



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2017/2018

## IDROLOGIA E SISTEMAZIONI IDRAULICHE

Anno immatricolazione	2017/2018
Anno offerta	2017/2018
Normativa	DM270
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA
Corso di studio	INGEGNERIA CIVILE
Curriculum	Idraulico
Anno di corso	1°
Periodo didattico	Annualità Singola (02/10/2017 - 15/06/2018)
Crediti	12
Lingua insegnamento	Italiano

L'insegnamento è suddiviso

502527 - IDROLOGIA

502567 - SISTEMAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2017/2018

## IDROLOGIA

<b>Anno immatricolazione</b>	2017/2018
<b>Anno offerta</b>	2017/2018
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ICAR/02 (COSTRUZIONI IDRAULICHE E MARITTIME E IDROLOGIA)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA CIVILE
<b>Curriculum</b>	Idraulico
<b>Anno di corso</b>	1°
<b>Periodo didattico</b>	Primo Semestre (02/10/2017 - 19/01/2018)
<b>Crediti</b>	6
<b>Ore</b>	45 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	CREACO ENRICO FORTUNATO (titolare) - 6 CFU
<b>Prerequisiti</b>	<p>ANALISI MATEMATICA: Concetti di funzione, limite, derivata, integrale. Elementi di calcolo combinatorio. Concetto di equazione differenziale, in particolare lineare a coefficienti costanti. Concetto di funzione di più variabili, di derivata parziale e di equazione alle derivate parziali. Ricerca del massimo (incondizionato) di una funzione di una o più variabili. Conoscenze operative: calcolo di derivate e integrali semplici e uso delle tavole matematiche di limiti, derivate e integrali indefiniti e definiti. GEOMETRIA E ALGEBRA: Nozioni elementari di trigonometria. Geometria analitica elementare nel piano e nello spazio. Concetto di scala lineare e non lineare. Matrici e sistemi di equazioni algebriche. Conoscenze operative: applicazioni elementari di trigonometria e di geometria (compreso il calcolo delle aree). Rappresentazione grafica di funzioni, anche con scale non lineari (sopra tutto scale logaritmiche). FISICA: Misura delle grandezze fisiche e unità di misura. Concetti fondamentali sugli stati di aggregazione della materia e sulle proprietà fisiche dei corpi (densità, viscosità, capillarità). Concetti elementari di</p>

termodinamica: scambio di calore, calore specifico, calore di vaporizzazione e di fusione, tensione di vapore e pressione parziale di vapore. Principi della termodinamica. Principio di conservazione della massa e principio di conservazione dell'energia. FISICA MATEMATICA: Grandezze scalari e vettoriali. Somma e differenza di due vettori. Scomposizione di un vettore nel piano e nello spazio. Prodotto scalare e vettoriale. Natura vettoriale delle forze. Momento di una forza rispetto a un punto e rispetto a un asse. Composizione di forze. Momenti (dei diversi ordini) di figure piane. Baricentro e momento d'inerzia. Equazioni cardinali della statica e della dinamica. Conoscenze operative: composizione di forze, calcolo (anche approssimato) del momento statico e del momento d'inerzia. INFORMATICA: Preparazione e modifica di un file di dati. Uso di un programma eseguibile.

#### Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire le nozioni indispensabili per poter affrontare i problemi idrologici che più comunemente si presentano nell'ingegneria: analisi della disponibilità d'acqua e analisi delle piene. Fornisce anche gli elementi di statistica necessari ad adeguare la progettazione delle opere al grado di rischio voluto.

#### Programma e contenuti

Lezioni  
(40 ore)

Introduzione al corso. Origine e classificazione delle precipitazioni. Temporalità, uragani. I fattori del regime pluviometrico. I regimi pluviometrici italiani.

Pluviometri. Tabelle degli Annali Idrologici con osservazioni pluviometriche. Calcolo dell'afflusso meteorico a un bacino (con diversi metodi).

Variabili casuali, probabilità e assiomi, probabilità di non superamento e densità di probabilità.

Il bacino idrografico: definizione e caratteristiche principali. Forme di scorrimento. La determinazione del tempo di corrivazione.

Parametri delle distribuzioni, momenti. Variabili funzioni di variabili casuali. Il tempo di ritorno. La distribuzione binomiale.

Le perdite del bacino e le forme di immagazzinamento dell'acqua.

L'immagazzinamento nelle depressioni superficiali (cenni). La legge di Dalton. I fattori dell'evaporazione e l'evaporazione a regime.

Evaporimetri (cenni). Diverse forme di evaporazione (cenni).

Evapotraspirazione reale e potenziale. Cenni sull'infiltrazione.

La distribuzione normale e altre distribuzioni di variabile continua.

