

# Impianti di trattamento dei rifiuti solidi

<b>Docente</b>	Prof. ing. Umberto Arena
<b>Anno</b>	2° anno
<b>Corso di studi</b>	Laurea magistrale in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente ed il Territorio
<b>Tipologia</b>	Fondamentale
<b>Crediti</b>	6 (5: didattica frontale, 1: esercitazioni)
<b>SSD</b>	ING-IND/25 - Impianti e processi chimici
<b>Periodo didattico</b>	Primo semestre
<b>Propedeuticità</b>	Nessuna
<b>Frequenza</b>	Obbligatoria
<b>Descrizione dei metodi di accertamento</b>	<b>Prova orale</b>
<b>Sede</b>	Polo Scientifico, Via Vivaldi 43 – Caserta
<b>Orario di ricevimento</b>	Su appuntamento tramite posta elettronica (umberto.arena@unina2.it)
<b>Organizzazione della didattica</b>	Lezioni frontali, con supporti video ed esercitazioni numeriche
<b>Risultati di apprendimento previsti</b>	Lo studente acquisirà una conoscenza di diversi sistemi di gestione dei rifiuti, analizzati con un approccio olistico e nell'ottica delineata dalla Direttiva 2008/98/CE della Unione Europea. Sarà così in grado di 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.
<b>Programma</b>	<ol style="list-style-type: none"><li><b>1. Definizione e composizione di rifiuto solido.</b> 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</li><li><b>2. Sistemi integrati per la gestione dei rifiuti solidi.</b> 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 <i>Substance Flow Analysis</i> e il <i>Life Cycle Assessment</i>. Cenni sui criteri di localizzazione degli impianti.</li><li><b>3. Raccolta differenziata e filiere di riciclo.</b> Sistemi di raccolta differenziata: tipi di raccolta differenziata e loro effetti sulla qualità del riciclato; implementazione di sistemi innovativi di raccolta differenziata; monitoraggio <i>on line</i> dei livelli di raccolta differenziata. Diversi modi di misurare l'efficienza del riciclo. Filiere del riciclo (tecnologie di separazione, selezione e rilavorazione) di rifiuti di imballaggi in plastica, materiali cellululosici, 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.</li><li><b>4. Impianti di trattamento meccanico-biologico e di digestione.</b> 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)</li><li><b>5. Impianti di trattamento termico.</b> 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; 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.</li><li><b>6. Impiantistica di trattamento dei rifiuti speciali.</b> 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, tracciatura, 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.</li></ol> <p><b>Attività di campo:</b> Visita tecnica presso impianti di trattamento di rifiuti solidi.</p>
<b>Testi consigliati e bibliografia</b>	<p><b>Testi consigliati:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- W.R. Niessen (2010) <i>Combustion and Incineration Processes: Applications in Environmental Engineering</i>, 4th ed., CRC Press, ISBN: 978-1-4398-0503-9</li><li>- T.H. Christensen, editor (2011) <i>Solid Waste Technology &amp; Management</i>, Wiley, ISBN: 978-1-4051-7517-3</li><li>- Dispense e materiale didattico distribuito a lezione</li></ul> <p><b>Testi da consultare:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Autori vari (2013) <i>Ciclo dei rifiuti: governare insieme. Economia, ambiente, territorio, Rapporto 2012-2013 di Italia Decide</i>, Ediz. Il Mulino. ISBN: 978-88-15-24409-3</li><li>- Autori Vari (2012) <i>Gestione dei rifiuti urbani, Ambiente Rischio Comunicazione</i>, vol.2; ISSN 2240-1520 (<a href="http://www.amrcenter.com/doc/pubblicazioni/ARC_numero_2_web.pdf">www.amrcenter.com/doc/pubblicazioni/ARC_numero_2_web.pdf</a>)</li><li>- Autori Vari (2013) <i>Rifiuti speciali, Ambiente Rischio Comunicazione</i>, vol. 6; ISSN 2240-1520 (<a href="http://www.amrcenter.com/doc/pubblicazioni/ARC_numero_6_web.pdf">www.amrcenter.com/doc/pubblicazioni/ARC_numero_6_web.pdf</a>)</li></ul>
<b>Breve curriculum</b>	Umberto Arena, ingegnere chimico e dottore di ricerca in ingegneria chimica, è professore ordinario di Impianti Chimici.

## docente

### ATTIVITÀ DIDATTICA

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 tenendo lezioni presso Università straniere (come l'Universidad de Sevilla, nell'aprile 2015) o nell'ambito di scuole internazionali (come la Fecundus Summer School, Madrid, giugno 2012 o la Winter School of The Energy from Biomass and Waste Symposium, Venezia, novembre 2012) e facendo parte di Commissioni per il titolo di Ph.D. o di Eng.D. (presso la Tech. Univ. of Chalmers di Goteborg-Svezia per il titolo di Ph.D. in Chemical Engineering; presso la Tech. Univ. of Wien per il titolo di Ph.D. in Energy Process; presso la Univ. of Surrey di Guildford, Regno Unito, per il titolo di Eng.D. in Sustainable Engineering; presso la North-West University-Sud Africa per il titolo di Ph.D. in Chemical Engineering).

### ATTIVITÀ SCIENTIFICA DELLA COMUNITA'INTERNAZIONALE

E' Associate Editor della rivista Waste Management (Elsevier), per cui ha anche curato anche alcuni numeri speciali. E' membro del Management Board dell'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' revisore di numerose riviste scientifiche internazionali, tra le quali: J. of Industrial Ecology, Waste Management, Waste Management&Res., Fuel Proc. Tech., Process Safety and Environmental Protection, Chem. Eng. Sci., The Chem. Eng. J., Canadian J. of Chem. Eng., Combustion Sci. and Tech., Fuel, 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 SOCIETA'

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, Conal, Sagit-Unilever, Chemtex, Cira, EcoBat, Asia.biz, Enitecnologie, Agip Carbone, Enichem Anic, Ansaldo Energia, Politecnico di Torino-DISTA, Enea-Dipartimento Ambiente.

E' membro del Comitato Esecutivo 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.

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.

E' stato membro del Consiglio Scientifico di COMIECO, Cons. Naz. 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).

### 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), 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 si sono indagati 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 collegabili.
- 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.