

Insegnamento: Impianti di trattamento dei rifiuti solidi
Solid Waste Management

Docente	Prof. Ing. Umberto Arena
Anno	2° anno
Corso di studi	Corso di laurea magistrale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente ed il Territorio
Tipologia	Attività affine o integrativa
Crediti	6
SSD	ING-IND/25 - Impianti e processi chimici
Anno Accademico	2017/2018
Periodo didattico	Primo semestre
Propedeuticità	nessuna
Frequenza	Obbligatoria
Modalità di esame	Prova orale
Sede	Polo Scientifico, Via Vivaldi 43 – Caserta – DISTABIF

Organizzazione della didattica Lezioni frontali, con supporti video ed esercitazioni numeriche

Obiettivi formativi Fornire un quadro approfondito di diversi sistemi di gestione dei rifiuti, analizzati con un approccio olistico, nell'ottica delineata dalla Direttiva 2008/98/CE dell'Unione Europea e dal recente Action Plan per l'attivazione di un'economia circolare. Approfondire aspetti di processo ed impiantistici delle diverse opzioni di trattamento di rifiuti urbani ed industriali, analizzandoli in termini anche quantitativi con l'implementazione di bilanci di materia e di energia specifici, e con cenni ad analisi di ciclo di vita delle diverse opzioni di gestione.

The course aims to provide an exhaustive general framework of the main options for solid waste management, by using a holistic approach and in agreement with the indications of EU waste Directive 2008/98/CE and those of the recent Action Plan for the Circular Economy. The course investigates and quantify process and technological aspects of treatments for material and energy recovery, for municipal and industrial wastes. Life cycle assessments of some case studies related to these treatments are also described and discussed.

Prerequisiti Conoscenze e abilità fornite dal corso di Impianti di Trattamento degli effluenti Inquinanti.

Knowledges and skills provided by the course of Industrial Pollution Control Engineering.

Contenuti del corso Sistemi di gestione integrata dei rifiuti urbani e speciali, con accenni a criteri di pianificazione. Le 4R – riduzione, riuso, riciclo e recupero – della gerarchia dei sistemi di gestione rifiuti e l'approccio del Life Cycle Thinking. Vantaggi e limiti dei sistemi di prevenzione e di riuso. Riciclo per il recupero di materia: definizioni, applicazioni a diverse frazioni merceologiche, possibili criteri per misurare l'efficienza del riciclo, casi studi con analisi di ciclo di vita. Trattamenti biologici e termici: definizioni, principali processi e tipologie impiantistiche. Sistemi di controllo delle emissioni gassose inquinanti, dai principi di funzionamento ai criteri di dimensionamento. Note sui trattamenti di stabilizzazione di rifiuti speciali.

Integrated waste management systems for municipal and industrial solid wastes, with notes about planning criteria. The four R's – reduction, re-use, recycling and recovery – of Waste Hierarchy and the Life Cycle Thinking approach. Advantages and barriers for reduction and re-use systems. Recycling chains for different source separated streams of dry waste: definitions and process descriptions, possible parameters of recycling efficiency, and some Life Cycle Assessment case studies. Thermal and biological Waste-to-Energy treatments: definitions, main processes and technological systems. Air Pollution Control units: operating principles and design criteria. Notes about stabilization systems for industrial wastes.