La determinazione pratica delle perdite.

Il problema dell'inferenza. Frequenza, momenti del campione.

Determinazione della funzione di probabilità. Carte probabilistiche.

Stima dei parametri. Il metodo dei momenti.

Portate e livelli. Idrometri e idrometrografi. Mulinelli. Calcolo della portata. Scale delle portate.

I test statistici. Il test di adattamento di Pearson.

I regimi di deflusso dei corsi d'acqua italiani. Tabelle degli Annali Idrologici con osservazioni idrometriche. Analisi dell'idrogramma di piena.

Analisi statistiche delle piene: classificazione. Le analisi statistiche locali.

Relazione tra massimi annuali delle portate al colmo e delle portate

medie giornaliere. La distribuzione della portata massima in N anni. Dipendenza dell'altezza di pioggia dalla durata e dall'area. Ietogrammi di progetto.

La trasformazione afflussi-deflussi. Modelli e relazioni matematiche. Il metodo razionale. Modelli concettuali ed empirici. Modelli completi e di piena. La determinazione della pioggia netta e del deflusso di pioggia. Sistemi lineari e stazionari. L'idrogramma unitario istantaneo e l'applicazione ai modelli del deflusso di pioggia. La discretizzazione dell'idrogramma unitario istantaneo.

Modelli lineari e stazionari in serie e in parallelo. Canale lineare e modello della corrivazione. Serbatoio lineare, invaso lineare e modello di Nash.

La determinazione del modello: scelta del tipo e individuazione dei parametri. Il metodo dei minimi quadrati e quello dei momenti.

Illustrazione di diapositive relative a strumenti e metodi di misura.

Esercitazioni

(12 ore)

Es. n. 1. La determinazione della portata al colmo con tempo di ritorno assegnato con la legge di Gumbel (esecuzione in aula).

Es. n. 2 (prima parte, in aula informatica). La determinazione della portata al colmo con tempo di ritorno assegnato con leggi diverse e l'individuazione della distribuzione di probabilità del massimo in N anni (uso del programma MASSIMI).

Es. n. 2 (seconda parte, in aula). La determinazione della portata al colmo con tempo di ritorno assegnato: scelta della legge e individuazione della distribuzione di probabilità del massimo in N anni (analisi e utilizzazione dei risultati, esecuzione manuale).

Es. n. 3 (in aula). Determinazione della curva di possibilità climatica.

Es. n. 4 (in aula informatica). La determinazione della curva di possibilità climatica e degli ietogrammi di progetto (uso del programma PIOGGIA).

Es. n. 5 (in aula informatica). L'individuazione dell'idrogramma unitario istantaneo di un modello concettuale con il metodo dei momenti (uso del programma IUH) e la ricostruzione dell'onda di piena.

#### Metodi didattici

Lezioni (ore/anno in aula): 40

Esercitazioni (ore/anno in aula): 12

Attività pratiche (ore/anno in aula): 0

#### Testi di riferimento

I programmi di calcolo e il materiale utilizzato per le lezioni possono essere scaricati da Internet.

V.T. Chow, D.R. Maidment, L.W. Mays. Applied Hydrology. New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1988.

R.K. Linsley, M.A. Kohler, J.L.H. Paulus. Applied Hydrology. New York, Mc Graw-Hill Book Company, 1949.

U. Maione, U. Moisello. Elementi di statistica per l'idrologia. Pavia, la Goliardica Pavese, 1993.

	U. Moisello. Idrologia tecnica. Pavia, Medea, 2014.
<b>Modalità verifica apprendimento</b>	L'esame di profitto consiste in una prova scritta, con quattro domande di teoria ed un esercizio.
<b>Altre informazioni</b>	L'esame di profitto consiste in una prova scritta, con quattro domande di teoria ed un esercizio.
<b>Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile</b>	<a href="#">\$Ibl legenda sviluppo sostenibile</a>



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2017/2018

## SISTEMAZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

<b>Anno immatricolazione</b>	2017/2018
<b>Anno offerta</b>	2017/2018
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ICAR/02 (COSTRUZIONI IDRAULICHE E MARITTIME E IDROLOGIA)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA
<b>Corso di studio</b>	INGEGNERIA CIVILE
<b>Curriculum</b>	Idraulico
<b>Anno di corso</b>	1°
<b>Periodo didattico</b>	Secondo Semestre (05/03/2018 - 15/06/2018)
<b>Crediti</b>	6
<b>Ore</b>	53 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	BOLLINI FULVIO (titolare) - 6 CFU
<b>Prerequisiti</b>	Analisi matematica, Fisica, Idraulica, Idrologia
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>L'insegnamento si propone di fornire sia le nozioni indispensabili alla soluzione dei problemi idrologici che più comunemente si presentano nell'ingegneria, con particolare riferimento all'analisi delle piene, sia gli elementi fondamentali dell'utilizzazione, della difesa e del risanamento del territorio. Alla fine del corso lo studente deve essere in grado di riconoscere i problemi e di proporre le opportune soluzioni nel campo dell'irrigazione, del drenaggio, della bonifica idraulica, dell'erosione e delle sistemazioni idrauliche di un corso d'acqua per la difesa, conservazione e risanamento del territorio e per una sua corretta utilizzazione antropica nel rispetto dell'ambiente</p>
<b>Programma e contenuti</b>	<p>Lezioni (30 ore)</p> <p>Introduzione al corso (2 ore)</p>

