

**Guide ai programmi
dei corsi 1995/96**

POLITECNICO DI TORINO



**Ingegneria per
l'ambiente e il territorio**

Le *Guide* sono predisposte sulla base dei testi forniti dai Consigli di settore e di corso di laurea.

I Facoltà di ingegneria

Preside: prof. Pietro Appendino

Corso di laurea

Ingegneria aeronautica
Ingegneria per l'ambiente e il territorio

Ingegneria chimica

Settore civile/edile:

Ingegneria civile

Ingegneria edile

Ingegneria elettrica

Ingegneria gestionale

Settore dell'informazione:

Ingegneria delle telecomunicazioni

Ingegneria elettronica

Ingegneria informatica

Ingegneria dei materiali

Ingegneria meccanica

Ingegneria nucleare

Presidente

(coordinatore)

Prof. Gianfranco Chiocchia

Prof. Antonio Di Molfetta

Prof. Vito Specchia

Prof. Giovanni Barla

Prof. Giovanni Barla

Prof. Secondino Coppo

Prof. Roberto Napoli

Prof. Agostino Villa

Prof. Paolo Prinetto

Prof. Mario Pent

Prof. Carlo Naldi

Prof. Paolo Prinetto

Prof. Carlo Gianoglio

Prof. Rosolino Ippolito

Prof. Evasio Lavagno

II Facoltà di ingegneria (sede di Vercelli)

Preside: prof. Antonio Gugliotta

Corso di laurea

Ingegneria civile

Ingegneria elettronica

Ingegneria meccanica

Coordinatore

Prof. Riccardo Nelva

Prof. Luigi Ciminiera

Prof. Maurizio Orlando

L'edizione 1995/96 delle *Guide ai programmi*. Per esplicita richiesta del *Comitato paritetico per la didattica*, questa edizione si basa su una pressoché completa riscrittura dei testi da parte dei docenti, nell'intento di dare maggiori dettagli sui contenuti e lo svolgimento dei singoli insegnamenti. L'insieme delle *Guide* assomma ora ad oltre 2000 pagine, costituendo una ricca fonte d'informazione sull'offerta didattica; nonostante la massima cura posta nell'edizione, inevitabili sono sviste ed errori residui, ed il CIDEM è fin d'ora grato a docenti e studenti che vorranno segnalarli.

Edito a cura del CIDEM

Centro Interdipartimentale di Documentazione e Museo del
Politecnico di Torino

Corso Duca degli Abruzzi 24 – 10129 Torino

Tel. 011.564'6601 – Fax 011.564'6609 – e-mail cid@polito.it

Stampato nel mese di ottobre 1995

Litografia Geda – Via Villa Glori 6 – Torino

Indice

5	Presentazione
	Programmi degli insegnamenti
21	obbligatorî (comuni e d'indirizzo)
77	d'orientamento o a scelta
191	Tavola alfabetica dei docenti
201	Tavola alfabetica degli insegnamenti

Le Guide ai programmi dei corsi di laurea in ingegneria. Scopo fondamentale dei presenti opuscoli è quello di orientare gli studenti nella scelta dei piani di studio. In un momento particolarmente arduo di riforma e di scelte di sviluppo dell'assetto universitario, gli studenti devono poter decidere con il massimo della chiarezza, per potersi adeguare alle innovazioni, ed eventualmente anno per anno farsi ragione e modificare le scelte a seguito delle più specifiche verifiche attitudinali.

Nel 1995/96 sono attivati a Torino tredici *corsi di laurea* (elenco alla pagina a fronte). Per permettere l'approfondimento di competenze metodologiche e di tecniche progettuali realizzative e di gestione in particolari campi, i corsi di laurea possono essere articolati in indirizzi ed orientamenti. Dell'*indirizzo* eventualmente seguito viene fatta menzione nel certificato di laurea, mentre gli *orientamenti* corrispondono a differenziazioni culturali, di cui invece non si fa menzione nel certificato di laurea; gli orientamenti vengono definiti annualmente dai competenti *Consigli dei corsi di laurea*, e ne viene data informazione ufficiale mediante il *Manifesto degli studi*. Nelle pagine di queste *Guide*, di ciascun corso di laurea viene data una breve descrizione, e viene illustrato il programma di attuazione degli orientamenti previsti per ogni indirizzo.

Gli insegnamenti. Il nuovo ordinamento didattico¹ prevede diversi tipi di insegnamenti, distinti in monodisciplinari, monodisciplinari a durata ridotta (nel seguito indicati come corsi ridotti), e integrati. Un *insegnamento monodisciplinare* è costituito da 80-120 ore di attività didattiche (lezioni, esercitazioni, laboratori, seminari ecc.) e corrisponde ad una unità didattica o annualità. Un *corso ridotto* è costituito da 40-60 ore di attività didattiche e corrisponde a mezza annualità. Un *corso integrato* è costituito da 80-120 ore di attività didattiche e corrisponde ad una annualità; esso è svolto - in moduli coordinati di almeno 20 ore ciascuno - da due o, al massimo, tre professori che fanno tutti parte della commissione d'esame.

Ogni corso di laurea corrisponde a 29 annualità complessive, ripartite, in ognuno dei cinque anni di corso, su due *periodi didattici* (detti anche impropriamente semestri); ogni periodo didattico è di durata pari ad almeno 13 settimane effettive di attività. Un'altra novità introdotta dal DPR 20 maggio 1989² è costituita dal fatto che non sono prescritti specifici insegnamenti (almeno a livello nazionale) per il conseguimento della laurea in un determinato corso di laurea in Ingegneria, ma sono prescritti i numeri mi-

¹ Decreto rettorale 1096 del 1989-10-31, pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 45 del 1990-02-23.

² Pubblicato sulla *Gazzetta ufficiale* n. 186 del 1989-08-10.

nimi di unità didattiche da scegliere in determinati raggruppamenti disciplinari consistenti in *gruppi*³ di discipline affini. Lo stesso nuovo Statuto stabilisce l'articolazione dei vari corsi di laurea in termini di *gruppi* e di *unità didattiche*, cosicché ogni Consiglio di corso di laurea può più facilmente adeguare annualmente il piano degli studi alle nuove esigenze richieste dal rapido evolversi delle conoscenze e degli sviluppi tecnologici. Perciò ogni anno i vari Consigli dei corsi di laurea stabiliscono gli insegnamenti ufficiali, obbligatori e non obbligatori, che costituiscono le singole annualità, e le norme per l'inserimento degli insegnamenti non obbligatori, eventualmente organizzati in orientamenti.

