



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2023/2024
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2024/2025
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA CIVILE
INSEGNAMENTO	EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI IMPIANTI E PRODUZ. IDROELETTRICA C.I.
CODICE INSEGNAMENTO	22318
MODULI	Si
NUMERO DI MODULI	2
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ICAR/01
DOCENTE RESPONSABILE	TUCCIARELLI TULLIO Professore Ordinario Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	TUCCIARELLI TULLIO Professore Ordinario Univ. di PALERMO
CFU	12
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	2
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	TUCCIARELLI TULLIO Lunedì 12:30 13:30 Ufficio in ex Istituto di Idraulica, Viale delle Scienze, Ed.8 Martedì 12:30 13:30 Ufficio in ex Istituto di Idraulica, Viale delle Scienze, Ed.8 Mercoledì 12:30 13:30 Ufficio in ex Istituto di Idraulica, Viale delle Scienze, Ed.8

DOCENTE: Prof. TULLIO TUCCIARELLI

PREREQUISITI	Idraulica di base
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	<p>Conoscenza e capacita' di comprensione: Lo studente al termine del primo modulo del corso avra' conoscenza delle problematiche inerenti la simulazione numerica di processi idrodinamici relativi alle correnti a pelo libero, ai moti di filtrazione, alla dispersione di inquinanti negli acquiferi e nelle reti di condotte. Al termine del secondo modulo lo studente avra' conoscenze nel campo degli impianti idraulici relativi ai processi di moto vario, di efficientamento energetico degli impianti di sollevamento, di produzione idroelettrica.</p> <p>Capacita' di applicare conoscenza e comprensione: Al termine del primo modulo lo studente sara' in grado di effettuare studi per la previsione di condizioni di rischio in concomitanza con eventi alluvionali o per la stima di processi di esaurimento delle falde idriche e di propagazione di inquinanti, attraverso un appropriato utilizzo di software commerciali o di programmazione autonoma nei più semplici casi lineari. Al termine del secondo modulo lo studente sarà in grado di effettuare un dimensionamento ottimale degli impianti di sollevamento, delle condotte idriche e della strumentazione accessoria, nonché di piccoli impianti idroelettrici.</p> <p>Autonomia di giudizio: Lo studente sara' in grado di valutare l'idoneita' dell'uso di uno specifico software per lo studio di processi idrodinamici, nonche' di analizzare criticamente di volta in volta le eventuali migliori soluzioni di intervento e/o miglioramento ambientale per la protezione dal rischio idraulico nel primo modulo e per la valutazione dell'efficienza energetica nel secondo modulo.</p> <p>Abilita' comunicative: Lo studente acquisira' la capacita' di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sara' in grado di sostenere conversazioni su tematiche ambientali e di protezione civile nell'ambito dei processi di moto vario e di propagazione delle piene nel primo moduo e della progettazione degli impianti idroelettrici e di pompaggio nel secondo modulo, sia con i gestori della risorsa idrica che con i tecnici.</p> <p>Capacita' d'apprendimento: Lo studente avra' a disposizione gli strumenti necessari per ulteriori approfondimenti delle tematiche trattate. In particolare, sara' in grado di apprendere le tecniche per la scrittura di codici specifici per la simulazione numerica dei fenomeni in studio, nonche' di approfondirne le problematiche naturalistiche ed ambientali degli impianti idraulici.</p>
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	<p>La valutazione dell'apprendimento viene fatta tramite una sola prova orale per ognuno dei due moduli di insegnamento. Per superare l'esame, ottenere quindi un voto non inferiore a 18/30, lo studente deve dimostrare un raggiungimento elementare degli obiettivi. Gli obiettivi raggiunti si considerano elementari quando l'esaminando/a dimostra di avere acquisito una conoscenza di base degli argomenti descritti nel programma, e' in grado di operare minimi collegamenti fra di loro, dimostra di avere acquisito una limitata autonomia di giudizio, il suo linguaggio e' sufficiente a comunicare con gli esaminatori. Per conseguire un punteggio nei range 18-23, 24-26 e 27-30 lo studente deve dimostrare di avere raggiunto gli obiettivi richiesti in misura rispettivamente sufficiente, buona, molto buona. Per conseguire un punteggio pari a 30/30 e lode, lo studente deve invece dimostrare di aver raggiunto in maniera eccellente gli obiettivi previsti. Gli obiettivi raggiunti si considerano eccellenti quando l'esaminando/a ha acquisito la piena conoscenza degli argomenti del programma, dimostra di saper applicare la conoscenza acquisita anche in contesti differenti /nuovi/avanzati rispetto a quelli propri dell'insegnamento, si esprime con competenza lessicale anche nell' ambito del linguaggio specifico di riferimento ed e' in grado di elaborare ed esprimere giudizi autonomi fondati sulle conoscenze acquisite.</p>
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali ed esercitazioni in aula, visita in laboratorio, visita tecnica in impianto