Opere e interventi costituenti le sistemazioni idrauliche o sistemazioni dei bacini idrografici e loro finalità. Definizione, delimitazione e caratteristiche di un bacino idrografico (richiami). Caratteristiche di un corso d'acqua. Rappresentazione cartografica e fotografica di un bacino idrografico e di un corso d'acqua.

Il sistema acqua-terreno (4 ore)

Costituzione e funzioni del terreno. Caratteristiche fisico meccaniche del terreno: tessitura, struttura, umidità, densità e porosità. Caratteristiche idrodinamiche del terreno: permeabilità, infiltrazione e capillarità.

Irrigazione (6 ore)

Rapporti tra acqua e terreno: potenziale capillare, umidità e costanti di umidità, frazioni acquose del terreno, acqua utile alle piante, curve specifiche dei terreni, adattamento del terreno. Rapporti tra acqua e pianta: traspirazione vegetale, evaporazione dal terreno, evapotraspirazione. Parametri dell'irrigazione: portata specifica d'adattamento, turno distributivo, corpo d'acqua, orario. Terminologia, tipi e metodi di irrigazione, manufatti e opere accessorie (di presa, di regolazione, di erogazione, di misura).

Drenaggio e bonifica idraulica (6 ore)

Drenaggio naturale, affossatura e drenaggio artificiale. Eccessi d'acqua nel terreno dovuti alle piogge, alla falda freatica e all'irrigazione. Tipi di drenaggio: profondo (orizzontale, verticale) e superficiale. Tipologie e modalità costruttive. Cenni di idraulica dei pozzi. Criteri di dimensionamento dei moduli drenanti orizzontali.

Cenni storici sulla bonifica e tipologie. Elementi fondamentali della bonifica idraulica. Criteri e fasi progettuali. Afflusso idrico dovuto alle piogge: curva di probabilità pluviometrica (richiami). Dimensionamento di una rete di bonifica. Determinazione della portata di progetto: metodi statistici, modelli di trasformazione afflussi deflussi, metodo cinematico, metodo del volume d'invaso (richiami). Tipi di bonifica. Caratteristiche e manutenzione dei canali di bonifica. Impianti idrovori.

Sicurezza idraulica e difesa dalle piene (4 ore)

Il rischio idraulico. I problemi della difesa idraulica. Interventi per la difesa dalle piene: strutturali e non strutturali. Interventi strutturali: interventi di incremento della capacità di convogliamento (mediante scavo e/o arginature), interventi per la riduzione delle portate mediante ripartizione delle portate di piena (canali scolmatori o diversivi) o mediante laminazione (vasche di laminazione, casse di espansione in linea e in derivazione). Interventi non strutturali: pianificazione a scala di bacino e di distretto idrografico, Piano per l'Assetto Idrogeologico, pianificazione territoriale, sistemi di monitoraggio e trasmissione dati per il preannuncio delle piene, interventi di messa in sicurezza.

Erosione del suolo (2 ore)

Il problema: cause e grandezze fisiche in gioco, distribuzione spazio-temporale. Fenomenologia dell'erosione idrica. Forme erosive e fattori che le influenzano. Modelli interpretativi: l'equazione universale U.S.L.E.. Valori limiti ammissibili, strategie e metodologie di intervento conservativo. Tipologie e dimensionamento di terrazzi.

### Sistemazione idraulica dei torrenti e dei versanti (6 ore)

Generalità sui bacini montani e sui torrenti, classificazione dei torrenti. Trasporto solido, condizione di moto incipiente e pendenza di equilibrio. Opere per il controllo dell'erosione e del trasporto solido: briglie, soglie, difese spondali, piazze di deposito. Criteri di dimensionamento idraulico (cenni). Interventi sui versanti: regimazione delle acque superficiali, sistemazioni idraulico-forestali con tecniche di Ingegneria Naturalistica (cenni).