Tutte queste informazioni e norme vengono pubblicate ogni anno nel *Manifesto degli Studi* (v. *Guida dello studente*, pubblicata a cura del Servizio studenti).

Finalità e organizzazione didattica dei vari corsi di laurea. Le pagine di queste *Guide* illustrano per ognuno dei corsi di laurea attivati – ed eventualmente per ognuno dei rispettivi indirizzi attivati – le professionalità acquisibili dai laureati, nonché il concetto ispiratore dell'organizzazione didattica, fornendo tracce schematiche di articolazione delle discipline obbligatorie ed esemplificazioni relative ai corsi facoltativi, organicamente inquadrabili nei vari *curricula* accademici.

Ogni corso di laurea (tranne rarissime eccezioni) ha previsto in prima attuazione l'organizzazione di tutti i corsi in periodi didattici. Per quanto concerne l'organizzazione didattica e l'attribuzione dei docenti agli insegnamenti, si segnala ancora che:

- alcuni corsi di laurea introducono già al terzo anno una scelta di corsi di indirizzo o di orientamento, che richiedono la formulazione di un'opzione fra le scelte segnalate: tali opzioni vanno esercitate all'atto dell'iscrizione;
- in relazione a talune difficoltà, che possono verificarsi all'atto dell'accorpamento di taluni CL per le discipline di carattere propedeutico (del primo e secondo anno), non è assicurata la corrispondenza dei docenti indicati con gli effettivi titolari di dette discipline. In alcuni casi, non essendo noto al momento della stampa delle *Guide*, il nome del docente è stato lasciato indeterminato ("Docente da nominare").

L'edizione 1995/96 delle *Guide ai programmi*. Per esplicita richiesta del *Comitato paritetico per la didattica*, questa edizione si basa su una pressoché completa riscrittura dei testi da parte dei docenti, nell'intento di dare maggiori dettagli sui contenuti e lo svolgimento dei singoli insegnamenti. L'insieme delle *Guide* assomma ora ad oltre 2000 pagine, costituendo una ricca fonte d'informazione sull'offerta didattica; nonostante la massima cura posta nell'edizione, inevitabili sono sviste ed errori residui, ed il CIDEM è fin d'ora grato a docenti e studenti che vorranno segnalargli.

³ Questi *gruppi* coincidono con quelli dei raggruppamenti concorsuali per i professori universitari.

Corso di laurea in

Ingegneria per l'ambiente e il territorio

Premessa

Il corso di laurea in *Ingegneria per l'ambiente e il territorio*, pur traendo origine dal soppresso corso di laurea in *Ingegneria mineraria*, di cui utilizza le basi culturali e professionali, ne amplia gli orizzonti e le finalità, ispirandosi anche alle problematiche della gestione del territorio e della tutela e conservazione dell'ambiente, così da presentarsi oggi come un *iter* universitario intersettoriale e differenziato in un ampio spettro, rivolto a formare professionalità che trovano fondamento in discipline tipiche dell'ingegneria civile, di quella industriale, nonché delle scienze della Terra.

Dal punto di vista didattico e professionale il Corso di laurea è articolato in cinque indirizzi notevolmente differenziati:

1. Ambiente
2. Difesa del suolo
3. Georisorse
4. Geotecnologie.
5. Pianificazione e gestione territoriale.

Sulla base di un complesso di discipline propedeutiche e metodologiche comuni a tutti i corsi di laurea in ingegneria, s'innesta la formazione tecnica che porta all'ingegnere

- dell'*Ambiente*, nei suoi tre orientamenti (*Monitoraggio e modellistica ambientale, Processi e impianti, Analisi dei sistemi e dei processi ambientali*),
- della *Difesa del suolo*, con due orientamenti (*Regimentazione delle acque, Stabilità del suolo*),
- delle *Georisorse*, con due orientamenti (*Risorse solide, Risorse fluide*),
- delle *Geotecnologie*, per ora senza orientamenti attivati
- della *Pianificazione e gestione territoriale*, con tre orientamenti (*Urbanistica, Infrastrutture, Uso delle risorse*).

Professionalità connesse al Corso di laurea

Ambiente

Caratteristica peculiare dell'indirizzo *Ambiente* è una formazione a carattere ampiamente multidisciplinare, finalizzata a fornire gli strumenti culturali e progettuali, ad ampio spettro, necessari per affrontare in modo sistemico le problematiche ambientali. La figura professionale connessa a questo indirizzo è caratterizzata dalla conoscenza approfondita dei fenomeni che hanno luogo a seguito dell'immissione nell'atmosfera, nei corpi idrici e sul suolodi effluenti di varia natura, originati dalle diverse attività umane.

La formazione di base consente di valutare le interazioni con l'ambiente di un dato sistema o di un dato impianto e fornisce inoltre gli strumenti metodologici e le conoscenze tecniche per gli interventi di salvaguardia.

Sulla base formativa comune si sviluppano diverse possibilità di approfondimento professionale, che corrispondono agli orientamenti sopra menzionati:

1. Monitoraggio e modellistica ambientale,
2. Processi ed impianti,
3. Analisi dei sistemi e dei processi ambientali.

Il primo (*Monitoraggio e modellistica ambientale*) è preferenzialmente orientato alla analisi dello stato dell'ambiente e degli effetti antropici su di esso, al monitoraggio ed al controllo ambientale, alla valutazione di impatto ambientale e conseguente progettazione di interventi di bonifica e ripristino.

Il secondo orientamento (*Processi ed impianti*) è mirato alla tecnologia per la salvaguardia ambientale e pertanto sviluppa l'analisi di processi, le tecniche di trattamento degli effluenti e di smaltimento dei rifiuti tossici e non, le analisi di sicurezza e le valutazioni del rischio ambientale con le relative tecniche di prevenzione, le analisi tecnico-economiche comparate delle diverse opzioni.

Il terzo orientamento (*Analisi dei sistemi e dei processi ambientali*) è invece più rivolto alla analisi dei sistemi e dei processi ambientali e delle tecniche di studio idonee sia alla valutazione preventiva del rischio, sia alla pianificazione delle misure di mitigazione degli effetti indotti dalla degradazione dell'ambiente.

