su emissioni di particolato atmosferico dalla combustione di pellet da biomassa innovativa”, 2009

**Proj12.** Custodia Francescana di Terra Santa “Magdala Project” (2008)  
(<http://www.custodia.org/spip.php?article2305&artsuite=1>)

**Proj11.** Palazzetti Lelio SpA “Valutazione di **emissioni di inquinanti** da stufe a legna: studi analitici su idrocarburi policiclici aromatici e valutazioni tossicologiche su polveri sottili”, 2007-2008 (P.B. responsabile scientifico)

**Proj10.** Comune di Muggia “Progetto di fattibilità per la **riqualificazione ambientale del sito contaminato denominato “Acquario”** in localita’ Punta Ronco-Punta Sottile (Muggia)”, 2007 (P.Barbieri responsabile pianificazione analitica e valutazione del rischio chimico)

**Proj9.** Provincia di Trieste “Sperimentazione di **tecniche di fitorimedia e biorimedia per risanamento aree inquinate**: studi preliminari nel comprensorio ex OPP a San Giovanni (Ts)”, 2007 (P.Barbieri responsabile scientifico)

**Proj8.** Ministero per l’Università e la Ricerca – MIUR “Studio integrato sul territorio nazionale per la caratterizzazione ed il controllo di inquinanti atmosferici (SITECOS)”, PRIN 2004 (2005/06) (E. Reisenhofer Responsabile Scientifico, P. Barbieri ricercatore principale) ...

## LAVORI SVOLTI E IN CORSO (privato e pubblico)

...  
**Proj7.** Fondazione Cassa di Risparmio di Trieste + Provincia di Trieste “Studio sui contributi da sorgenti multiple al particolato fine aereodisperso in aree urbane e industriali della provincia di Trieste: studi analitici avanzati e modelli a recettore” (2005/06)

**Proj6.** Comune di Trieste "Attività tecnico - scientifica in tema di emissioni di diossine dallo stabilimento siderurgico della ferriera di Servola" (2005/2006)

**Proj5.** Regione – FVG, Direzione Centrale Risorse Agricole, Naturali, Forestali e Montagna Servizio Pesca e Acquacoltura “Indagini sulla sicurezza alimentare dei prodotti ittici e della maricoltura della regione Friuli-Venezia Giulia: studio su inquinanti organici persistenti, bioaccumulabili e tossici” (2005) (P.B. responsabile scientifico)

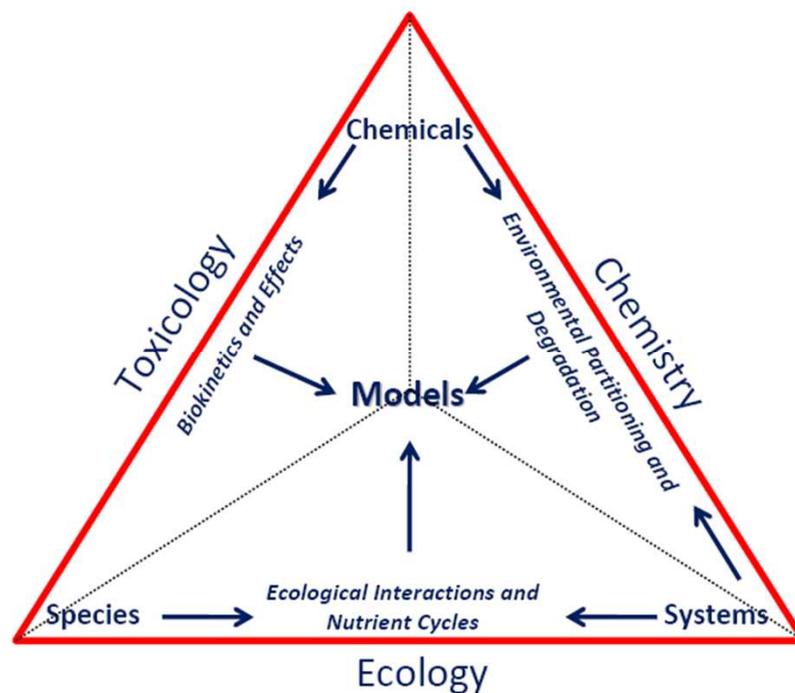
**Proj4.** Società Italiana per l’Oleodotto Transalpino (SIOT) spa “Studio sulle emissioni di gas da petroliere e serbatoi costieri, con particolare riguardo ai relativi fenomeni olfattivi”, (2005) (P.Barbieri responsabile scientifico)

**Proj3.** Autorità di Bacino del Friuli Venezia Giulia “Studio degli effetti di inquinamento dei corpi idrici superficiali e profondi indotti dall'uso di prodotti farmaceutici impiegati nella medicina umana e veterinaria, in agricoltura ed in acquicoltura”, (2005/07)

**Proj2.** Ministero degli Affari Esteri Cooperazione Bilaterale Scientifica tra Italia e Slovenia “Studi di Relazioni Quantitative tra Struttura ed Attività (QSAR) su Bifenili PoliClorurati (PCB) e Idrocarburi Policiclici Aromatici (PAH) per la valutazione di rischio in aree urbane costiere”, (2003)

**Proj1.** Università di Trieste, Finanziamento Giovani Ricercatori - “Studi QSAR per la modellizzazione predittiva della cancerogenicità di composti chimici di interesse ambientale”, (2001-2002)

La **chimica ambientale** è la disciplina chimica che si occupa di reazioni, destino, spostamenti e fonti delle sostanze chimiche nell'aria, nell'acqua e nel terreno, in relazione al biota



Redrawn from Figure 7.1 of van Leeuwen and Vermeire (2007)

Table 6.1. “Disciplines” of ecotoxicology and some of their research topics

Chemistry	Toxicology	Ecology	Mathematics
Exposure assessment	effects assessment	community structure	environmental fate models
Transport	modes of toxic action	community functions	pharmacokinetic models
Partitioning	bioaccumulation	population dynamics	LC50 and NOEC statistics
Transformation	biotransformation	nutrient/energy cycling	species-species extrapolation
SARs/QSARs	extrapolation	various interactions	population and ecosystem models

La Chimica Ambientale ha un ruolo rilevante nella caratterizzazione e nella riduzione degli Impatti ambientali:

$$I = P \times A \times T$$

*Impatti*

*Popolazione*

*Consumo pro capite (affluenza)*

*Tecnologia*

# Corso di Chimica ambientale

## *Un libro di testo*

Colin Baird, Michael Cann

### **Chimica ambientale**

Terza edizione italiana condotta sulla  
quinta edizione americana

A cura di Eudes Lanciotti, Massimo  
Stefani

2013

Pagine: 800 ISBN: 9788808173782



- <http://www.zanichelli.it/ricerca/prodotti/chimica-ambientale-baird-cann>

# **Programma (preliminare) del corso**

## **CHIMICA ATMOSFERICA E INQUINAMENTO DELL'ARIA**

**La chimica della stratosfera;**

**La chimica dell'inquinamento dell'aria a livello del suolo**

**Conseguenze ambientali e sanitarie**

## **ENERGIA E CAMBIAMENTO CLIMATICO**

**L'effetto serra**

**Fonti di energia;**

**Combustibili fossili; carbone; gas naturale; petrolio; sequestro di CO<sub>2</sub>**

**Biomassa e biocombustibili**

**Idrogeno**

**Fonti rinnovabili: energia idroelettrica, energia eolica, energia geotermica, energia solare**

**Radioattività e energia nucleare**

## **CHIMICA E INQUINAMENTO DELL'ACQUA**

**Chimica delle acque naturali; l'acqua di mare**

**Potabilizzazione; acqua di falda**

**Acque reflue**

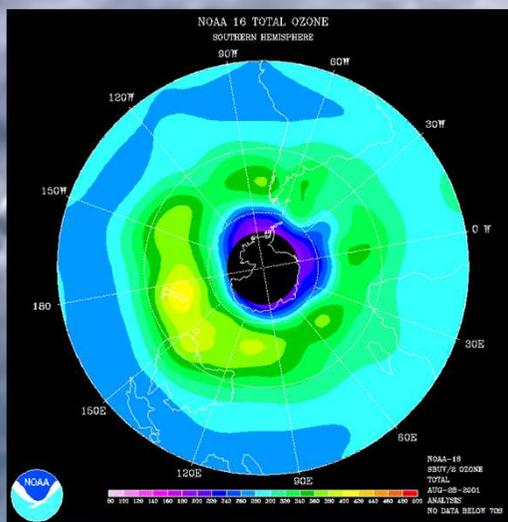
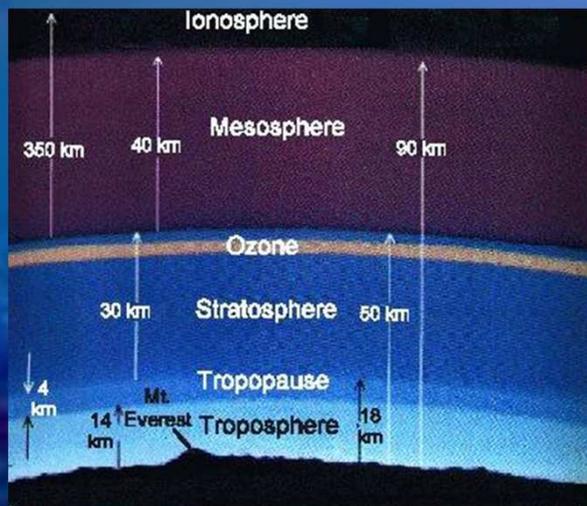
## **CONTAMINANTI AMBIENTALI**