-
- Programma dettagliato**
- 1. Definizione e composizione di rifiuto solido.** Definizioni di rifiuti urbani (RU) e speciali (RS), delle diverse fasi della loro gestione (raccolta differenziata, selezione, trattamento, smaltimento definitivo), e dell'impiantistica fondamentale. Caratteristiche merceologiche e chimico-fisiche delle principali frazioni di rifiuti urbani, di alcuni rifiuti speciali e dei combustibili derivati dai rifiuti. Produzione comunitaria, nazionale e regionale di rifiuti urbani e speciali. Dati necessari ad una gestione corretta dei rifiuti.
 - 2. Sistemi integrati per la gestione dei rifiuti solidi.** Produzione sostenibile e gestione integrata dei rifiuti. Le politiche di riduzione della produzione e pericolosità dei rifiuti, le modalità di raccolta, il recupero di materia e di energia. Obiettivi di un sistema di gestione dei rifiuti e criteri per l'analisi delle alternative. Confronto tra diversi scenari di gestione con strumenti per un approccio integrato e quantitativo alla pianificazione: la *Substance Flow Analysis* e il *Life Cycle Assessment*. Cenni sui criteri di localizzazione degli impianti.
 - 3. Raccolta differenziata e filiere di riciclo.** Sistemi di raccolta differenziata: tipi di raccolta differenziata e loro effetti sulla qualità del riciclato; implementazione di sistemi innovativi di raccolta differenziata; monitoraggio *on line* dei livelli di raccolta differenziata. Riciclo ideale e riciclo reale. Fenomeni di dissipazione, contaminazione e degradazione del materiale riciclato. Diversi modi di misurare l'efficienza del riciclo. Filiere del riciclo (tecnologie di separazione, selezione e rilavorazione) di rifiuti di imballaggi in plastica, materiali cellulosici, legno, vetro, acciaio, alluminio. Riutilizzo e riciclo di rifiuti speciali: il concetto di riutilizzo industriale (esempio dei cementifici); il riciclo dei rifiuti da costruzione e demolizione.
 - 4. Impianti di trattamento meccanico-biologico e di digestione.** Impianti di bioessiccazione e di trattamento meccanico-biologico dei rifiuti residuali: vari tipi di impianti di trattamento meccanico-biologico; i processi di bioessiccazione del RU tal quale, del residuo delle raccolte differenziate e di matrici organiche a grado di contaminazione elevato. Impianti di digestione aerobica e anaerobica della frazione organica dei rifiuti urbani: i trattamenti biologici di digestione aerobica (cenni su impianti di compostaggio); i trattamenti biologici di digestione anaerobica (cenni su impianti in continuo monostadio, in continuo multistadio e batch).
 - 5. Impianti di trattamento termico.** Processi di termovalorizzazione: definizione e confronto tra combustione, gassificazione e pirolisi; aspetti termodinamici e cinetici fondamentali; cenni sulla modellistica dei processi di combustione e gassificazione. Impianti di termovalorizzazione per combustione diretta: bilanci di materia ed energia e prestazioni ambientali; principali tipologie di combustori per rifiuti urbani e speciali (forni rotanti, a griglia mobile e a letto fluido); sistemi di recupero di energia elettrica e termica; sistemi di controllo dell'inquinamento atmosferico e riutilizzo o smaltimento delle ceneri. Impianti di termovalorizzazione per gassificazione e pirolisi dei rifiuti e dei combustibili derivati dai rifiuti: bilanci di materia ed energia e prestazioni ambientali; principali tipologie di gassificatori per rifiuti urbani e speciali (a letto fisso, a letto fluido, a griglia mobile, a forno rotante, al plasma); problematiche di pulizia del syngas.
 - 6. Impiantistica di trattamento dei rifiuti speciali.** Sistemi di gestione dei rifiuti speciali: obiettivi della pianificazione in tema di rifiuti speciali; scopo del trattamento dei rifiuti speciali e tipologia degli impianti. Tipologia degli impianti di trattamento dei rifiuti speciali: trattamenti comuni (controlli di ricezione e di tracciabilità, stoccaggio, raggruppamento, riconfezionamento, movimentazione, trasporto, tranciatura, staccatura, essiccazione, omogeneizzazione e miscelazione, selezione, omogeneizzazione); trattamenti biologici; trattamenti chimico-fisici; trattamenti termici; trattamenti di rigenerazione/riciclo per il recupero materia; trattamenti di smaltimento definitivo in discarica; riutilizzo in cicli produttivi diversi.

Attività di campo: Visita tecnica presso impianti di trattamento di rifiuti solidi.

-
- Testi di riferimento**
- T.H. Christensen (ed.) (2011) *Solid Waste Technology and Management*, Wiley
 - W.R. Niessen (2010) *Combustion and Incineration Processes: Applications in Environmental Engineering*, 4th ed.
-

-
- N.B. Klinghoffer e M.J. Castaldi (2013) Waste to energy conversion technology, Woodhead Publishing
 - Dispense e materiale didattico distribuito a lezione
 - Autori vari (2013) Ciclo dei rifiuti: governare insieme. Economia, ambiente, territorio, Rapporto 2012-2013 di Italia Decide, Ed. Il Mulino. ISBN:978-88-15-24409-3
-

Curriculum docente

Umberto Arena, ingegnere chimico e dottore di ricerca in ingegneria chimica, è professore ordinario di Impianti Chimici.