Difesa del suolo

La figura professionale dell'ingegnere dell'indirizzo *Difesa del suolo* è quella di un esperto nella progettazione e gestione dei sistemi di controllo dei suoli e delle strutture soggette a degrado per fenomeni naturali e per interventi antropici, così come nell'interazione fra acque superficiali e sotterranee, le strutture ed i suoli stessi.

Gli approfondimenti professionali corrispondono agli orientamenti generali:

1. Regimentazione delle acque,
2. Stabilità del suolo.

Il primo (*Regimentazione delle acque*) si riferisce soprattutto alla progettazione di opere di difesa fluviale e marittima, per la regolazione del deflusso delle acque interne e la conservazione dei litorali, all'organizzazione e conduzione tecnica delle operazioni connesse a tali opere, anche in rapporto alla sicurezza del lavoro ed all'interferenza con l'assetto del territorio.

Il secondo (*Stabilità del suolo*) concerne la stabilità delle formazioni rocciose in funzione della loro costituzione e morfologia, nonché il rilievo e monitoraggio delle deformazioni dei suoli, al fine di progettare sistemi di sostegno e consolidamento di versanti naturali ed opere di sbancamento legate all'idrologia superficiale ed all'idrogeologia. Anche in questo caso l'organizzazione delle operazioni connesse con il ripristino e la bonifica dei terreni – talora a seguito di eventi geologici parossistici – prevede una buona conoscenza delle condizioni operative dei cantieri, nel quadro della sicurezza del lavoro.

Georisorse

L'indirizzo è specificamente rivolto alla preparazione di un ingegnere competente nella ricerca, produzione e valorizzazione delle risorse minerarie non energetiche (minerali metalliferi ed "industriali", materiali litoidi), delle risorse minerarie energetiche (solide,

liquide e gassose) e delle risorse idriche sotterranee. Le discipline ad esso afferenti debbono fornire conoscenze tecniche atte a formare un ingegnere di progetto, di campo e di controllo tecnico-gestionale per i seguenti fini:

- prospezione e orientamento geognostico ;
- lavori di cava e di miniera (macchine, esplosivi, armature, impianti di trasporto, di servizio e di trattamento);
- progettazione strutturale e tecnico-impiantistica, organizzazione e conduzione tecnico-economica dei lavori;
- sicurezza, ergonomia ed igiene del lavoro, provvedimenti anti-inquinamento e difesa ambientale.

Sono previsti due orientamenti, assai differenziati fra di loro:

1. Risorse solide,
2. Risorse fluide.

In particolare, il primo (*Risorse solide*) prepara la figura dell'ingegnere "minerario" classico, indirizzato verso la progettazione e l'esercizio dell'industria estrattiva, per la coltivazione la valorizzazione dei minerali solidi (metalliferi, energetici ed "industriali") e di rocce per vari usi (pietre da costruzione e decorazione, rocce per aggregati ed inerti).

Il secondo (*Risorse fluide*) intende formare tecnici specialisti nell'ambito della ricerca, coltivazione, produzione e prima elaborazione degli idrocarburi liquidi e gassosi, nonché degli altri fluidi del sottosuolo (acque, vapori endogeni), con particolare riferimento alle risorse energetiche e non.

Geotecnologie

L'indirizzo è specificamente rivolto alla preparazione di un ingegnere professionalmente competente nell'insediamento sul territorio di strutture comportanti scavi a cielo aperto ed in sotterraneo, atte ad ospitare funzioni della vita associata (infrastrutture civili viarie e di servizio, sbarramenti, cave di inerti, gallerie e caverne artificiali). Le discipline ad esso afferenti debbono quindi fornire conoscenze tecniche su quattro argomenti, atti a formare un ingegnere di progetto, di direzione lavori, di cantiere e di controllo tecnico-gestionale.

Anche se sinora non sono stati previsti orientamenti differenziati, l'indirizzo può assumere caratteristiche più progettistiche ovvero di esercizio dei cantieri, per mezzo dell'opportuna scelta delle discipline opzionali. In relazione alla mancanza di orientamenti attivati, in questo indirizzo sono previsti 27 insegnamenti obbligatori e, di conseguenza, due discipline a scelta.

Pianificazione e gestione territoriale

L'indirizzo specifico per la *Pianificazione e gestione territoriale* corrisponde ad una figura professionale di formazione multidisciplinare, atta a mettere in evidenza ed a proporre soluzioni alle problematiche della difesa e dell'uso del territorio, con attenzione non solo all'ambiente fisico, ma anche a quello antropizzato, tenendo quindi conto delle utenze reali della nostra società.

In particolare, il citato indirizzo si articola in due orientamenti, distinti e finalizzati a settori di maggiore specializzazione, in:

1. Infrastrutture,
2. Uso delle risorse

L'orientamento *Infrastrutture* è suggerito per chi intende dedicarsi allo studio od alla realizzazione delle grosse infrastrutture urbanistiche del territorio (strade, idrovie, aeroporti, ferrovie, fognature, distribuzioni di energie, ecc.) ovvero alla valutazione del loro impatto sull'ambiente (conosciuto e non), ed ancora alla difesa del territorio inteso come bene irripetibile.

Infine, l'orientamento *Uso delle risorse* è rivolto a coloro i quali intendono dedicarsi, più in dettaglio, alle problematiche connesse con l'uso del territorio, inteso come risorsa da tutelare e difendere, ad esempio: l'utilizzazione delle cave di prestito e la loro riqualificazione ambientale, con usi congruenti con il territorio circostante.

Articolazione del curriculum accademico

Le possibili differenziazioni professionali dei laureati in *Ingegneria per l'ambiente e il territorio* richiedono d'impostare sequenze didattiche assai varie. Di conseguenza, il substrato culturale comune al Corso di laurea è basato su discipline metodologiche e propedeutiche, presenti in tutti i corsi di laurea in ingegneria, nonché su alcune materie applicativo-tecniche, da ritenersi facenti parte del bagaglio culturale di ogni laureato ingegnere.

Pertanto il piano di studi dei singoli indirizzi comprende 25 discipline (annualità) obbligatorie, già fortemente caratterizzanti nei rispettivi indirizzi, come è rilevabile nelle tabelle di seguito riportate; ulteriori due annualità sono vivamente raccomandate per ogni orientamento ai fini di una coerente finalizzazione professionale; infine le residue due annualità costituiscono materie a scelta, in una rosa separatamente indicata.