**Metalli pesanti tossici; composti organici tossici; diossine; PCB; IPA; interferenti endocrini; LRTAP; ritardanti di fiamma; inquinanti emergenti**

## **RIFIUTI; RIFIUTI PERICOLOSI**

## **SUOLO E SEDIMENTI**

# Chimica dell'atmosfera



# Programma (preliminare) del corso (1)

- CHIMICA ATMOSFERICA E INQUINAMENTO DELL'ARIA
- **La chimica della stratosfera**; Regioni dell'atmosfera ; unità di concentrazione ambientali usate per i gas atmosferici; Fisica, chimica e biologia dei raggi UV; Assorbimento della luce da parte delle molecole; ossigeno (O<sub>2</sub>) e ozono (O<sub>3</sub>) atmosferici; I filtri solari.
- lo strato dell'ozono: Variazioni dell'energia della luce in funzione della lunghezza d'onda; Formazione e distruzione dell'ozono nella stratosfera; meccanismi, velocità; cloro e bromo atomici come catalizzatori
- Il buco nell'ozono e l'esaurimento dell'ozono alle latitudini temperate; Le unità Dobson; La storia del buco nell'ozono al di sopra dell'Antartide; La riduzione dell'ozono in zone temperate; Le reazioni responsabili della formazione del buco nell'ozono; L'aumento delle radiazioni UV a livello del terreno; Gli agenti chimici che causano la distruzione dell'ozono; CFC e altre sostanze contenenti cloro e fluoro

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI  
"PARTHENOPE"



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN  
ENVIRONMENT, RESOURCES AND SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT  
XXIX CICLO

**Impact of the Antarctic ozone hole on Southern Hemisphere  
climate and global ocean at different time scales as simulated  
by models with differently-resolved stratosphere**

A.A. 2015-2016

TUTOR  
Prof. Angelo Riccio

COTUTOR  
Dott.ssa Chiara Cagnazzo

COORDINATORE  
Prof. Stefano Dumontet

AUTORE  
Gloria Rea

# Programma (preliminare) del corso (2)

## CHIMICA ATMOSFERICA E INQUINAMENTO DELL'ARIA

**La chimica dell'inquinamento dell'aria a livello del suolo;** Unità di misura della concentrazione degli inquinanti atmosferici; Il destino chimico dei gas presenti nell'aria in tracce; L'ozono urbano e lo smog fotochimico; Produzione di ossido di azoto durante la combustione dei combustibili; COV, NO e ozono troposferico; I convertitori catalitici dei motori a combustione interna; Gli standard di qualità dell'aria; Il controllo delle emissioni di ossido di azoto dalle centrali elettriche; Chimica verde: strategie per ridurre i COV in varie applicazioni.

Le emissioni a base di zolfo. Fonti e riduzione del biossido di zolfo e del solfuro di idrogeno; emissioni dalle centrali elettriche; L'ossidazione del biossido di zolfo in goccioline d'acqua in sospensione; I particolati nell'inquinamento dell'aria; Le dimensioni del particolato; Fonti e composizione delle particelle grossolane e delle particelle fini; Neutralizzazione degli acidi nell'aria; Il fumo delle stufe a legna; Indici di qualità dell'aria e APM

# Programma (preliminare) del corso (3)

## CHIMICA ATMOSFERICA E INQUINAMENTO DELL'ARIA

- **Conseguenze ambientali e sanitarie** dell'inquinamento dell'aria outdoor e indoor
- Foschie; Piogge acide naturali e antropogeniche; Neutralizzazione della pioggia acida da parte del terreno e delle attività antropiche; Effetti delle piogge acide sull'ambiente (Al nelle acque); Effetti dell'inquinamento dell'aria su alberi e coltivazioni
- Effetti sanitari degli inquinanti atmosferici; Effetti di smog da fuliggine e anidride solforosa ; smog fotochimico, Rischi per la salute legati al particolato; Inquinamento dell'aria indoor; Formaldeide; Benzene e altri idrocarburi correlati alla benzina; Biossido di azoto; Monossido di carbonio; Fumo emesso dai fornelli in cucina; Fumo di tabacco nell'ambiente; Asbesto

# Programma (preliminare) del corso (4)

## ENERGIA E CAMBIAMENTO CLIMATICO

**L'effetto serra:** Il meccanismo; Fluttuazioni della temperatura nelle epoche storiche; Le emissioni di energia della Terra; L'equilibrio energetico della Terra; assorbimento di energia da parte dei gas serra; Biossido di carbonio: l'assorbimento della radiazione infrarossa, concentrazioni nel passato e tendenza delle emissioni; il tempo di vita nell'atmosfera. Il vapore acqueo: assorbimento dell'IR e ruolo nei processi di retroazione. Il metano: assorbimento e pozzi; fonti di emissione; possibili aumenti futuri. L'ossido nitroso; CFC e loro sostituti; L'esafluoruro di zolfo. L'ozono della troposfera. Gli aerosol provocano effetti che modificano il clima. L'interazione della luce con le particelle; Aerosol e riscaldamento globale; Il riscaldamento globale; Contributi di fattori naturali e di origine antropica al riscaldamento; Modelli di circolazione globale; Ipotesi di Solar Radiation Management: l'uso delle superfici metalliche riflettenti nello spazio; l'aumento degli aerosol di solfato nella stratosfera; Analisi dei tempi di residenza atmosferici

# Programma (preliminare) del corso (5)

## ENERGIA E CAMBIAMENTO CLIMATICO

- L'uso dell'energia a livello globale; I fattori che determinano il consumo energetico di un paese; **Le fonti di energia**; I combustibili **fossili**; **Il carbone**; **Il gas naturale** e il propano (GPL); gas di scisto; **Il petrolio**: composizione e raffinazione del petrolio (Il disastro della Deepwater Horizon); Chimica verde: La produzione di polimeri biodegradabili da fonti rinnovabili. **Il sequestro del CO<sub>2</sub>**, La cattura reversibile del CO<sub>2</sub>; L'ossidazione; L'immagazzinamento del biossido di carbonio; Gli stati fisici del CO<sub>2</sub>; La rimozione del CO<sub>2</sub> dall'atmosfera; Riduzione delle emissioni di metano; L'intensità di carbonio; Le emissioni di biossido di carbonio pro capite; Gli scenari disegnati dall'IPCC per le emissioni e le concentrazioni di CO<sub>2</sub>; Le previsioni dei cambiamenti climatici entro il 2100; Previsioni sugli effetti del cambiamento climatico sulla salute umana

# Programma (preliminare) del corso (6)

## ENERGIA E CAMBIAMENTO CLIMATICO

- **Biomassa e biocombustibili:** problemi; Biocombustibili: i principali problemi Combustione della biomassa; L'etanolo come carburante e inquinamento; La produzione di bioetanolo; Bioetanolo dalla cellulosa; Il biobutanolo; Il biodiesel da oli vegetali e da alghe; Gli oli vegetali come combustibili per veicoli; Chimica verde: combustibili liquidi e sostanze chimiche su base biologica; La produzione termochimica di combustibili, fra i quali il metanolo; Produzione pirolitica di bio-olio; Il gas di sintesi Produzione di metanolo a partire dal gas di sintesi; Il metanolo come combustibile alternativo; **L'idrogeno:** Produzione; L'immagazzinamento dell'idrogeno; La combustione dell'idrogeno; Generazione di elettricità attraverso l'alimentazione con idrogeno di celle a combustibile; usi delle celle a combustibile

