



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## GESTIONE DEI RIFIUTI E BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI

**RENATO IANNELLI**

Anno accademico  
CdS

2023/24  
INGEGNERIA DELLE  
INFRASTRUTTURE CIVILI E  
DELL'AMBIENTE  
220HH  
6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
GESTIONE DEI RIFIUTI E BONIFICA DEI SITI CONTAMINATI	ICAR/03	LEZIONI	60	RENATO IANNELLI ISABELLA PECORINI

Obiettivi di apprendimento

### *Conoscenze*

Fornire un'informazione di base di interesse per l'ingegnere civile relativamente alla conoscenza dei fenomeni di inquinamento dei suoli e delle falde acquifere, delle tecniche di gestione, trattamento e smaltimento di rifiuti solidi e liquidi, urbani e speciali, e delle tecniche di caratterizzazione, analisi di rischio, messa in sicurezza e bonifica di suoli ed acquiferi contaminati.

### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Durante l'esame orale conclusivo dell'insegnamento verrà verificata la conoscenza degli argomenti trattati e la capacità critica di confronto e di applicazione pratica degli argomenti teorici

### *Capacità*

Conoscenza dei diversi metodi di trattamento, gestione e smaltimento dei rifiuti solidi e liquidi e di caratterizzazione, analisi di rischio, messa in sicurezza e bonifica di suoli ed acquiferi contaminati mediante confronto ragionato fra le principali tecnologie di trattamento di uso corrente nonché quelle più promettenti per il prossimo futuro

### *Modalità di verifica delle capacità*

Durante l'esame orale verrà verificata la conoscenza dei processi di un impianto di depurazione.

### *Comportamenti*

- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità alle problematiche ambientali
- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare conoscenze utili per attività di ingegnere civile/ambientale nell'ambito di impianti e processi di gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti contaminati

### *Modalità di verifica dei comportamenti*

I comportamenti acquisiti verranno verificati durante la sessione finale di esame orale

### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Concetti di base di fisica, chimica e biologia

### *Indicazioni metodologiche*

L'insegnamento di 6 crediti formativi (CFU) viene impartito nel secondo periodo didattico (6 ore di lezione settimanali)

### *Programma (contenuti dell'insegnamento)*

Il programma di dettaglio (con data/ora delle singole lezioni) può essere scaricato dalla [home page del docente](#)

Richiami di chimica organica: Atomo di carbonio e legami; aromaticità; Isomeria



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Composti alifatici, aromatici ed eterociclici

Composti chimici sintetici

Materie plastiche

Rifiuti solidi: impostazione, cenni storici, evoluzione delle produzioni specifiche

Normativa italiana sulla gestione dei rifiuti solidi urbani

Normativa italiana e procedure amministrative per la gestione dei rifiuti speciali

Origine, composizione e caratteristiche dei rifiuti solidi urbani

Caratterizzazione merceologica dei rifiuti solidi urbani

Caratterizzazione chimico fisica dei rifiuti solidi urbani

Sistemi di raccolta dei solidi urbani. Stoccaggio temporaneo

Tecniche di raccolta differenziata: frazionamento

Separazione e trattamento per riuso, riciclaggio e recupero: materiali recuperabili

Separazione e trattamento per riuso, riciclaggio e recupero: tecnologie di separazione

Compostaggio finalizzato a riutilizzo in agricoltura o come pretrattamento per lo smaltimento in discarica  
Digestione anaerobica e codigestione

Trattamento meccanico biologico come pretrattamento per la combustione, CSS

Incenerimento e termovalorizzazione: principi generali della combustione. Caratterizzazione. Pretrattamenti

Tecnologie di combustione: camera di combustione e post combustione

Caldaia e cicli termici per il recupero energetico

Trattamento dei fumi: generalità

Trattamento dei fumi: tecnologie

Trattamento dei fumi: controllo emissioni

Tecniche di discarica controllata: generalità, evoluzione storica, evoluzione normativa

Discarica controllata: aspetti progettuali

Discarica controllata: aspetti gestionali

Discarica controllata gestione del biogas

Discarica controllata: gestione e trattamento dei percolati

Piani di monitoraggio per gli impianti di rifiuti (metodologie di monitoraggio e controllo)

Valutazione di impatto ambientale degli impianti di smaltimento e trattamento di rifiuti

Autorizzazione integrata ambientale (come ottenerla e gestirla)

Bonifica dei siti contaminati: Generalità; caratteristiche dei contaminanti

Caratteristiche dei suoli e degli acquiferi

Comportamento dei contaminanti nel suolo e nel sottosuolo

Caratterizzazione dei siti contaminati: tecniche di campionamento e definizione del modello concettuale

Analisi di rischio sito specifica: generalità



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Analisi di rischio sito specifica: esempi di applicazione e software applicativi

Tecniche di bonifica e di messa in sicurezza permanente: generalità e classificazione

Trattamenti biologici ex-situ: Landfarming e biopile

Fitorimediazione

Trattamenti in-situ della zona vadosa: Bioventing e Soil Vapor Extraction

Trattamenti in-situ della zona satura: Air sparging e Biosparging

Trattamenti di lavaggio: Soil flushing - Bioflushing - Soil washing

Tecniche di bonifica elettrocinetica

Barriere permeabili reattive

Attenuazione naturale controllata

Trattamenti fisico-biologici in-situ: Multi-Phase Extraction

Trattamento di ossidazione chimica in-situ

Trattamenti di solidificazione/stabilizzazione

Trattamenti termici

Recupero del prodotto libero

Trattamenti di bonifica e messa in sicurezza di acque di falda con barriere idrauliche e pump and treat

Tecniche di messa in sicurezza: interventi di incapsulamento

Landfill mining

La bonifica dell'amianto

Dragaggi e gestione dei sedimenti

Visita tecnica ad un impianto di trattamento rifiuti e/o bonifica di un sito contaminato

### Bibliografia e materiale didattico

Testi di riferimento:

Autore: Vari

Titolo: Dispense scaricabili dalla homepage del docente [people.unipi.it/renato\\_iannelli](http://people.unipi.it/renato_iannelli)

Autori: G. Tchobanoglous, H. theisen, S. Vigil, P. Sirini, R.C. Noto La Diega

Titolo: Ingegneria dei rifiuti solidi

Editore: Mc Graw Hill Education

ISBN: 978-88-386-6527-1

Autore: Luca Bonomo

Titolo: Bonifica di siti contaminati

Editore: McGraw-Hill Italia

ISBN: 88-386-6278-9

### Indicazioni per non frequentanti

Anche se la frequenza non è obbligatoria, è fortemente raccomandata.

### Modalità d'esame

Esame orale

Ultimo aggiornamento 25/09/2023 18:41