Per tutti gli studenti del Corso di laurea per l'ambiente e il territorio è prevista la possibilità di svolgere un periodo di tirocinio della durata non superiore a tre settimane alla fine del 4. e 5. anno presso una struttura pubblica o privata.

Il tirocinio deve essere esplicitamente aggregato ad un insegnamento o all'elaborato di laurea; nel primo caso va richiesto ed effettuato prima di sostenere l'esame, nel secondo va richiesto e definito prima della presentazione della domanda dell'elaborato di laurea. Il tirocinio è facoltativo, ma vivamente raccomandato agli allievi.

Per la costituzione di piani individuali automaticamente approvabili, è concessa libertà di sostituzione di *due* discipline d'orientamento, anche caratterizzanti. Tuttavia l'ampio spettro di possibili scelte già fornito dai piani ufficiali sconsiglia di usufruire indiscriminatamente di tale libertà, soprattutto ai fini delle possibilità di frequenza ai corsi singoli e della coerente sequenza del corso di studi, con le relative propedeuticità fra le materie.

Quadri riassuntivi degli insegnamenti

Corsi comuni ai diversi indirizzi

1:1	(1. anno, 1. periodo didattico)	
	R 0231 : Analisi matematica 1	
	R 0620 : Chimica	
1:2	R 2300 : Geometria	
	R 1901 : Fisica 1	
	R 2170 : Fondamenti di informatica	
2:1	R 0232 : Analisi matematica 2	
	R 1902 : Fisica 2	
	R 1390 : Disegno di impianti e di sistemi industriali	(Tutti gli indir., tranne Pianif. e gest. territoriale)
	R 1370 : Disegno (annuale)	(Indir. Pianif. e gest. territoriale)
	R 5570 : Tecnologia dei materiali e chimica applicata	(Indir. Pianif. e gest. territoriale)
2:2	R 0510 : Calcolo numerico	
	R 6021 : Topografia A	(Indir. Ambiente, Pianif. e gest. territoriale)
	R 6022 : Topografia B	(Indir. Difesa del suolo, Geotecnologie)
	R 1370 : Disegno (annuale)	(Indir. Pianif. e gest. territoriale)
	R 2160 : Fondamenti di chimica industriale	(Indir. Ambiente)
3:1	R 2490 : Idraulica	
	R 4600 : Scienza delle costruzioni	
	R 5570 : Tecnologia dei materiali e chimica applicata	(Indir. Difesa del suolo, Georisorse, Geotecnologie)
3:2	R 3040 : Istituzioni di economia	(Indir. Pianif. e gest. territoriale)
	R 6022 : Topografia B	(Indir. Georisorse)
4:1	R 1790 : Elettrotecnica	(Indir. Pianif. e gest. territoriale)
4:2	R 1794 : Elettrotecnica (ridotto)	(Tutti gli indir., tranne Pianif. e gest. territoriale)
5:1	R 1460 : Economia applicata all'ingegneria	(Tutti gli indir., tranne Pianif. e gest. territoriale)

Indirizzo Ambiente

Il quadro presenta la successione temporale delle materie obbligatorie, nonché la posizione delle quattro materie di orientamento (indicate con Y.1 - Y.4). È in corsivo il titolo degli insegnamenti comuni, già mostrati nel primo quadro riassuntivo.

1:1	R0231 : <i>Analisi matematica 1</i> R0620 : <i>Chimica</i>
1:2	R2300 : <i>Geometria</i> R1901 : <i>Fisica 1</i> R2170 : <i>Fondamenti di informatica</i>
2:1	R0232 : <i>Analisi matematica 2</i> R1902 : <i>Fisica 2</i> R1390 : <i>Disegno di impianti e di sistemi industriali</i>
2:2	R0510 : <i>Calcolo numerico</i> R6021 : <i>Topografia A</i> R2160 : <i>Fondamenti di chimica industriale</i>
3:1	R2490 : <i>Idraulica</i> R4600 : <i>Scienza delle costruzioni</i> R2060 : <i>Fisica tecnica</i>
3:2	R2281 : <i>Geologia applicata (ambientale)</i> R3114 : <i>Macchine (ridotto)</i> R1794 : <i>Elettrotecnica (ridotto)</i> R2090 : <i>Fluidodinamica ambientale</i>
4:1	R2550 : <i>Idrologia tecnica</i> R1640 : <i>Elementi di ecologia</i> R0660 : <i>Chimica industriale</i>
4:2	R2010 : <i>Geofisica ambientale</i> R2625 : <i>Impianti dell'industria di processo + Tecnica della sicurezza ambientale (integrato)</i> Y.2 <i>Insegnamento di orientamento</i>
5:1	R1460 : <i>Economia applicata all'ingegneria</i> Y.1 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.2 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.3 <i>Insegnamento di orientamento</i>
5:2	R0020 : <i>Acquedotti e fognature</i> R3790 : <i>Modellistica e controllo dei sistemi ambientali</i> Y.1 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.3 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.4 <i>Insegnamento di orientamento</i>

Orientamento **Monitoraggio e modellistica ambientale**

- 5:1 R 2900 : Ingegneria degli acquiferi
R 5750 : Telerilevamento e diagnostica elettromagnetica
-

Due insegnamenti (Y.3, Y.4) a scelta tra i seguenti:

- 5:1 R 3090 : Localizzazione dei sistemi energetici
R 4550 : Ricerca operativa
-
- 5:2 R 1220 : Dinamica degli inquinanti
R 2500 : Idraulica ambientale
R 5740 : Telerilevamento
-

Orientamento **Processi, impianti e sicurezza**

- 4,5:2 R 4740 : Sicurezza e analisi di rischio
-
- 5:1 R 3090 : Localizzazione dei sistemi energetici
-

Due insegnamenti (Y.3, Y.4) a scelta tra i seguenti:

- 5:1 R 2661 : Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 1
R 4470 : Recupero delle materie prime secondarie
R 4750 : Sicurezza e difesa ambientale nell'industria estrattiva
-
- 5:2 R 2662 : Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 2
R 5440 : Tecnica della sicurezza ambientale
-

Orientamento **Analisi dei sistemi e dei processi ambientali**

- 4:2 R 5740 : Telerilevamento
-
- 5:2 R 1220 : Dinamica degli inquinanti
-

Due insegnamenti (Y.3, Y.4) a scelta tra i seguenti:

- 5:1 R 0580 : Cartografia numerica
R 0600 : Cave e recupero ambientale
R 2530 : Idrogeologia applicata
R 4000 : Principi di ingegneria chimica ambientale
-
- 5:2 R 2500 : Idraulica ambientale
R 2840 : Indagini e controlli geotecnici
R 3240 : Meccanica dei fluidi nel sottosuolo
-

Indirizzo Difesa del suolo

Il quadro presenta la successione temporale delle materie obbligatorie, nonché la posizione delle due materie a scelta (indicate con Y.1, Y.2). È in corsivo il titolo degli insegnamenti comuni, già mostrati nel primo quadro riassuntivo.