# Programma (preliminare) del corso (7)

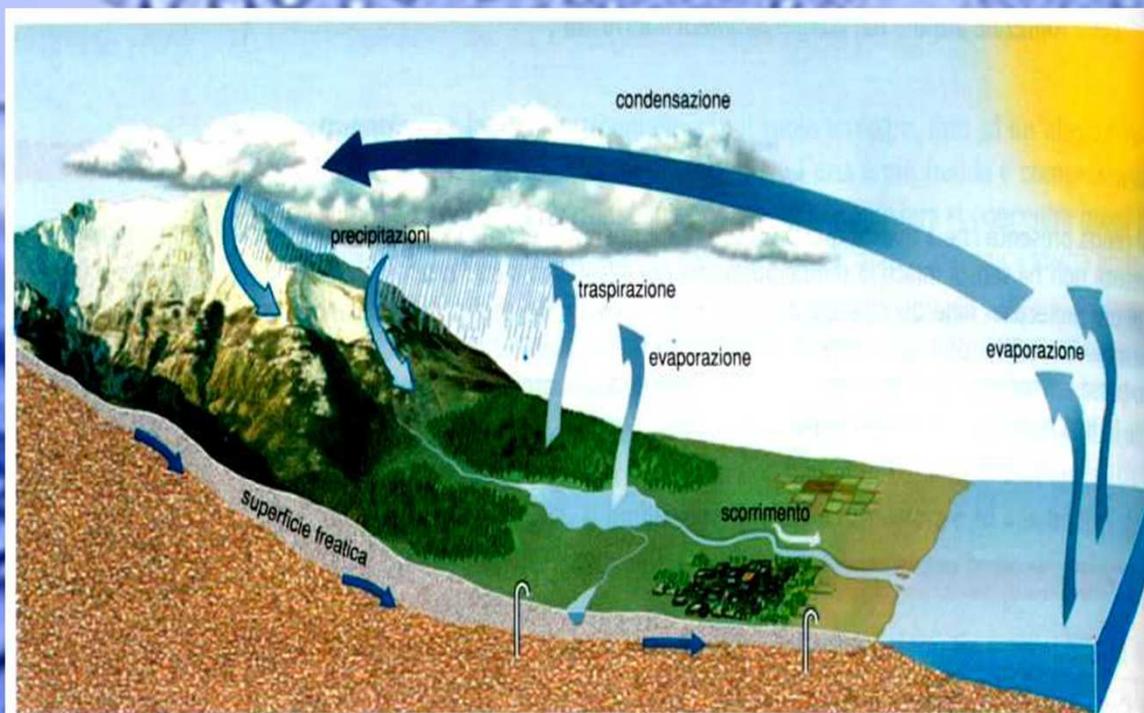
## ENERGIA E CAMBIAMENTO CLIMATICO

- **L'energia idroelettrica;** Uso potenziale e impiego; Problemi ambientali; **L'energia eolica;** Velocità del vento e dimensioni de mulini a vento; Siti potenziali per l'energia eolica; L'energia marina: le onde e l'energia delle maree; **L'energia geotermica:** La produzione di elettricità; Il riscaldamento di edifici e gli usi dell'acqua calda; Aspetti ambientali; **L'energia solare** diretta; L'energia solare a bassa temperatura; L'energia solare termica concentrata; Applicazioni termochimiche dell'energia solare concentrata; Limitazioni nella conversione di energia: la seconda legge della termodinamica; Celle solari (PV): vantaggi e svantaggi; Celle solari sensibilizzate da colore; Stoccaggio delle energie rinnovabili. Elettricità e calore; Batterie come depositi di elettricità

# Programma (preliminare) del corso (8)

- **Radioattività** e gas radon; Effetti sulla salute delle radiazioni ionizzanti; Misura della quantità di energia da radiazioni assorbite; Decadimento radioattivo del nucleo ; Il radon prodotto dalla serie radioattiva del decadimento dell'uranio-238; Le unità di misura delle dosi di radiazione; rischi sanitari legati alla presenza di radon in ambienti chiusi
- **L'energia nucleare**; I reattori a fissione; I prodotti attinidi della fissione; La radioattività emessa dai prodotti di fissione; Problemi ambientali legati all'uso dell'uranio come combustibile; L'uranio minerale; Deuterio, trizio e reattori ad acqua pesante; L'uranio impoverito; Bombe nucleari sporche; Il plutonio e il riprocessamento delle barre di combustibile nucleare; La contaminazione radioattiva dovuta alla produzione di plutonio; I reattori autofertilizzanti; Stoccaggio degli scarti dei reattori nucleari in siti geologici; Gli incidenti e il futuro dell'energia nucleare; Chernobyl; Fukushima; Three Mile Island: La fusione nucleare

# Chimica dell'acqua



# Programma (preliminare) del corso (9)

## CHIMICA E INQUINAMENTO DELL'ACQUA

- La **chimica delle acque naturali**; Approvvigionamento e uso dell'acqua nel mondo; Aspetti e unità di concentrazione della chimica dell'acqua; Solubilità dei gas e dei COV nell'acqua; Chimica di ossido-riduzione nelle acque naturali; Ossigeno disciolto; BOD; COD; Chimica verde: preparazione enzimatica dei tessuti di cotone; Decomposizione della materia organica nell'acqua; Composti dello zolfo nelle acque naturali; Drenaggio acido delle miniere; Scala del pE; Diagrammi pE-pH; Composti azotati nelle acque naturali; Chimica acido-base e solubilità nelle acque naturali: Il sistema CO<sub>2</sub>-carbonato; Concentrazione ionica nelle acque naturali e in quelle potabili; Ioni presenti in gran quantità nelle acque dolci; Lo ione fluoruro nell'acqua; **L'acqua di mare**; Indici di alcalinità delle acque naturali; Indice di durezza delle acque naturali; Alluminio nelle acque naturali

# Programma (preliminare) del corso (10)

## CHIMICA E INQUINAMENTO DELL'ACQUA

Inquinamento, **potabilizzazione** e depurazione delle acque; Disinfezione dell'acqua; Aerazione dell'acqua; Rimozione del calcio e del magnesio; Carbone attivo; Disinfezione per ridurre il rischio di malattie infettive; Filtrazione dell'acqua; particelle colloidali; Disinfezione dell'acqua mediante tecnologia delle membrane; Osmosi inversa; Dissalazione dell'acqua salata; Disinfezione mediante radiazione ultravioletta, mediante metodi chimici: ozono e biossido di cloro; Disinfezione mediante clorazione; vantaggi sugli altri metodi; Meccanismo di produzione del cloroformio nell'acqua potabile;

**Acqua di falda:** approvvigionamento, contaminazione chimica e risanamento Natura e rifornimento delle acque sotterranee; Contaminazione delle acque di falda; nitrati e rischi sanitari; Perclorati; sostanze organiche; Farmaci nelle acque; Decontaminazione delle acque di falda: procedimenti fisici e chimici. Decontaminazione delle acque di falda: biorisanamento e attenuazione naturale; risanamento in situ;

Contaminazione chimica e depurazione delle **acque reflue** e dei liquami; Trattamento delle acque reflue; ammoniacale; fosfato; salinità; Trattamento biologico delle acque reflue e dei liquami; cianuri presenti nelle acque reflue; Smaltimento dei fanghi degli impianti di depurazione; Moderne tecniche di decontaminazione dell'aria e delle acque reflue; Abbattimento dei composti organici volatili; Processi fotocatalitici; Altri metodi avanzati di ossidazione

# Programma (preliminare) del corso (11)

## Metalli pesanti tossici

- Speciazione e tossicità dei metalli pesanti
- Mercurio; Piombo; Cadmio; Arsenico; Composti organostannici ; Cromo

## Composti organici tossici

Pesticidi; Categorie di pesticidi; Insetticidi tradizionali; Insetticidi organoclorurati; pesticidi presenti nelle acque; DDT;

Concentrazioni di DDT nei tempi odierni; Accumulo degli organoclorurati nei sistemi biologici; Bioconcentrazione ; Biomagnificazione Analoghi del DDT a persistenza minore

Principi di tossicologia: Tipi di tossicità; Relazioni dose-risposta;

Dosi e concentrazioni letali; Valutazione del rischio; Insetticidi organofosforici e carbammati; Insetticidi organofosforici; Malathion;

Insetticidi carbammati; Insetticidi naturali e verdi e controllo integrato delle infestazioni; Erbicidi; Atrazina e altre triazine;

Glifosato; Erbicidi fenossiacetici ;Degradazione dei pesticidi

# Programma (preliminare) del corso (12)

## Diossine

- Produzione di diossine nella preparazione del 2,4,5-T
- Sistema di numerazione della diossina
- Clorofenoli come pesticidi
- Rilevamento delle diossine negli alimenti e nell'acqua

## PCB

- Struttura chimica delle molecole PCB; Impieghi commerciali; Ciclizzazione dei PCB fra aria, acqua e sedimenti; Contaminazione da furani dei PCB; Incendi e incenerimento come fonti di diossine e di furani; Effetti esercitati dalle diossine, dai furani e dai PCB sulla salute; Effetti dell'esposizione in utero ai PCB; Modelli di tossicità delle diossine, dei furani e dei PCB; La scala TEQ; Diossine, furani e PCB negli alimenti; Esposizione dell'uomo a diossine, furani e PCB