**MODULO
IDRODINAMICA DELLE RETI E DEI CORPI IDRICI NATURALI**

Prof. TULLIO TUCCIARELLI

TESTI CONSIGLIATI

1. Whitham G., B. Linear and non linear waves. Wiley, New York. 1974. ISBN:9780471359425. Any edition
2. Abbott, M.B., Minns A.W., Computational Hydraulics, Taylor and Francis, 1999. ISBN: 0291398359. Any edition
4. De Marsily, G., Quantitative Hydrogeology: Groundwater Hydrology for Engineers, Academic Press. ISBN: 0122089162. Any edition

Lecture notes

TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50353-Ingegneria civile
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	91
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	59

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Il principale obiettivo e' la formazione relativa ai processi di moto vario in idraulica nelle correnti a pelo libero e negli acquiferi, nonchè di trasporto negli acquiferi e nelle reti idriche, finalizzata all'analisi quantitativa ed alle applicazioni ingegneristiche.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	Richiami di calcolo numerico ed algebra matriciale finalizzati al contenuto del corso.
2	Richiamo sui profili di rigurgito in condizioni stazionarie nelle correnti a pelo libero. Soglie e restringimenti. Correnti stazionarie monodimensionali con portata variabile.
2	Il risalto idraulico in condizioni stazionarie ed in condizioni di moto vario. Propagazione dello shock. Ipotesi di conservazione della quantità di moto e di dissipazione localizzata dell'energia. Celerità del risalto in condizioni di piccole altezze o di tiranti iniziali nulli.
2	Analisi funzionale dei sistemi di equazioni differenziali quasi-lineari. Esempio del colpo d'ariete.
2	Equazioni di Saint Venant per modelli 1D di acque basse. Applicazione del metodo delle linee caratteristiche per il calcolo della celerità dello shock e per la scelta delle appropriate condizioni al contorno.
2	Modelli semplificati 1D di acque basse. Condizioni al contorno. Metodo di Muskingam-Cunge per la soluzione delle equazioni nell'ipotesi diffusiva. Il cappio di piena. Modelli cinematici. Lo shock cinematico. Confronto fra i modelli semplificati 1D di acque basse.
2	Misure di portata in alvei naturali
3	Modelli bidimensionali completi e semplificati; cenno ai modelli idrologici. Propagazione delle piene in ambito urbano; modelli duali. Selezione del tipo di modello per la simulazione degli eventi di piena.
2	Flusso e trasporto nei mezzi porosi: Il moto dell'acqua nelle rocce e nei mezzi porosi; tipologie di acquiferi. Legge di Darcy ed equazione della filtrazione; mezzi isotropi ed anisotropi.
2	Modelli di filtrazione 3D e 2D. Ipotesi di Dupuit. Trasmissività e coefficiente di immagazzinamento. Condizioni al contorno. Modellazione di argini e dighe. Generazione della mesh. Condizione di Delaunay per mesh triangolari.
2	Soluzioni semi-analitiche. Curva di Theis ed approssimazione di Jacob per la soluzione di un pozzo con simmetria radiale. Stima dei coefficienti di trasmissività e di storage attraverso misure in condizioni di moto vario.
2	Il metodo agli elementi finiti per la soluzione del problema di flusso nelle acque sotterranee nel caso 2D. Celle di Voronoi. Significato fisico delle equazioni FEM. Costruzione delle matrici di capacità e rigidità con reticoli triangolari
1	Metodo ai volumi finiti (FV) ed agli elementi finiti misti ibridi (MYFEM) per la soluzione del problema 2D. Confronto fra FEM, VO e MYFEM.
2	Modelli di trasporto nelle acque sotterranee. Convezione, diffusione e dispersione. Metodi stocastici. Metodi numerici per la soluzione di problemi convettivo-diffusivi.
1	Interfaccia acqua dolce- acqua salata negli acquiferi costieri. Il cuneo salino e la legge di Ghyben-Herzberg.

ORE	Esercitazioni
2	Esercitazione sul tracciamento dei profili idrici stazionari con alvei a portata variabile.
2	Calcolo della celerità del risalto idraulico nell'ipotesi di conservazione dell'energia. Calcolo del livello idrico immediatamente a valle e monte di una soglia e di un restringimento.
3	Tracciamento delle curve caratteristiche di moto uniforme in un alveo con sezione complessa.
6	Applicazione del modello 2D WEC-FLOOD per la perimetrazione delle aree allagate. Costruzione dei file di input mediante l'utilizzo di software open-source.