1:1	R0231 : <i>Analisi matematica 1</i> R0620 : <i>Chimica</i>
1:2	R2300 : <i>Geometria</i> R1901 : <i>Fisica 1</i> R2170 : <i>Fondamenti di informatica</i>
2:1	R0232 : <i>Analisi matematica 2</i> R1902 : <i>Fisica 2</i> R1390 : <i>Disegno di impianti e di sistemi industriali</i>
2:2	R0510 : <i>Calcolo numerico</i> R1660 : <i>Elementi di meccanica teorica e applicata</i> R6022 : <i>Topografia B</i>
3:1	R2490 : <i>Idraulica</i> R4600 : <i>Scienza delle costruzioni</i> R5570 : <i>Tecnologia dei materiali e chimica applicata</i>
3:2	R2910 : <i>Ingegneria degli scavi</i> R2240 : <i>Geofisica applicata</i> R2282 : <i>Geologia applicata (tecnica)</i>
4:1	R3970 : <i>Principi di geotecnica</i> R1820 : <i>Energetica applicata</i> R2550 : <i>Idrologia tecnica</i>
4:2	R1794 : <i>Elettrotecnica (ridotto)</i> R5150 : <i>Stabilità dei pendii</i> R2510 : <i>Idraulica fluviale</i> R6134 : <i>Impianti minerari (ridotto)</i>
5:1	R2880 : <i>Infrastrutture idrauliche</i> R1460 : <i>Economia applicata all'ingegneria</i> R2530 : <i>Idrogeologia applicata</i>
5:2	R4560 : <i>Rilevamento geologico tecnico</i> Y.1 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.2 <i>Insegnamento di orientamento</i>

Due insegnamenti a scelta tra i seguenti:

4,5:1 R 3340 : Meccanica delle rocce

5:1 R 0580 : Cartografia numerica
R 0600 : Cave e recupero ambientale
R 0820 : Consolidamento dei terreni

5:2 R 2200 : Fotogrammetria applicata
R 0930 : Costruzione di gallerie
R 2340 : Geotecnica
R 5460 : Tecnica delle costruzioni

Indirizzo Georisorse

Il quadro presenta la successione temporale delle materie obbligatorie, nonché la posizione delle quattro materie di orientamento (indicate con Y.1 – Y.4). È in corsivo il titolo degli insegnamenti comuni, già mostrati nel primo quadro riassuntivo.

1:1	R 023 1 : <i>Analisi matematica 1</i> R 0620 : <i>Chimica</i>
1:2	R 2300 : <i>Geometria</i> R 1901 : <i>Fisica 1</i> R 2170 : <i>Fondamenti di informatica</i>
2:1	R 023 2 : <i>Analisi matematica 2</i> R 1902 : <i>Fisica 2</i> R 1390 : <i>Disegno di impianti e di sistemi industriali</i>
2:2	R 0510 : <i>Calcolo numerico</i> R 1660 : <i>Elementi di meccanica teorica e applicata</i> R 3595 : <i>Mineralogia e petrografia + Caratterizzazione tecnologica delle materie prime (integrato)</i>
3:1	R 2490 : <i>Idraulica</i> R 4600 : <i>Scienza delle costruzioni</i> R 5570 : <i>Tecnologia dei materiali e chimica applicata</i>
3:2	R 2910 : <i>Ingegneria degli scavi</i> R 3080 : <i>Litologia e geologia</i> R 6022 : <i>Topografia B</i>
4:1	R 3970 : <i>Principi di geotecnica</i> R 1820 : <i>Energetica applicata</i> R 2480 : <i>Giacimenti minerali</i>
4:2	R 1794 : <i>Elettrotecnica (ridotto)</i> R 6134 : <i>Impianti minerali (ridotto)</i> R 0345 : <i>Arte mineraria + Sicurezza e difesa ambientale nell'industria estrattiva (integrato)</i> R 3240 : <i>Meccanica dei fluidi nel sottosuolo</i>
5:1	R 1460 : <i>Economia applicata all'ingegneria</i> R 2250 : <i>Geofisica mineraria</i> Y.1 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.3 <i>Insegnamento di orientamento</i>
5:2	Y.1 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.2 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.3 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.4 <i>Insegnamento di orientamento</i>

Orientamento Risorse fluide

5:1 R 5430 : Tecnica della perforazione petrolifera

5:2 R 2920 : Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi

Due insegnamenti (Y.3, Y.4) a scelta tra:

5:1 R 0580 : Cartografia numerica
R 2900 : Ingegneria degli acquiferi
R 2880 : Infrastrutture idrauliche
R 3340 : Meccanica delle rocce

5:2 R 4100 : Produzione e trasporto degli idrocarburi
R 5460 : Tecnica delle costruzioni

Orientamento Risorse solide

5:1 R 0600 : Cave e recupero ambientale

5:2 R 4390 : Prospezione geomineraria

Due annualità (Y.3, Y.4) a scelta tra:

5:1 R 2414 : Gestione delle aziende estrattive (ridotto)
R 3904 : Petrografia (ridotto)
R 3340 : Meccanica delle rocce

5:2 R 1650 : Elementi di geochimica applicata alla prospezione mineraria
R 2840 : Indagini e controlli geotecnici
R 6060 : Trattamento dei solidi
R 0930 : Costruzione di gallerie

Indirizzo Geotecnologie

Il quadro presenta la successione temporale delle materie obbligatorie, nonché la posizione delle due materie a scelta (indicate con Y.1, Y.2). È in corsivo il titolo degli insegnamenti comuni, già mostrati nel primo quadro riassuntivo.