# Programma (preliminare) del corso (13)

**Idrocarburi policiclici aromatici:** Struttura molecolare; IPA come inquinanti dell'aria; dell'acqua; Formazione degli IPA durante il processo di combustione incompleta; Proprietà cancerogene degli IPA ; meccanismo di cancerogenesi degli IPA; Livelli ambientali di IPA e cancro nell'uomo

**Interferenti endocrini:** Estrogeni ambientali; Meccanismo d'azione degli estrogeni ambientali;

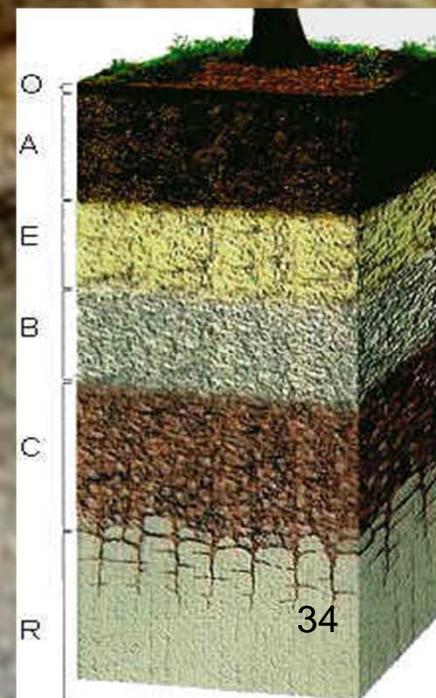
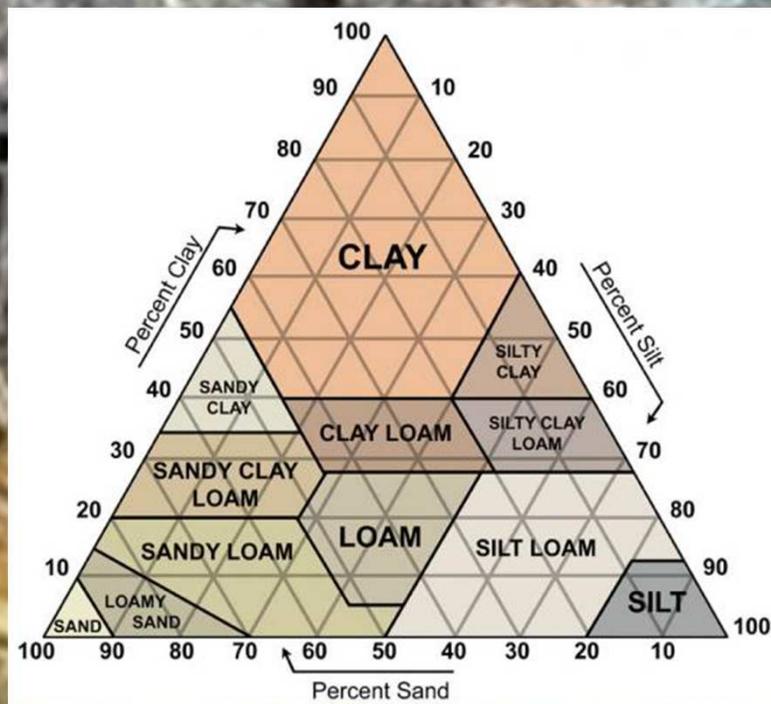
Sostanze chimiche che agiscono come estrogeni ambientali; Bisfenolo-A; Ftalati; Effetti degli estrogeni ambientali su animali e piante selvatici; Effetti degli estrogeni ambientali sull'uomo;

**Inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza**

Migrazione atmosferica degli inquinanti organici

**Ritardanti di fiamma** Meccanismo ignifugo dei composti bromurati; PBDE; Altri ignifughi bromurati; Ritardanti di fiamma non bromurati; Perfluorurati sulfonati e relativi composti; Acidi alchilici perfluorurati

# Chimica del suolo



# Programma (preliminare) del corso (13)

**Rifiuti, suoli e sedimenti;** Rifiuti domestici e commerciali: smaltimento e riduzione; Le componenti variabili dei rifiuti domestici; Interramento dei rifiuti nelle discariche; Fasi del processo di decomposizione dei rifiuti in una discarica; Percolato prodotto in una discarica; Incenerimento dei rifiuti; Riciclaggio dei rifiuti domestici e commerciali; Caratteristiche generali del riciclaggio; Riciclaggio dei metalli e del vetro; della carta; dei pneumatici; delle plastiche (struttura, problemi e costi, modelli biodegradabili, tecniche) Valutazione del ciclo vitale, LCA

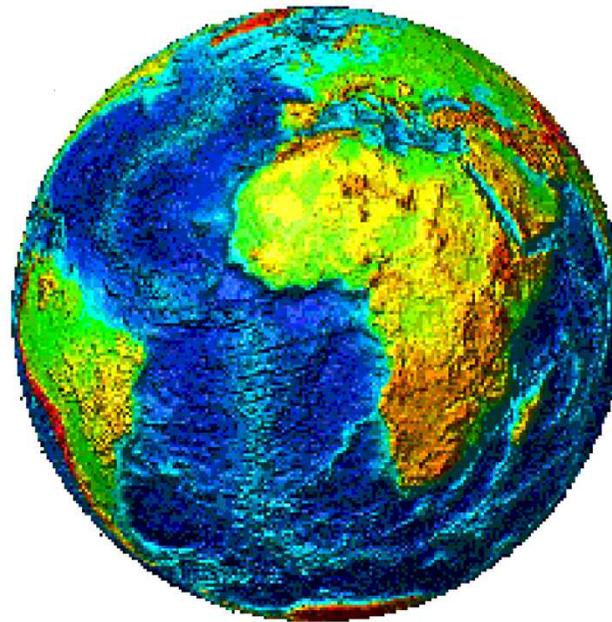
**Suolo e sedimenti;** Chimica di base del suolo; Acidità e capacità di scambio cationico del suolo; Salinità del suolo; Sedimenti; Legame dei metalli pesanti al suolo e ai sedimenti; Residui di scarto della vagliatura nelle miniere; Bonifica del suolo contaminato; Analisi e bonifica dei sedimenti contaminati; Biorisanamento dei rifiuti e del suolo; Biorisanamento della contaminazione da organoclorurati; Fitorisanamento del suolo e dei sedimenti

**Rifiuti pericolosi;** Natura dei rifiuti pericolosi; Gestione dei rifiuti pericolosi; Sostanze tossiche; Incenerimento dei rifiuti tossici; Emissioni aeree degli inceneritori; tecnologie innovative per demolire i rifiuti

# Qual'è la definizione di Chimica dell'Ambiente?

**Ambiente** (am-bièn-te) s.m.

[...] L'insieme delle condizioni fisico-chimiche e biologiche che permettono e favoriscono la vita degli esseri viventi [...]

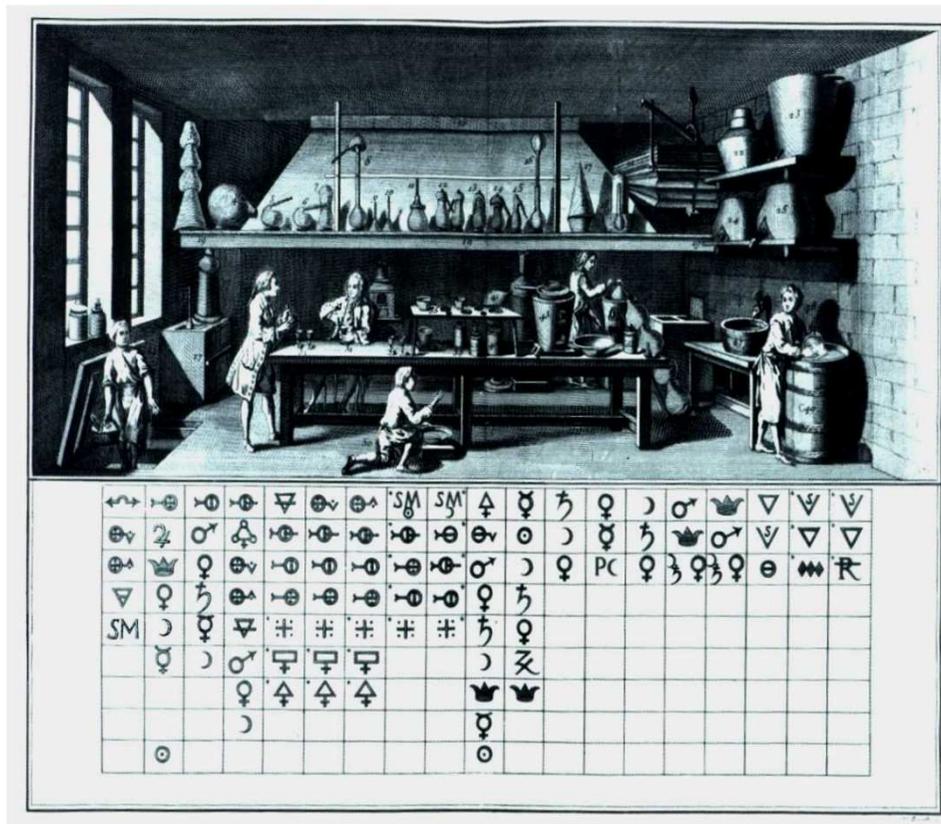


Si ringrazia  
Il prof. Ivano Vassura (UniBO)  
Per aver reso disponibili  
Alcune sue diapositive