### Esercitazioni (18 ore)

- Es. n. 1. Dimensionamento di un canale d'irrigazione, portata erogata da una tubazione. Portata massima veicolabile in un canale a pelo libero a sezione trapezia simmetrica, non simmetrica e con banchine. Portata massima veicolabile in una condotta a sezione circolare piena o parzialmente piena. Scala di portata.
- Es. n. 2. Modalità di misura e determinazione delle portate dispensate a gravità. Determinazione di massima del volume di adacquamento di un comprensorio irriguo. (2 ore)
- Es. n. 3. Drenaggio superficiale e drenaggio orizzontale profondo. Dimensionamento di un drenaggio di falda orizzontale: numero, base e spaziatura dei dreni. Dimensionamento rete e collettore. (2 ore)
- Es. n. 4. Drenaggio verticale. Dimensionamento di un drenaggio di falda mediante pozzi: numero, potenzialità e posizione pozzi. (4 ore)
- Es. n. 5. Portata di progetto di un canale emissario di un comprensorio di bonifica: determinazione della portata di progetto di un canale emissario di un comprensorio di bonifica (formula del Turazza), con assegnati tempi di ritorno e stima del rischio di insufficienza. (4 ore)
- Es. n. 6. Canali di bonifica e vasche di laminazione: dimensionamento di un canale di bonifica; dimensionamento di una vasca di laminazione col metodo delle sole piogge. (2 ore)
- Es. n. 7. Vasche di laminazione e opere accessorie. Dimensionamento di una vasca di laminazione col metodo cinematico, dimensionamento di un ripartitore a soglia (sfioratore laterale). (2 ore)

#### Metodi didattici

Lezioni frontali (ore/anno in aula): 30  
Esercitazioni (ore/anno in aula): 18  
Attività pratiche (ore/anno in aula): 0

#### Testi di riferimento

Le schede didattiche proiettate a lezione sono, di volta in volta, disponibili sulla piattaforma Kiro e scaricabili, così come i testi delle esercitazioni e le soluzioni delle prove d'esame; possono essere utili le dispense del corso tenuto, sino all'anno accademico 2013-14, dal Prof.ing. Mario Fugazza.

C. Costantinidis. Bonifica ed Irrigazione. Edagricole, 1970.

AA.VV.. Drainage principles and applications. ILRI, Wageningen, The Netherland, 1983.

G. Ongaro. Il calcolo delle reti idrauliche di bonifica. Edagricole, 1958.

G. Supino. Le reti idrauliche. Patron, 1965.



G. Benini. Sistemazioni Idraulico forestali. UTET, 1990.

V. Ferro. La Sistemazione dei bacini Idrografici. Mc Graw-Hill, 2002.

**Modalità verifica apprendimento**

L'esame consiste in una prova scritta, suddivisa in una parte teorica (da 3 a 10 domande a risposta aperta) e in una parte pratica (da 1 a 3 esercizi)

A ciascuna delle due parti è attribuito un voto in trentesimi. Il voto della prova scritta è dato dalla media dei punteggi conseguiti nelle due parti, a condizione che in ciascuna delle due parti si sia conseguito un punteggio  $\geq 12/30$ . Se il voto d'esame risultasse sufficiente, ma in una delle due parti si fosse conseguito un punteggio  $\leq 12/30$ , per superare l'esame lo studente dovrebbe sostenere una prova orale. In questo caso, il voto sarebbe quello deciso dalla commissione a seguito della prova orale. Lo studente che, invece, abbia superato la prova scritta, potrebbe cercare di migliorare la votazione con una prova orale. In questo caso, il voto d'esame sarebbe dato dalla media dei punteggi conseguiti nelle due prove una volta sostenuta quella orale.

**Altre informazioni**

L'esame consiste in una prova scritta, suddivisa in una parte teorica (da 3 a 10 domande a risposta aperta) e in una parte pratica (da 1 a 3 esercizi)

A ciascuna delle due parti è attribuito un voto in trentesimi. Il voto della prova scritta è dato dalla media dei punteggi conseguiti nelle due parti, a condizione che in ciascuna delle due parti si sia conseguito un punteggio  $\geq 12/30$ . Se il voto d'esame risultasse sufficiente, ma in una delle due parti si fosse conseguito un punteggio  $\leq 12/30$ , per superare l'esame lo studente dovrebbe sostenere una prova orale. In questo caso, il voto sarebbe quello deciso dalla commissione a seguito della prova orale. Lo studente che, invece, abbia superato la prova scritta, potrebbe cercare di migliorare la votazione con una prova orale. In questo caso, il voto d'esame sarebbe dato dalla media dei punteggi conseguiti nelle due prove una volta sostenuta quella orale.

**Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile**

[\\$bl\\_legenda\\_sviluppo\\_sostenibile](#)