1:1	R 023 1 : <i>Analisi matematica 1</i> R 0620 : <i>Chimica</i>
1:2	R 2300 : <i>Geometria</i> R 1901 : <i>Fisica 1</i> R 2170 : <i>Fondamenti di informatica</i>
2:1	R 023 2 : <i>Analisi matematica 2</i> R 1902 : <i>Fisica 2</i> R 1390 : <i>Disegno di impianti e di sistemi industriali</i>
2:2	R 0510 : <i>Calcolo numerico</i> R 1660 : <i>Elementi di meccanica teorica e applicata</i> R 6022 : <i>Topografia B</i>
3:1	R 2490 : <i>Idraulica</i> R 4600 : <i>Scienza delle costruzioni</i> R 5570 : <i>Tecnologia dei materiali e chimica applicata</i>
3:2	R 2910 : <i>Ingegneria degli scavi</i> R 2282 : <i>Geologia applicata (tecnica)</i> R 2340 : <i>Geotecnica</i>
4:1	R 3340 : <i>Meccanica delle rocce</i> R 2250 : <i>Geofisica mineraria</i> R 1820 : <i>Energetica applicata</i>
4:2	R 1794 : <i>Elettrotecnica (ridotto)</i> R 0930 : <i>Costruzione di gallerie</i> R 5460 : <i>Tecnica delle costruzioni</i> R 6134 : <i>Impianti minerari (ridotto)</i>
5:1	R 0820 : <i>Consolidamento dei terreni</i> R 1460 : <i>Economia applicata all'ingegneria</i> R 3860 : <i>Opere in sotterraneo</i>
5:2	R 2840 : <i>Indagini e controlli geotecnici</i> Y.1 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.2 <i>Insegnamento di orientamento</i>

Due insegnamenti a scelta tra:

-
- 5:1 R 0600 : Cave e recupero ambientale
R 2530 : Idrogeologia applicata
R 2680 : Impianti e cantieri viari
-
- 5:2 R 3342 : Meccanica delle rocce 2
R 4560 : Rilevamento geologico tecnico
R 1000 : Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti
R 5150 : Stabilità dei pendii
-

Indirizzo Pianificazione e gestione territoriale

Il quadro presenta la successione temporale delle materie obbligatorie, nonché la posizione delle quattro materie di orientamento (indicate con Y.1 - Y.4). È in corsivo il titolo degli insegnamenti comuni, già mostrati nel primo quadro riassuntivo.

1:1	R0231 : <i>Analisi matematica 1</i> R0620 : <i>Chimica</i>
1:2	R2300 : <i>Geometria</i> R1901 : <i>Fisica 1</i> R2170 : <i>Fondamenti di informatica</i>
2:1	R0232 : <i>Analisi matematica 2</i> R1902 : <i>Fisica 2</i> R5570 : <i>Tecnologia dei materiali e chimica applicata</i> R1370 : <i>Disegno</i> (annuale)
2:2	R0510 : <i>Calcolo numerico</i> R6021 : <i>Topografia A</i> R1370 : <i>Disegno</i> (annuale)
3:1	R2490 : <i>Idraulica</i> R4600 : <i>Scienza delle costruzioni</i> R2060 : <i>Fisica tecnica</i>
3:2	R3040 : <i>Istituzioni di economia</i> R2283 : <i>Geologia applicata (territoriale)</i> R0330 : <i>Architettura tecnica</i>
4:1	R2880 : <i>Infrastrutture idrauliche</i> R1790 : <i>Elettrotecnica</i> R6150 : <i>Economia ed estimo ambientale</i>
4:2	R2340 : <i>Geotecnica</i> R1000 : <i>Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti</i> R5510 : <i>Tecnica urbanistica</i>
5:1	Y.1 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.3 <i>Insegnamento di orientamento</i> R0600 : <i>Cave e recupero ambientale</i>
5:2	R0790 : <i>Composizione urbanistica</i> Y.2 <i>Insegnamento di orientamento</i> Y.4 <i>Insegnamento di orientamento</i>

Orientamento Infrastrutture

-
- 5:1 R 3090 : Localizzazione dei sistemi energetici
-
- 5:2 R 3790 : Modellistica e controllo dei sistemi ambientali
-

Due insegnamenti (Y.3, Y.4) a scelta tra:

-
- 5:1 R 0580 : Cartografia numerica
R 2900 : Ingegneria degli acquiferi
R 6140 : Ingegneria sanitaria-ambientale
R 5490 : Tecnica ed economia dei trasporti
-
- 5:2 R 3920 : Pianificazione e gestione delle aree metropolitane
R 4560 : Rilevamento geologico tecnico
R 5880 : Teoria e tecnica della circolazione
R 2240 : Geofisica applicata
R 5460 : Tecnica delle costruzioni
-

Orientamento Uso delle risorse

-
- 5:1 R 2900 : Ingegneria degli acquiferi
-
- 5:2 R 3920 : Pianificazione e gestione delle aree metropolitane
-

Due insegnamenti (Y.3, Y.4) a scelta tra:

-
- 5:1 R 0580 : Cartografia numerica
R 1360 : Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche
R 2800 : Impianti speciali idraulici
R 3860 : Opere in sotterraneo
R 4470 : Recupero delle materie prime secondarie
R 1640 : Elementi di ecologia
R 2550 : Idrologia tecnica
-
- 5:2 R 3240 : Meccanica dei fluidi nel sottosuolo
-

Programmi degli insegnamenti

(insegnamenti obbligatori, comuni e d'indirizzo)

*I programmi sono riportati nello stesso ordine (anno e periodo didattico) in cui compaiono nel quadro generale. A questa sezione seguono i programmi dei corsi d'orientamento (p. ***) . Al termine del volume (p. ***) le tavole alfabetiche generali, per nomi dei docenti e per titoli degli insegnamenti.*

R0231 **Analisi matematica 1**

Anno: periodo 1:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Marco Codegone

Il corso sviluppa gli argomenti di base dell'analisi matematica sulla retta reale quali il concetto di funzione, di continuità, di derivabilità e di integrale. Nella parte introduttiva si danno nozioni di logica e di teoria degli insiemi. Gli argomenti sono sviluppati sottolineando le concatenazioni logiche e le deduzioni. I contenuti di questo corso, oltre ad essere propedeutici ai corsi successivi e applicativi, hanno una funzione formativa di base abituando lo studente a ragionamenti rigorosi e svincolati da singole applicazioni.