# Qual'è la definizione di Chimica dell'Ambiente?

**Chimica** (chì-mi-ca) s.f.

Scienza che studia le proprietà, la struttura, la preparazione, la reattività, il riconoscimento e il dosaggio di tutte le sostanze sia naturali che artificiali, sia inorganiche che organiche



La storia della chimica registra, in particolare nella seconda metà del XX secolo, un numero straordinario di successi con l'introduzione di migliaia di nuovi prodotti che hanno contribuito al miglioramento della qualità della vita...

# ***OVERVIEW AND IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL CHEMISTRY***

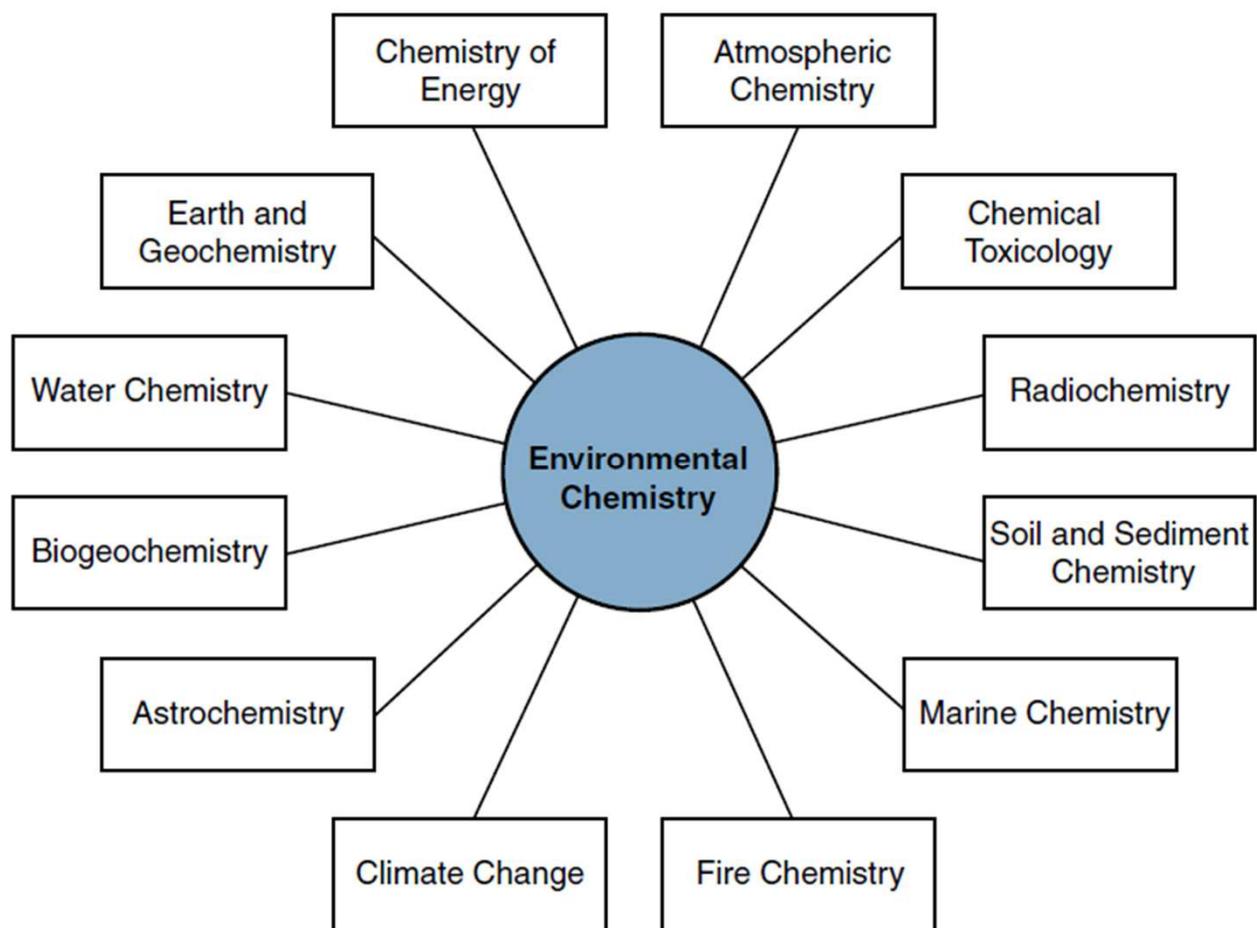
**Environmental chemistry is a multidisciplinary study of chemical, biological, and integrated processes of the environment at large.** The natural environment includes components of air, water, soil and land, as well as biota found in those compartments. The man-made environment is represented by human settlements consisting of physical elements. The complex interactions that occur between the natural and physical environments are key to defining the broad definition of environmental chemistry, and vital for understanding the larger context of environmental science. Its scope is considerable, ultimately encompassing targeted areas of study including atmospheric chemistry, biogeochemistry, chemical toxicology, marine chemistry, soil and sediment chemistry, water chemistry, astrochemistry, fire chemistry, chemistry of energy, Earth and geochemistry, and climate change. In order to gain a true understanding of the importance of environmental chemistry, and to foster knowledge on how living organisms interact with each other and their surroundings, an integrated approach to facilitating links between the targeted areas above must be adopted.

## **Key Concepts in Environmental Chemistry**

[Grady Hanrahan](#) Academic Press, 2012 - 365 pagine

## OVERVIEW AND IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

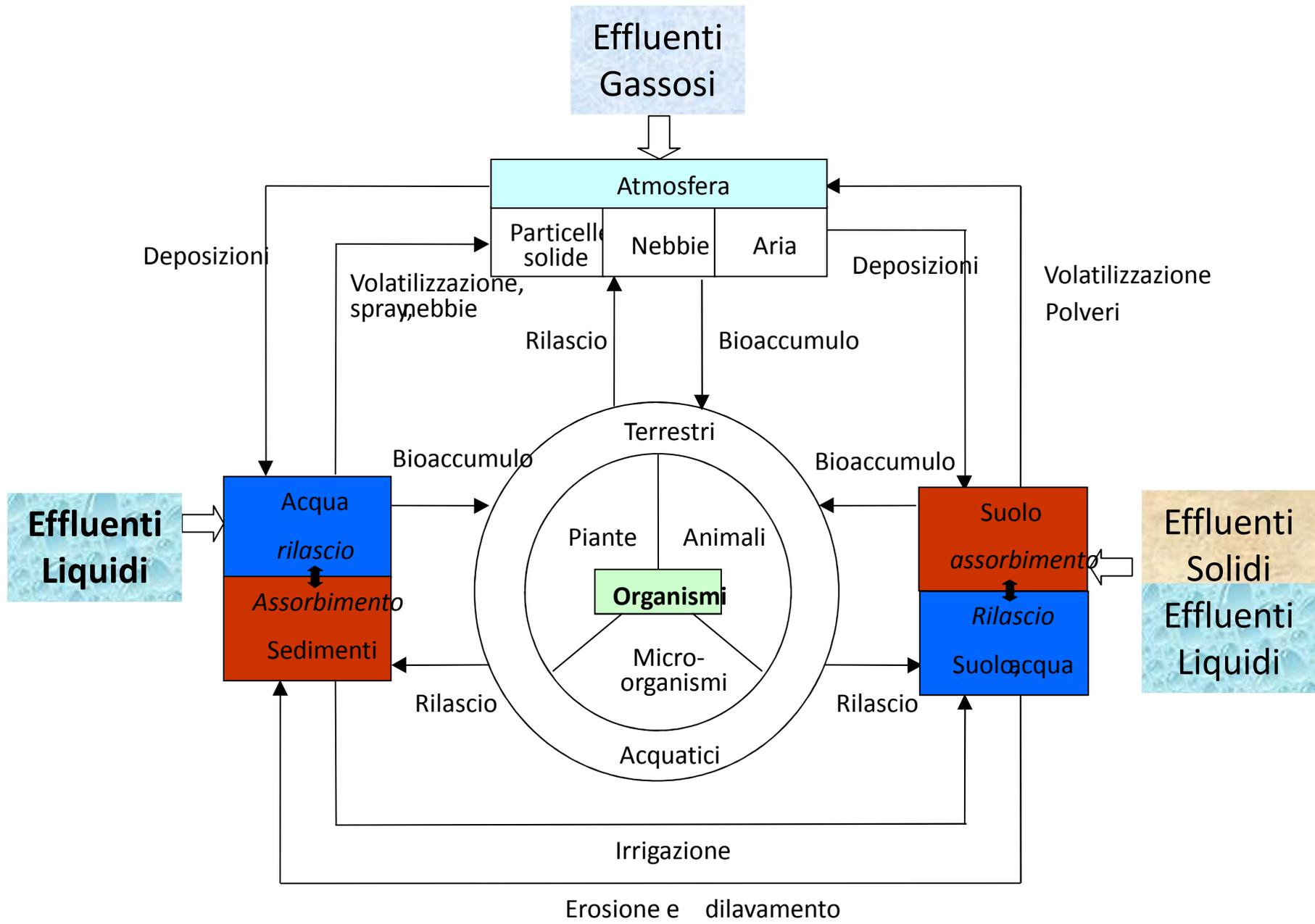
Environmental chemistry encompasses many targeted areas of specialization with each requiring an integrated approach to study.



