



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE

#### RENATO IANNELLI

Anno accademico	2017/18
CdS	INGEGNERIA DELLE INFRASTRUTTURE CIVILI E DELL'AMBIENTE
Codice	062HH
CFU	9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE	ICAR/03	LEZIONI	90	RENATO IANNELLI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Fornire un'informazione di base di interesse per l'ingegnere civile relativamente alla conoscenza dei fenomeni di inquinamento dell'acqua, del suolo e dell'aria, nonché delle principali tecniche di gestione e trattamento delle acque reflue, delle acque primarie, dei rifiuti solidi e dei suoli contaminati. Il tutto con un particolare approfondimento (inclusa una esercitazione consistente nel progetto di massima di un impianto e due visite tecniche) delle tecniche di depurazione delle acque reflue civili finalizzate al riuso o alla restituzione all'idrografia superficiale.

##### *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*

Progetto e gestione delle diverse fasi di un impianto di depurazione di acque reflue civili 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 verificato il progetto di un impianto di depurazione sviluppato durante le esercitazioni pratiche accertando la capacità critica di impostare il progetto sulla base degli elementi forniti nonché la correttezza di metodi utilizzati e dei risultati ottenuti.

##### *Comportamenti*

- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità alle problematiche ambientali
- Lo studente potrà saper gestire responsabilità di progettazione di un impianto di depurazione
- Saranno acquisite opportune accuratezza e precisione nello svolgere attività legate a progettazione e conduzione di impianti di ingegneria sanitaria ambientale

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

- Durante le sessioni di esercitazione saranno valutati il grado di accuratezza e precisione delle attività svolte
- Durante il lavoro di gruppo sono verificate le modalità di definizione delle responsabilità, di gestione e organizzazione delle fasi progettuali
- Al termine delle esercitazioni saranno richieste agli studenti una relazione e delle tavole relative al progetto sviluppato

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Concetti di base di idraulica e chimica

##### *Indicazioni metodologiche*

L'insegnamento di 9 crediti formativi (CFU) viene impartito per metà nel primo periodo didattico (4 ore di lezione settimanali) e per metà nel secondo periodo didattico (4 ore settimanali, di cui 2 di lezioni e 2 di esercitazioni pratiche). Al termine del secondo periodo didattico si svolgono



## UNIVERSITÀ DI PISA

due visite di studio presso due impianti di trattamento acque, di trattamento rifiuti o di bonifica di siti contaminati, diversi di anno in anno. Durante il ciclo di esercitazioni pratiche viene sviluppato (a livello di progetto preliminare) il progetto di un impianto di depurazione di acque reflue civili completo delle diverse fasi di trattamento, di una linea di trattamento dei fanghi prodotti e di un sistema di post-trattamento finalizzato al riuso delle acque trattate.

Il processo biologico verrà verificato con l'utilizzo del software Biowin.

Le esercitazioni vengono sviluppate in gruppi di 4 - 6 allievi ciascuno. Ogni gruppo, al termine del ciclo di esercitazioni, deve sviluppare i seguenti elaborati:

- Relazione tecnica con almeno i seguenti capitoli:
  - Parametri di progetto
  - Descrizione e commento delle scelte progettuali
  - Dimensionamento delle fasi di processo
  - Calcolo del profilo idraulico
- Planimetria generale, sistemazioni a verde e viabilità;
- Planimetria dei collegamenti idraulici;
- Schema di processo;
- Profilo idraulico dell'impianto.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

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

**MACROARGOMENTO 1 (L = 2 ore)** Introduzione e generalità

Ingegneria sanitaria ambientale.

Inquinamento.

Sviluppo sostenibile.

Misurazione dello stato ambientale.