4	Applicazione del modello 2D WEC-FLOOD per la perimetrazione delle aree allagate. Simulazioni, lettura dell'output, analisi di sensitività e conclusioni.
2	Misura della portata mediante analisi di livelli idrici in condizioni di moto vario per un caso di studio.
2	Costruzione delle matrici di rigidezza e di capacità ed assemblaggio della matrice finale per un modello di filtrazioni con pochi nodi.
3	Confronto delle soluzioni FEM, VO e MYFEM per un modello di filtrazione con pochi nodi.
2	Stima della trasmissività e del coefficiente di immagazzinamento a partire da misure di campo applicando l'equazione di Jacob.
3	Visita del laboratorio di idraulica e presentazione di casi studio di modellazione di piene.

MODULO
PRODUZIONE IDROELETTRICA E EFFICIENTAMENTO ENERGETICO DEGLI IMPIANTI IDRAULICI

Prof. TULLIO TUCCIARELLI

TESTI CONSIGLIATI

. Warnick C.C., Hydropower Engineering, Prentice Hall. ISBN 0134484983. Any edition

Lecture notes

TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50353-Ingegneria civile
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	91
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	59

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Il principale obiettivo e' la formazione relativa allo studio dei processi idrodinamici nelle reti idriche e negli impianti idraulici, con particolare attenzione all'efficientamento energetico degli stessi ed alla produzione idroelettrica.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
7	Reti idriche in condizioni stazionarie: Richiamo alla legge di bilancio dell'energia e di conservazione della massa. Reti di condotte. Equazioni di governo a portata spillata o a pressione nota ai nodi. Modellazione delle perdite idrauliche. Metodi di risoluzione: di Hardy-Cross, dei flussi, dei potenziali. Criteri di scelta dell'algoritmo di risoluzione. Modellazione di pompe, valvole, strozzature e turbine. Trasporto di inquinanti nelle reti di condotte.
4	Oscillazioni di massa: Oscillazioni di massa in galleria. Pozzi piezometrici, strozzature e loro dimensionamento. Oscillazioni di massa in condotte di sollevamento. Casse d'aria, strozzature e loro dimensionamento.
8	Moto vario nelle condotte in pressione: Richiamo dell'equazione del moto e di continuita' per una corrente in pressione di liquido debolmente comprimibile. Ipotesi semplificative. Propagazione dello shock. Andamento spazio-temporale della sovrapressione di colpo d'ariete nel caso di chiusura istantanea dell'otturatore. Elementi di analisi funzionale per la soluzione di sistemi di equazioni differenziali in presenza di shock: sistemi quasi-lineari, direzioni caratteristiche ed equazioni di compatibilita'. Condizioni al contorno e soluzioni analitiche nel caso di equazioni omogenee. Cenno alle soluzioni numeriche nel caso di equazioni non omogenee e termini di resistenza significativi. Applicazione alla soluzione delle equazioni di colpo d'ariete. Soluzione nel caso di velocita' note all'otturatore (equazione di Allievi). Soluzione nel caso di legge di efflusso nota all'otturatore. Soluzione nel caso di resistenze al moto non trascurabili. Moto vario nelle reti di condotte.
3	Equazioni di Navier Stokes per fluidi incomprimibili. Condizioni al contorno. Strato limite laminare e turbolento. Generazione della mesh di calcolo.
8	Pompe e turbine: Generalita' sulle turbine e sulle pompe. Cenno ai generatori sincroni ed asincroni ed alle modalita' di collegamento alla rete in modalita' stand-alone o grid-connected. Principali tipi di pompe e turbine, ad azione e a reazione. Legge di affinita'. Uso degli inverter per il sollevamento idrico tramite pompe. Turbine Cross-Flow. Equazione di Eulero per le turbomacchine. Relazione fra potenza, portata e velocita' di ingresso/uscita dal canale di una girante. Potenza massima e rendimento (Best Efficiency Point). Curva caratteristica e regolatore di portata. Uso degli inverter per aumento dell'efficienza nelle turbine. Progettazione di un impianto idroelettrico da presa fluviale o al termine di una condotta di alimentazione di un serbatoio cittadino.
ORE	Esercitazioni
3	Esercitazioni sulle reti di condotte in condizioni stazionarie
3	Soluzione di un problema di colpo d'ariete in condotte lisce e scabre
9	Progettazione di una turbina Cross-Flow per assegnata portata e salto utile.
6	Visita di un impianto mini-hydro in laboratorio e visita tecnica di uno o più impianti idraulici in provincia di Palermo
3	Calcolo delle oscillazioni in un pozzo piezometrico mediante l'ausilio di un foglio excel
3	Dimensionamento e verifica di una cassa d'aria con l'ausilio di un foglio excel
3	Soluzione di un problema di flusso mediante il software commerciale ANSYS-CFX