## OVERVIEW AND IMPORTANCE OF ENVIRONMENTAL CHEMISTRY

Environmental chemistry draws on a myriad of concepts from chemistry, biology, statistics, geology, and environmental science to assist in defining the sources, reactions, transport, effects, and fates of chemical species in various environmental matrices.





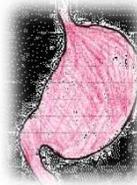
# Scenari di esposizione

L'esposizione umana a sostanze pericolose avviene **attraverso i vari compartimenti ambientali** per tre vie

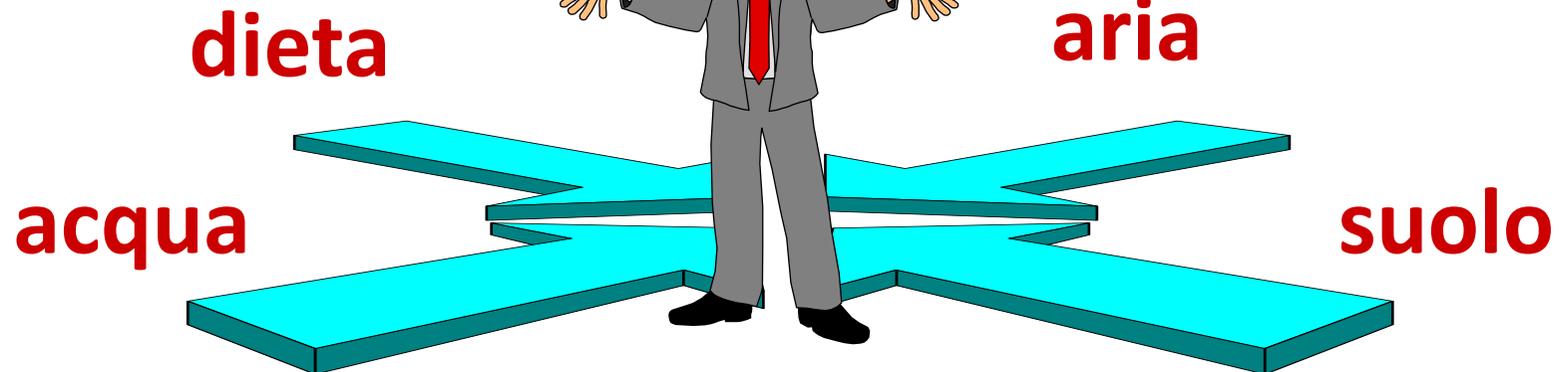
Inalazione



Ingestione



Assorbimento  
dermico



# Inquinamento

## Direttiva 96/51/CE

### INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL (IPPC)

Che ha come scopo è il raggiungimento di un elevato livello di protezione dell'ambiente nel suo complesso, definisce l'*inquinamento* come:

“l'introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze, vibrazioni, calore o rumore nell'aria, nell'acqua o nel suolo, che potrebbero nuocere alla salute umana o alla qualità dell'ambiente, causare il deterioramento di beni materiali, oppure danni o perturbazioni a valori ricreativi dell'ambiente o ad altri suoi legittimi usi”

Confronta con DLgs 152/2006)

**Contaminante**: specie chimica che comporta una deviazione dalla normale composizione dell'ambiente, ma che non si classifica come inquinante fino a che non provoca un effetto dannoso.

**Inquinante**: una sostanza presente in grande quantità rispetto alla naturale concentrazione, come conseguenza di un'attività umana, e che ha un effetto dannoso per l'ambiente o verso qualcosa di valore in esso contenuto.



## Public health, environmental and social determinants of health (PHE)

Public health, environmental and social determinants of health

About us

News and events

Health topics

Publications

### Department of Public Health, Environmental and Social Determinants of Health

The role of the Department of Public Health, Environmental and Social Determinants of Health (PHE) within the overall work of WHO is to promote a healthier environment, intensify primary prevention and influence public policies in all sectors so as to address the root causes of environmental and social threats to health. PHE develops and promotes preventive policies and interventions based on an understanding and an in-depth scientific analysis of the evidence base for environmental and social determinants of human health.

#### How significant is the impact of environment on health?

Globally, an estimated 24% of the burden of disease and 23% of all deaths can be attributed to environmental factors.

#### Subscribe to PHE e-News

Send an email to [listserv@who.int](mailto:listserv@who.int) with the following exact text "subscribe HealthandEnvironmentNews" in the body of your email message.

[Read PHE e-News](#)



Recenti valutazioni del **contributo dei fattori ambientali alla salute** hanno stimato che possono essere responsabili di una percentuale variabile tra il 13% e il 20% del carico di malattia **in Europa**, a seconda della classificazione del relativo pattern di mortalità.

[www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_pubblicazioni\\_1962\\_allegato.pdf](http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_1962_allegato.pdf)

### **In Italia**

[www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_pubblicazioni\\_1144\\_ulterioriallegati\\_ulterioreallegato\\_44\\_1\\_alleg.pdf](http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_1144_ulterioriallegati_ulterioreallegato_44_1_alleg.pdf)

Un problema mondiale

<http://www.mapsofworld.com/around-the-world/pollution.html>

Ma anche localmente abbiamo il problema dell'inquinamento diffuso,

<https://www.youtube.com/watch?v=SzH3AZghQ6o&feature=share> 6.00-7.40



**II WORKSHOP**  
**Ricerca e servizi: i siti inquinati nel Sistema Nazionale  
per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)**  
**ROMA, 22 febbraio 2017**  
**Auditorium MATTM • via Capitan Bavastro, 180 - Roma**

**ARPA FVG**Agenzia Regionale per la Protezione  
dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia

aria

acqua

suolo

rifiuti

rumore

radiazioni

rischi industriali

OSMER

sei in: [home page](#) » [archivio news](#) » **Inquinamento diffuso a Trieste: azioni di risanamento presentate in Regione**

## Inquinamento diffuso a Trieste: azioni di risanamento presentate in Regione

**10/02/2017**

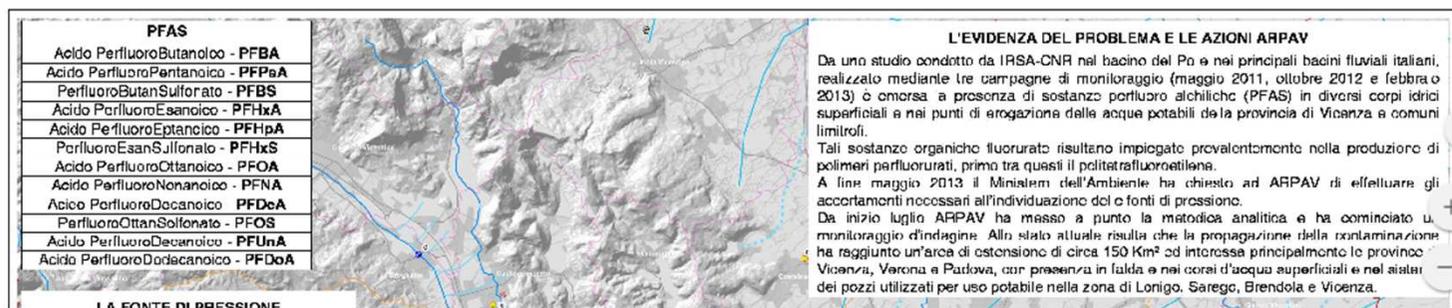
Nel corso dell'**audizione** della IV Commissione del Consiglio Regionale, che si è tenuta ieri nel capoluogo regionale, è stato fatto il punto sul piano di gestione delle aree pubbliche di Trieste in cui è stato rilevato un **inquinamento diffuso (giardini)**. Sono stati ricordati i momenti principali della vicenda, che ha avuto origine nei primi mesi del 2016, quando l'Arpa, su richiesta dell'Assessore all'ambiente del Comune di Trieste e dell'Azienda Sanitaria, ha eseguito il prelievo di campioni di suolo in diverse aree cittadine, con l'obiettivo di valutare la presenza di alcuni inquinanti emessi dallo stabilimento siderurgico di Servola.