ATTIVITÀ DIDATTICA IN ITALIA E ALL'ESTERO

E' titolare dei corsi di "Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti" e di "Impianti di trattamento dei rifiuti solidi" nel Corso di Laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e il Territorio e di "Impianti per l'industria farmaceutica" nel Corso di Laurea in Farmacia. Ha insegnato presso le Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, dell'Università di Perugia e dell'Università "Federico II" di Napoli.

Ha svolto attività didattica all'estero, come visiting professor alla School of Mechanical Engineering della Tongji University di Shanghai (ottobre-novembre 2016) e tenendo lezioni presso Università straniere (come l'Universidad de Sevilla, nell'aprile 2015, la Tongji University di Shanghai, nell'ottobre 2015) o nell'ambito di scuole internazionali (come la Fecundus Summer School, Madrid, giugno 2012, la Winter School of The Energy from Biomass and Waste Symposium, Venezia, novembre 2012, la Waste Engineering Summer School, Albi, Francia, maggio 2016) e facendo parte di Commissioni per il titolo di Ph.D. o di Eng.D. (presso: la Technical Univ. of Chalmers di Goteborg-Svezia per il titolo di Ph.D. in Chemical Engineering, nel 2012; la Univ. of Surrey di Guildford, Regno Unito, per il titolo di Eng.D. in Sustainable Engineering, nel 2013; la Technical Univ. of Wien per il titolo di Ph.D. in Energy Process, nel 2014; la North-West University-Sud Africa per il titolo di Ph.D. in Chemical Engineering, nel 2015; la Aalto University di Aalto, Finlandia, per il titolo di Ph.D. in Chemical Technology nel 2016).

ATTIVITÀ SCIENTIFICA NELLA COMUNITA' INTERNAZIONALE

E' Associate Editor della rivista Waste Management (Elsevier), per cui ha curato anche alcuni numeri speciali. E' membro del Management Board dell'IWWG-International Waste Working Group, di cui è anche uno dei componenti dello Scientific Advisory Panel nonché il coordinatore internazionale del Task Group on Thermal Treatments.

E' stato chairman di alcune conferenze internazionali, quali Fluidization XI (Ischia, 2004); 21st Int. Conf. on Fluidized Bed Combustion (Napoli, 2011); LCA and other Assessment Tool for Waste Management and Resource Optimization (Cetraro, Italy, 2016)

E' revisore di numerose riviste scientifiche internazionali, tra le quali: Waste Management, Waste Management&Res., Fuel, Fuel Proc. Tech., J. of Industrial Ecology, Process Safety and Environmental Protection, Chem. Eng. Sci., The Chem. Eng. J., Canadian J. of Chem. Eng., Combustion Sci. and Tech., Polymer Degradation & Stability, Powder Tech., J. of Loss Prevention in the Process Ind., prevalentemente su tematiche di impiantistica ambientale e di sistemi di gestione di rifiuti.

ATTIVITÀ DI TRASFERIMENTO TECNOLOGICO VERSO ENTI E SOCIETÀ'

E' membro di comitati nazionali e responsabile scientifico di convenzioni universitarie con diversi enti e società su temi della gestione rifiuti, dei trattamenti ambientali e dell'industria di processo. Tra gli altri ha collaborato o collabora con Fater, Conai, Sagit-Unilever, Sotacarbo, Chemtex, Cira, EcoBat, Asia.biz, Enitecnologie, Agip Carbone, Enichem Anic, Ansaldo Energia, Politecnico di Torino-DiSTA, Enea-Dipartimento Ambiente.

E' membro del Consiglio di Amministrazione della società pubblica consortile AMRA-Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale, che ha come soci le 5 università campane, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ed il Consiglio Nazionale delle Ricerche. All'interno di Amra coordina l'area del rischio ambientale da attività antropiche ed è responsabile dell'Unità di Produzione Energia e Gestione Rifiuti.

E' stato membro del Consiglio Scientifico di COMIECO, Consorzio Nazionale per il Recupero e Riciclo degli Imballaggi a base Cellulosica.