REQUISITI. Nozioni di base di algebra, elementi di trigonometria, proprietà dei logaritmi, grafici di alcune funzioni elementari.

PROGRAMMA

1. Nozioni di logica, proposizioni, connettivi logici, predicati, quantificatori. Elementi di teoria degli insiemi. Relazioni. Funzioni, dominio, codominio e immagine. Funzione composta, iniettività, suriettività. Numeri naturali, calcolo combinatorio. I numeri reali. Estremi inferiori e superiori, completezza. Topologia della retta reale. Limitatezza, massimi e minimi. [12 ore]
2. Definizione di limite. Unicità del limite, permanenza segno e limitatezza locale. Teoremi del confronto. Algebra dei limiti. Forme di indecisione. Limite di funzione composta. Simboli di Landau, comportamenti asintotici. Errore assoluto ed errore relativo. Infiniti, infinitesimi e loro confronti. [12 ore]
3. Successioni. Teoremi sulle successioni. Limiti fondamentali. Successioni monotone e legami tra estremo inferiore e superiore e i limiti. [4 ore]
4. Definizione di continuità. Algebra delle funzioni continue. Esistenza zeri, valori intermedi e risultati su continuità globale. Continuità della funzione inversa. [4 ore]
5. Definizione di derivata. Differenziale. Algebra delle derivate e derivata delle funzioni composte. Derivata di inversa funzionale. Proprietà locali delle funzioni derivabili. Proprietà globali delle funzioni derivabili. Conseguenze e applicazioni del teorema di Lagrange. Primitive. Regole di calcolo delle primitive. Regola di de L'Hôpital. Formule di Taylor e di McLaurin. Principali sviluppi accorciati. Convessità. Criteri di convessità. [24 ore]

6. Somme superiori e inferiori, integrale di Riemann. Integrabilità delle funzioni continue. Integrabilità delle funzioni monotone. Integrabilità delle funzioni limitate e continue eccetto un numero finito di punti. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Integrazione numerica: metodo dei trapezi. [6 ore]
7. Integrali impropri. Criterio di convergenza del confronto, criterio del valore assoluto e criterio del confronto con infiniti o infinitesimi campione. [6 ore]
8. Equazioni differenziali del primo ordine: autonome, a variabili separabili lineari e omogenee. Equazioni differenziali del secondo ordine a coefficienti costanti. [6 ore]

ESERCITAZIONI

1. Grafici di funzioni elementari. Funzioni inverse. Funzioni composte. Operazioni sugli insiemi. Disequazioni ed equazioni. Estremo superiore, punti di accumulazione, limitatezza, massimi e minimi. [10 ore]
2. Calcolo di limiti, forme indeterminate, limite di funzione composta. Infiniti, infinitesimi, parti principali, limiti notevoli. [6 ore]
3. Esercizi di derivazione. Derivabilità di funzioni definite a tratti. Funzioni iperboliche. Determinazione del numero di radici di un polinomio. [8 ore]
4. Studi di funzione. Asintoti. Funzioni pari e dispari. [6 ore]
5. Primitive di funzioni continue e primitive generalizzate. Tecniche di integrazione per parti e per sostituzione. Integrazione delle funzioni razionali. Scomposizione in fratti semplici. Alcuni integrali di funzioni irrazionali. Integrali per parti ricorsivi. [8 ore]
6. Formula di Taylor. Criteri per i punti critici e per i flessi. [4 ore]
7. Integrali impropri su intervalli non limitati e su intervalli limitati, applicazione dei criteri. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Bacciotti, F. Ricci, *Analisi matematica. Vol. I.*, Liguori, Napoli, 1994

Testi ausiliari:

G. Geymonat, *Lezioni di Analisi matematica I*, Levrotto e Bella, Torino, 1981.

P. Boieri, G. Chiti, *Precorso di Matematica I*, Zanichelli, Bologna, 1994.

P. Marcellini, C. Sbordone, *Esercitazioni di Matematica I*, Liguori, Napoli, 1992.

M. Pavone, *Temi di esame svolti di Analisi matematica I*, Aracne, Roma, 1993.

M. Pavone, *Integrali impropri e funzioni integrali*, Aracne, Roma 1992.

ESAME

L'esame si svolge con una prova scritta della durata di due ore, in cui si chiede di svolgere due esercizi. Alla prova scritta si possono consultare i testi di lezione ed esercitazione e gli appunti. È vietato l'uso di calcolatori di ogni tipo. Dalla prova scritta è possibile ritirarsi senza che avvengano registrazioni negative. Successivamente si svolge un colloquio orale.

R0620 Chimica

Anno: periodo 1:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Piero Rolando (collab.: R. Delorenzo)

Il corso si propone di fornire le basi necessarie per la comprensione e l'interpretazione dei fenomeni chimici e di dare una breve rassegna delle proprietà degli elementi comuni e dei loro principali composti. Esso si articola di conseguenza in tre parti: una di chimica generale, una di chimica inorganica ed una di chimica organica.

REQUISITI. Per seguire il corso sono sufficienti le nozioni di base relative alle leggi fondamentali della chimica, alla simbologia ed alla nomenclatura.

PROGRAMMA

Struttura della materia. [5 ore]

Stati di aggregazione della materia. Sistemi omogenei ed eterogenei. Fasi. Leggi fondamentali della chimica. Principio di Avogadro. Ipotesi atomica. Determinazione dei pesi atomici: metodo di Cannizzaro, regola di Dulong e Petit. Determinazione della formula e calcolo della composizione dei composti. Composizione di sistemi omogenei.

Lo stato gassoso. [8 ore]

Proprietà e leggi dei gas perfetti. Equazione di stato di van der Waals. Determinazione dei pesi molecolari delle sostanze gassose. Dissociazione termica. Teoria cinetica dei gas. Distribuzione delle energie e delle velocità (curve di Maxwell-Boltzmann). Legge di Graham. Capacità termica e calore specifico dei gas a pressione e a volume costante. Rapporto tra calori specifici a pressione ed a volume costante. Determinazione del peso atomico dei gas nobili.

Termodinamica chimica. [3 ore]

Energia interna ed entalpia; loro variazione nelle reazioni chimiche: calcolo relativo e legge di Hess. Variazione dell'entalpia di reazione con la temperatura e lo stato fisico delle sostanze. Entropia ed energia libera di Gibbs.