Sui campioni analizzati Arpa ha riscontrato alcuni **superamenti** delle Concentrazioni Soglia Contaminazioni (**CSC**) per gli Idrocarburi policiclici aromatici (**Ipa**), ipotizzando che la situazione rilevata a Trieste era compatibile con una contaminazione diffusa di origine antropica in ambito metropolitano, originata da molteplici concause quali le attività produttive, il riscaldamento domestico, il traffico veicolare e navale. Tale ipotesi è stata poi confermata nei successivi approfondimenti.

Per queste tipologie di inquinamento la normativa nazionale (D.lgs. 152/2006) delega alle Regioni la predisposizione di appositi **Piani di gestione**. La Giunta regionale ha pertanto approvato (giugno 2016) il "Protocollo operativo per l'elaborazione dei piani di gestione dell'inquinamento diffuso", predisposto sulla scorta dei criteri definiti da Ispra, ed ha istituito un Tavolo tecnico che riunisce tutti i soggetti a vario titolo coinvolti (ARPA, ASUITS, Provincia, Comune di Trieste). Sempre la Regione ha stanziato 350 mila euro a favore del Comune di Trieste per la realizzazione di un programma di interventi finalizzato all'adozione di misure di prevenzione nelle aree dove è stata riscontrata la contaminazione. Al primo stanziamento regionale, si è sommato un secondo finanziamento di ulteriori 100 mila euro da parte del Comune di Trieste. Gli interventi di risanamento definiti dal Tavolo tecnico regionale saranno sottoposti a verifica dall'Istituto Superiore di Sanità, a garanzia dell'efficacia degli interventi che si andranno ad attuare.

## XII CONFERENZA DEL SISTEMA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE

### Contaminazione diffusa da Sostanze Perfluoroalchiliche (PFAS) nel Veneto. Azioni di controllo integrato



La Chimica Ambientale ha un ruolo rilevante nella caratterizzazione e nella riduzione degli Impatti ambientali:

$$I = P \times A \times T$$

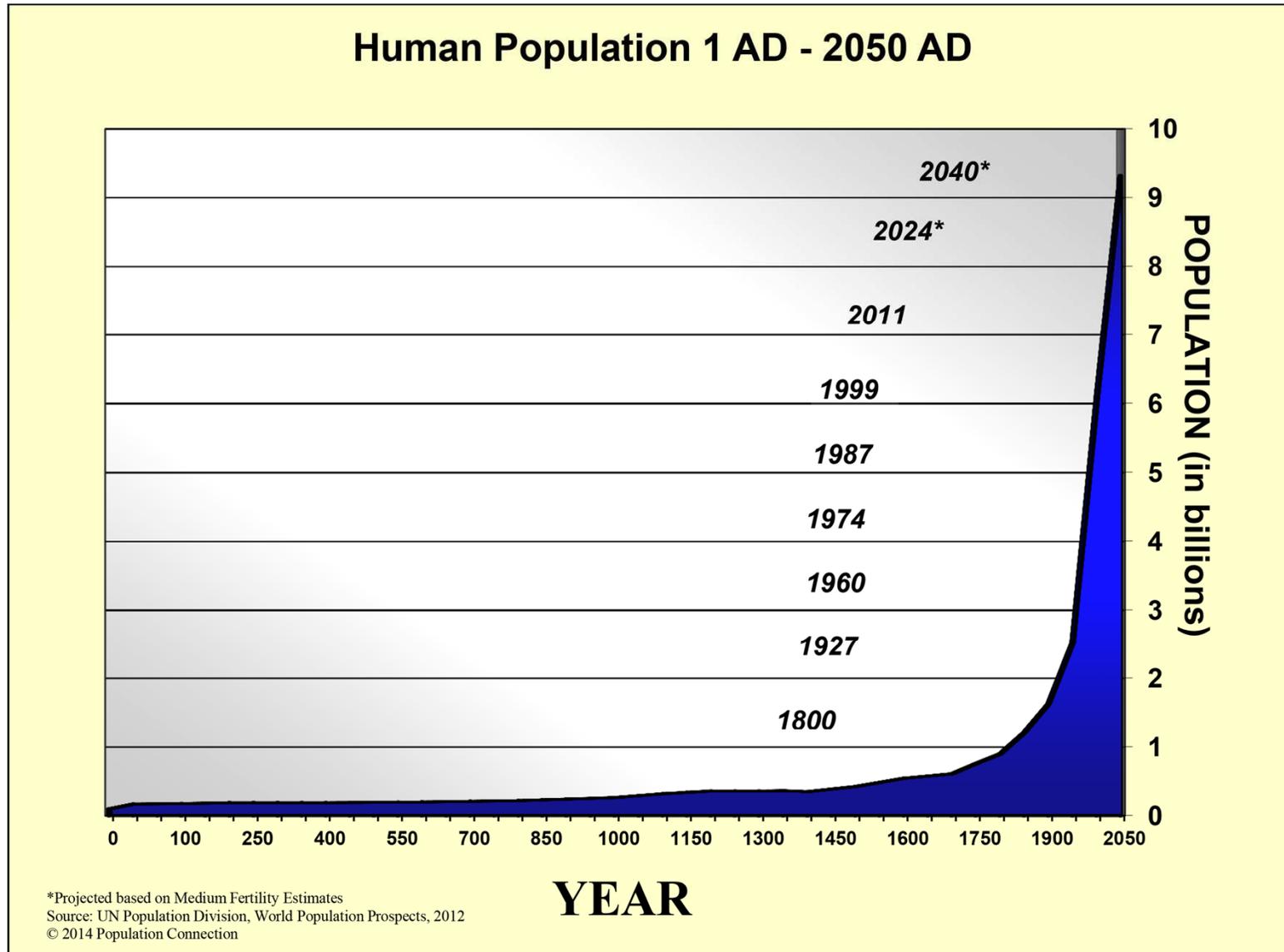
*Impatti*

*Popolazione*

*Consumo pro capite (affluenza)*

*Tecnologia*

# «La tempesta ambientale perfetta»

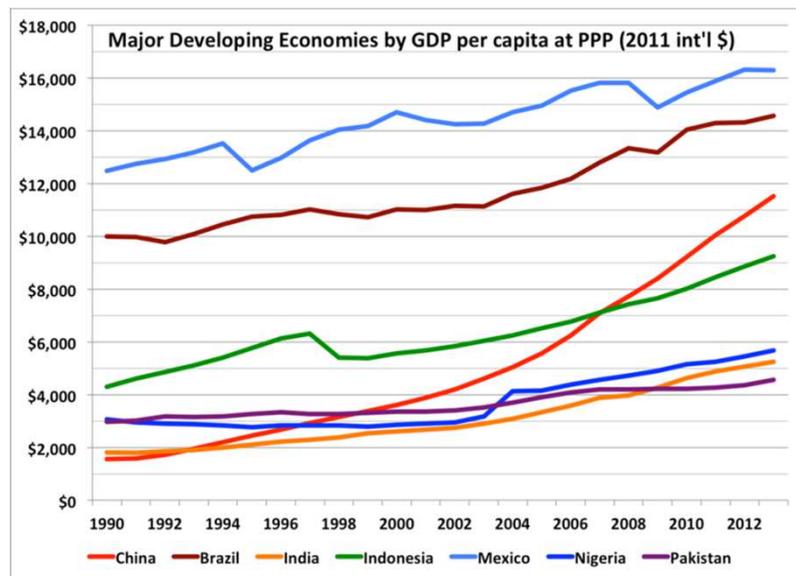


# Ogni giorno nascono 200.000 persone da sfamare, vestire, accudire

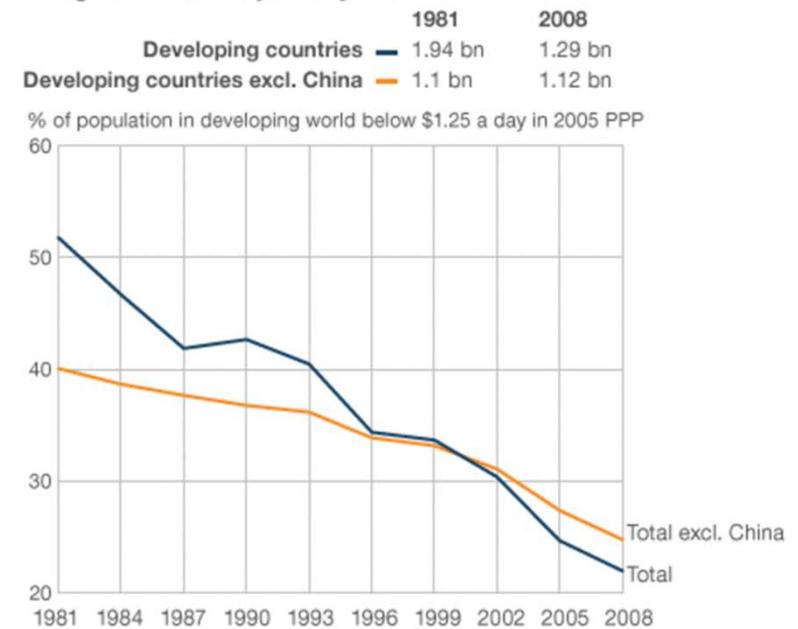
<http://www.worldometers.info/world-population/population-by-country/>

# Molte persone terribili condizioni di povertà, ma mai nella storia tanti han vissuto così bene

<http://www.bbc.com/news/magazine-17312819>



Living below \$1.25 poverty line



Source: World Bank

# Consumi e Produzione rifiuti dei paesi «occidentali/occidentalizzati»

Portano a consumo di risorse rinnovabili e non,  
e a produzione di inquinanti

**NON** sostenibili

Capacità portante dell'ambiente:... capacità di un [ambiente](#) e delle sue risorse di sostenere un certo numero di individui

- [https://it.wikipedia.org/wiki/Capacit%C3%A0\\_portante\\_dell%27ambiente](https://it.wikipedia.org/wiki/Capacit%C3%A0_portante_dell%27ambiente)

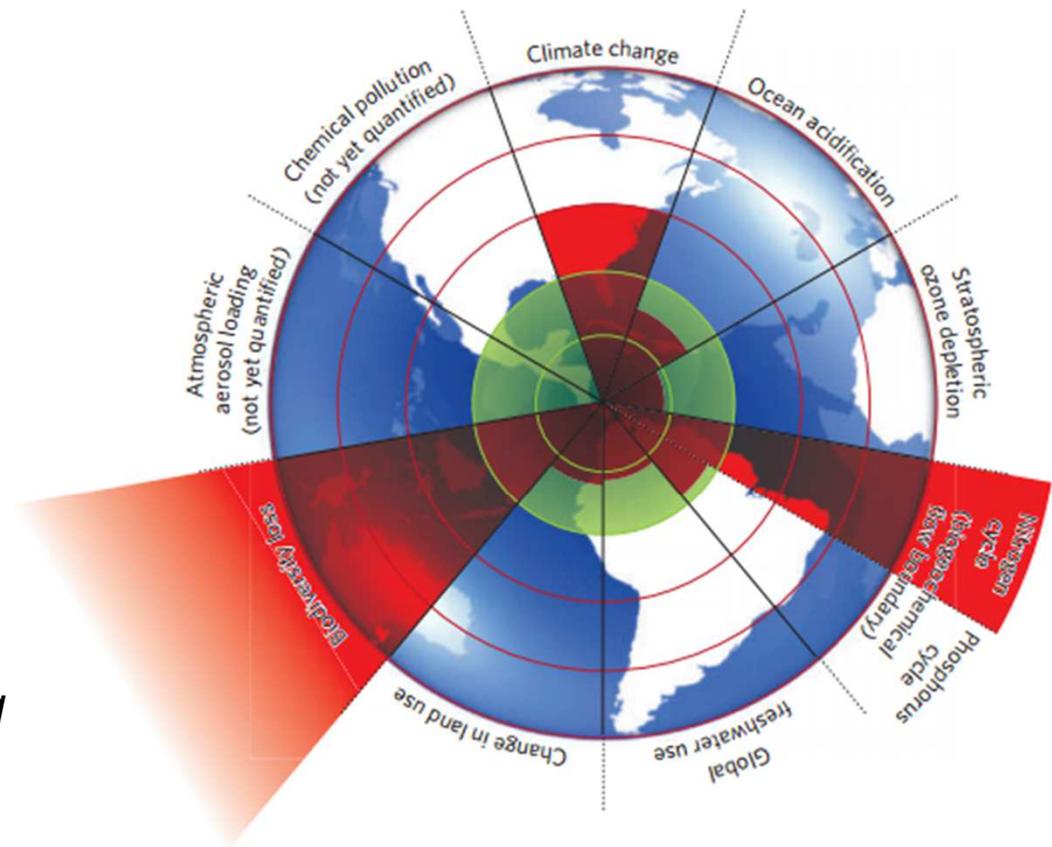
## ***Economic growth, carrying capacity, and the environment***

- Arrow, Kenneth; Bolin, Bert; Costanza, Robert; Dasgupta, Partha; et al. **Science** 268.5210 (Apr 28, 1995): 520

[http://www.sdu.dk/~media/Files/Om\\_SDU/Institutter/Miljo/fame/phd/jan11/Arrow\\_etal\\_Science\\_1995/Arrow\\_etal\\_Science\\_1995.pdf](http://www.sdu.dk/~media/Files/Om_SDU/Institutter/Miljo/fame/phd/jan11/Arrow_etal_Science_1995/Arrow_etal_Science_1995.pdf)

# A safe operating space for humanity

Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F.S. Chapin, III, E.F. Lambin, T.M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H.J. Schellnhuber, B. Nykvist, C.A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P.K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R.W. Corell, V.J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J.A. Foley, 2009: *A safe operating space for humanity*. **Nature**, **461**, 472-475, doi:10.1038/461472a.

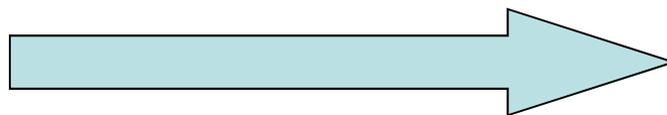
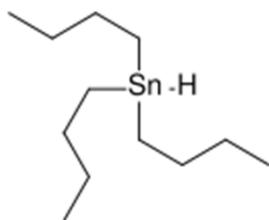


**Figure 1 | Beyond the boundary.** The inner green shading represents the proposed safe operating space for nine planetary systems. The red wedges represent an estimate of the current position for each variable. The boundaries in three systems (rate of biodiversity loss, climate change and human interference with the nitrogen cycle), have already been exceeded.

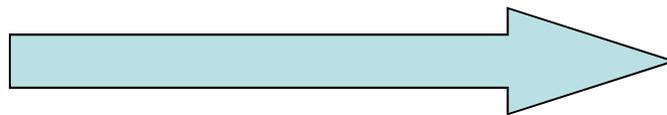
- [http://steadystate.org/wp-content/uploads/2009/12/Rockstrom\\_Nature\\_Boundaries.pdf](http://steadystate.org/wp-content/uploads/2009/12/Rockstrom_Nature_Boundaries.pdf)



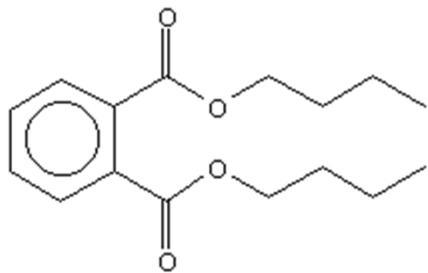
ILVA- Taranto53



Imposex



Buco dell'Ozono



Interferenti endocrini



HF, Metalli pesanti



Fitotossicità,  
accumulo nell'ambiente<sup>57</sup>

# Rifiuti





Calcolare l'impronta ecologica: [http://urizen-geography.nsm.du.edu/~psutton/Sutton\\_Courses/Geog\\_3890 Ecological Economics/SeminalEepapers/Wackernagel\\_Dissertation.pdf](http://urizen-geography.nsm.du.edu/~psutton/Sutton_Courses/Geog_3890_Ecological_Economics/SeminalEepapers/Wackernagel_Dissertation.pdf)

Anche criticata

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800908003376>

# NECESSITA' DI TRANSIZIONE DAL MODELLO ECONOMICO ATTUALE A NUOVI APPROCCI