**MACROARGOMENTO 2 (L = 5 ore)** Param. misura inquinamento

sostanze solide, COD, BOD, misure respirometriche

altri parametri chimici, microbiologia

**MACROARGOMENTO 3 (L = 4 ore)** Principali fenomeni di inquinamento delle acque

Bilancio ossigeno acque correnti, Eq. Streeter & Phelps

Eutrofizzazione: generalità; classif. Stato trofico, eq. Vollenweider; analisi prevenzione e cura

Inquinamento chimico, microbiologico, termico

**MACROARGOMENTO 4 (L = 2 ore)** Normativa sulle acque

Principale normativa ambientale europea, italiana e regionale acque: testo unico ambientale, riuso, balneazione, ecc.

**MACROARGOMENTO 5 (L = 4 ore)** Depurazione biologica delle acque

microbiologia e biochimica

principi processi biologici

cinetica crescita biomassa e consumo substrati, ruolo ossigeno

temperatura, ambiti di validità.

Generalità su reattoristica: batch, CSTR e PFR

**MACROARGOMENTO 6 (L = 7 ore)** Depurazione biologica a fanghi attivi

modelli idrodinamici reattori, curve conversione; carico ed età fango; portata supero

fabbisogno ossigeno, portata ricircolo, criteri di dimensionamento

Nitrificazione e denitrificazione

Modellistica numerica: IWA ASM1. Pacchetti di simulazione processo a fanghi attivi.

Frazione attiva e grado di stabilizzazione della biomassa.

Esempi di dimensionamento di impianti a medio carico e ad ossidazione prolungata

Problemi gestionali e malattie del fango

**MACROARGOMENTO 7 (L = 3 ore)** Sedimentazione e flottazione

impostazione: tipi di sedimentazione

processi di sedimentazione e flottazione; sedimentatori primari e finali, sedimentatori lamellari, disoleatori

manufatti

**MACROARGOMENTO 8 (L = 6 ore)** Altri processi di depurazione biologica

Impianti a biomasse adese: percolatori, biodischi, MBBR

TF/SC, biofiltrazione sommersa. Contact/stabilization

Impianti MBR, SBR, cicli alternati. Oxidation ditch, biomasse granulari, deep shaft

Reattori anaerobici. UASB. Sistemi multistadio. Piccolissimi impianti: fosse biologiche e Imhoff

Trattamenti naturali: lagunaggi e fitodepurazione. Specie macrofite.

Criteri dimensionamento hSSF-CW. Pre e post trattamenti. Prestazioni tipiche. Campi applicazione

**MACROARGOMENTO 9 (L = 5 ore)** Trattamento e gestione dei fanghi di depurazione biologica

Generalità sul trattamento fanghi primari e di supero. Disidratazione e stabilizzazione.

Digestione anaerobica: obiettivi, principi, prod. biogas, Schemi mesofili mono/bistadio. Criteri progetto

Digest. Anaerobica: volumi digestione, estrazione acqua. Stabilizzazione aerobica

ispessimento e disidratazione meccanica

Essiccamento termico e incenerimento fanghi. Letti essiccamento e fitodisidratazione

**MACROARGOMENTO 10 (L = 3 ore)** Rimozione del fosforo e processi di chiariflocculazione

Chiariflocculazione e defosfatazione chimico-fisica

Defosfatazione biologica



## UNIVERSITÀ DI PISA

MACROARGOMENTO 11 (L = 3 ore) Processi di disinfezione e di ossidazione

Processi di ossido-riduzione. Principali agenti ossidanti e riducenti. Cinetica dei processi di disinfezione.

Cloro gas, ipocloriti e biossido di cloro

Altre tecniche di disinfezione

Processi di ossidazione avanzata

MACROARGOMENTO 12 (L = 4 ore) Processi di filtrazione tradizionale e su membrana

Processi di filtrazione di volume e superficiale. Filtrazione su sabbia rapida e lenta Microstacciatura.

Trattamenti a membrana: classificazione; micro e ultrafiltrazione; osmosi inversa; nanofiltrazione.

Principali applicazioni dei processi a membrana. Dissalazione dell'acqua di mare.