E' stato responsabile scientifico di convenzioni universitarie con diversi Enti Locali e con il Commissariato di Governo per l'Emergenza Rifiuti in Campania sulla pianificazione dei sistemi di gestione rifiuti e su problematiche di impiantistica per il trattamento e lo smaltimento di rifiuti. Ha elaborato la parte impiantistica del Piano di Smaltimento Rifiuti della Regione Campania (1996-1997), l'analisi del ciclo di vita delle opzioni di smaltimento rifiuti in Campania (2001-2002). Ha preparato il Piano di Smaltimento dei Rifiuti Speciali della Regione Campania (2008), il Piano Provinciale di Gestione dei Rifiuti della Provincia di Caserta (2009); il Piano di Gestione dei Rifiuti Urbani della Regione Campania (2011); il Piano di Gestione dei Rifiuti Urbani della Regione Molise (2012 e 2015).

Ha partecipato alla redazione del Rapporto 2012-2013 "Ciclo dei rifiuti: governare insieme. Economia, ambiente, territorio", preparato da Italia Decide, Associazione di Ricerca a-partisan per la qualità delle politiche pubbliche.

ATTIVITÀ DI RICERCA SPERIMENTALE

Partecipa o ha partecipato a diversi programmi internazionali di ricerca con Università ed enti di ricerca italiani e stranieri, quali Technical University of Vienna (Austria), Universidad de Sevilla (Spagna), Tongji

University of Shanghai (Cina), Technical University of Hamburg-Harburg (Germania), Technical University of Halifax (Nova Scotia, Canada), Centre for Renewable Energies, Athens (Grecia); Ciemat, Madrid (Spagna); Centre for Environmental Strategies, Guildford (Gran Bretagna).

L'attività di ricerca del prof. Arena è principalmente rivolta allo studio di aspetti fondamentali ed applicativi dell'industria energetica ed ambientale e dell'ecologia industriale, focalizzandosi su:

- Le nuove tecnologie di recupero di materia e di energia da combustibili alternativi, di cui indaga gli aspetti impiantistici e di processo e le implicazioni per l'ambiente, con particolare riferimento ai processi di gassificazione o pirolisi in reattori a letto fluido.
- Gli aspetti gestionali, tecnologici, economici ed ambientali di processi produttivi e di servizi (con particolare attenzione ai sistemi di gestione di rifiuti) attraverso l'ausilio di strumenti innovativi, quali il Life Cycle Assessment (LCA) e la Substance Flow Analysis (SFA).
- Gli aspetti della sostenibilità in campo edilizio, per quantificare i carichi ambientali collegabili a materiali e componenti e gli impatti ambientali, economici e sociali che a tali carichi sono connessi.
- Le problematiche di rischio di incidenti rilevanti nell'industria e le conseguenti tecniche di prevenzione e mitigazione.

ATTIVITÀ DI PUBBLICAZIONE DI ARTICOLI O LIBRI SCIENTIFICI

E' autore di oltre 100 lavori a stampa su riviste scientifiche internazionali (tra i quali: Waste Management, J. of Industrial Ecology, Resource Conservation and Recycling, Process Safety and Environmental Protection, AIChE J., Chemical Engineering Science, Chemical Engineering J., Ind.&Eng.Chem.Res., Polymer Degradation & Stability, Powder Tech., Fuel, Energy, Fuel Proc.&Tech., Combustion Science and Tech., Combustion and Flame, Canadian J. of Chemical Eng., Japanese J. of Chemical Eng., Int. J. of Life Cycle Assessment, J. of Loss Prevention in the Process Ind.) e in atti di congressi internazionali con comitato di revisione internazionale.

Ha anche scritto capitoli su libri internazionali, tra i quali: il capitolo "Gas Mixing" nel libro Circulating Fluidized Beds curato da J. Grace, A. Avidan e T. Knowlton, Chapman & Hall; il capitolo "Fluidized Bed Pyrolysis of Plastic Wastes" nel libro Feedstock Recycling and Pyrolysis of Waste Plastics, curato da J. Scheirs e W. Kaminsky, J. Wiley&Sons Ltd; il capitolo "Fluidized Bed Gasification" nel libro Fluidized-bed technologies for near-zero emission combustion and gasification, curato da F. Scala, Woodhead Publishing Ltd.