MACROARGOMENTO 13 (L = 3 ore) Adsorbimento e scambio ionico

Adsorbimento e carboni attivi

Scambio ionico

MACROARGOMENTO 14 (L = 2 ore) Potabilizzazione delle acque

Potabilizzazione acque superficiali: principali schemi di trattamento

Potabilizzazione acque sotterranee: principali schemi di trattamento

MACROARGOMENTO 15 (L = 7 ore) Gestione e trattamento dei rifiuti solidi e liquidi - trattamento fumi inceneritori

Impostazione, cenni storici, produzione, normativa, caratterizzazione chimico fisica e merceologica; classificazione.

Teniche di raccolta differenziata, riciclaggio e riuso

Compostaggio, trattamento meccanico-biologico, CDR, CDR-Q, digestione e co-digestione anaerobica

Impianti di termovalorizzazione: sezione di raccolta ed alimentazione; camera di combustione e post-combustione; caldaia e ciclo termodinamico di recupero dell'energia termica

Principali contaminanti nei fumi degli inceneritori: macro e microinquinanti organici e inorganici

Sezioni di trattamento dei fumi dei termovalorizzatori

Discarica controllata: criteri di progetto e di coltivazione

Normativa; discariche per rifiuti urbani ed assimilati; discariche per rifiuti speciali e per rifiuti pericolosi

Impianti di captazione e gestione del biogas

Impianti di raccolta, gestione e trattamento dei percolati

MACROARGOMENTO 16 (L = 5 ore) Bonifica di terreni, sedimenti e acque di falda contaminati

Normativa italiana sulla gestione dei siti contaminati. Procedure amministrative

Classificazione: messa in sicurezza di emergenza, operativa, permanente; bonifica. Siti potenzialmente contaminati e siti contaminati.

Metodi e criteri di caratterizzazione dei siti potenzialmente contaminati

Analisi di rischio sito specifica

Tecniche di bonifica biologiche e chimico-fisiche in-situ ed ex-situ di terreni e sedimenti

Tecniche di bonifica biologiche e chimico-fisiche in-situ ed ex-situ di acque di falda

### 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)

Autore: Luca Bonomo

Titolo: Trattamenti delle acque reflue

Editore: McGraw-Hill Italia

ISBN: 978-88-386-6518-9

Testi di consultazione:

Autore: Carlo Collivignarelli - Sabrina Sorlini

Titolo: Potabilizzazione delle acque - processi e tecnologie

Editore: Dario Flaccovio Editore

ISBN: 978-88-7758-856-2

Autori: G. De Feo, S. De Gisi, M. Galasso

Titolo: Rifiuti solidi - Progettazione e gestione di impianti per il trattamento e lo smaltimento

Editore: Dario Flaccovio

ISBN: 978-88-579-0133-6

Autore: Luca Bonomo

Titolo: Bonifica di siti contaminati

Editore: McGraw-Hill Italia

ISBN: 88-386-6278-9

Autore: Piero Sirini

Titolo: Ingegneria sanitaria-ambientale

Editore: McGraw-Hill Italia

ISBN: 88-386-0897-0

### Indicazioni per non frequentanti



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Anche se la frequenza non è obbligatoria, è fortemente raccomandata. In particolare è necessario partecipare alle esercitazioni di gruppo che si svolgono nel secondo periodo didattico.

In caso di assoluta impossibilità di frequentare la maggior parte delle lezioni, si raccomanda di studiare sul testo principale seguendo gli argomenti delle singole lezioni pubblicate sulla homepage del docente [people.unipi.it/renato\\_iannelli](https://people.unipi.it/renato_iannelli) ed utilizzando le dispense integrative scaricabili dalla stessa homepage del docente.

### Modalità d'esame

Esame orale

### Pagina web del corso

[https://people.unipi.it/renato\\_iannelli/](https://people.unipi.it/renato_iannelli/)

### Altri riferimenti web

<https://envirosim.com/products/biowin>

*Ultimo aggiornamento 27/04/2018 12:53*