La struttura dell'atomo ed il legame chimico. [20 ore]

Il modello atomico di Bohr e sua applicazione all'atomo di idrogeno. Transizioni tra livelli energetici. Inadeguatezza del modello di Bohr. Numeri quantici. Modello ondulatorio dell'elettrone: principi di De Broglie e di indeterminazione. Distribuzione degli elettroni negli orbitali atomici: principio di esclusione di Pauli. Sistema periodico degli elementi e configurazioni elettroniche. Raggi X: produzione e caratteristiche; spettri di emissione dei raggi X; legge di Moseley. Radioattività naturale. Periodo di semi-trasformazione, legge dello spostamento di gruppo. Fenomeni di fissione e di fusione. Il legame ionico. Il legame covalente. Il legame covalente omeopolare ed eteropolare. Formazione di legami sigma e pi-greco. Energia di legame. Ibridazione di orbitali atomici: sp , sp^2 , sp^3 , sp^3d^2 : esempi di molecole. Il legame dativo. La regola pratica dell'ottetto, formule di Lewis. Strutture di risonanza in molecole e ioni. Elettro negatività degli elementi. Grado di ossidazione; reazioni di ossido-riduzione e loro bilanciamento. Legame idrogeno. Forze di van der Waals.

Cinetica chimica e equilibri chimici. [10 ore]

Velocità di una reazione chimica. I fattori che influenzano la velocità: fattore sterico, energia di attivazione, concentrazione dei reagenti, temperatura. I catalizzatori. Concetto di equilibrio chimico. Equilibri omogenei ed eterogenei. Legge dell'azione di

massa. Relazione tra K_c e K_p . Applicazione della legge dell'azione di massa agli equilibri eterogenei. Influenza della temperatura sulla costante di equilibrio. Principio dell'equilibrio mobile. Legge di Henry. Regola delle fasi e sua applicazione agli equilibri eterogenei ed ai diagrammi di stato. Diagrammi di stato dell'acqua e dello zolfo. Cenni sui diagrammi di stato a due componenti.

Lo stato liquido e le soluzioni. [14 ore]

Tensione di vapore; equazione di Clausius-Clapeyron. Soluzioni diluite. Legge di Raoult. Crioscopia ed ebullioscopia. Pressione osmotica e membrane semipermeabili. Gli elettroliti deboli, forti e le loro soluzioni acquose. Acidi e basi deboli: costante e grado di ionizzazione; formula di Ostwald. Prodotto di solubilità. Prodotto ionico dell'acqua e pH . Indicatori. Idrolisi. Conducibilità elettrica delle soluzioni di elettroliti. Legge di Kohlrausch. Elettrolisi e leggi di Faraday. Doppio strato elettrico e potenziale di elettrodo. Equazione di Nerst. Serie elettrochimica. Pile ed accumulatori. Misura potenziometrica del pH . Elettrolisi e scarica preferenziale in funzione del potenziale di elettrodo. Sovratensioni di elettrodo ed inversione della scarica. Tensione di decomposizione. Elettrolisi dell'acqua e di soluzioni concentrate di $NaCl$. Raffinazione elettrolitica del rame. Accoppiamento di semireazioni e costituzione di un sistema redox.

Lo stato solido. [3 ore]

Tipi di solidi. I solidi metallici e la loro formazione; cenni sulla teoria delle bande: conduttori, semiconduttori, isolanti. Reticoli cristallini. I solidi cristallini e la diffrazione dei raggi X; l'esperienza di von Laue e la legge di Bragg. Soluzioni solide. Difetti nei solidi cristallini.

Chimica inorganica. [9 ore]

Schemi generali di reattività di metalli con acqua, acidi ossidanti e non ossidanti; passivazione di alluminio e cromo. Schemi generali di reattività di non metalli e metalli anfoteri con le basi. Idrogeno: proprietà chimiche, preparazione industriale e di laboratorio. Preparazione industriale di Na e $NaOH$. Metallurgia dello zinco. Preparazione industriale dell'allumina Bayer e metallurgia dell'alluminio. Reazioni di combustione. Preparazioni industriali dell'ammoniaca, della soda Solvay, dell'acido nitrico, dell'acqua ossigenata e dell'acido solforico. Il dicromato ed il permanganato di potassio come agenti ossidanti.

Chimica organica. [6 ore]

Isomeria di funzione, di struttura e geometrica. Caratteristiche funzionali e reattività di: alcani, alcheni, alchini, idrocarburi aromatici, alogenoderivati, alcoli, eteri, aldeidi, chetoni, acidi carbossilici, esteri, anidridi degli acidi, ammine alifatiche ed aromatiche, ammidi, nitrili. Polimeri e meccanismi di polimerizzazione: poliaddizione e policondensazione.

ESERCITAZIONI

Esercitazioni "numeriche" condotte in aula da un ricercatore (2 ore settimanali) e da un coadiutore (2 ore settimanali) su:

Nomenclatura chimica [4 ore]. Leggi dei gas [4 ore]. Calcoli stechiometrici [8 ore]. Termochimica [4 ore]. Bilanciamento delle reazioni [4 ore]. Equilibri chimici [8 ore]. Calcoli sulle soluzioni: crioscopia, ebullioscopia, pressione osmotica [8 ore]; pH , conduttanze [8 ore]; elettrochimica [4 ore].

BIBLIOGRAFIA

Brisi, Cirilli, *Chimica generale e inorganica*, Levrotto e Bella, Torino.
 Fine, Beall, *Chimica per Scienze ed Ingegneria*, EdiSES, Napoli.

Silvestroni, *Fondamenti di chimica*, Masson, Milano.
 Corradini, *Chimica generale*, Casa Ed. Ambrosiana, Milano.
 Brisi, *Esercizi di chimica*, Levrotto e Bella, Torino.
 Montorsi, *Appunti di chimica organica*, CELID, Torino.

ESAME

L'esame si articola in due prove, scritta e orale.

L'esame è valido con il superamento di entrambe le prove. L'insufficienza conseguita nella prima prova comporta automaticamente il fallimento dell'esame e la conseguente registrazione della bocciatura. La sufficienza conseguita nella prima prova non assicura una votazione minima né tantomeno il superamento dell'esame.

La prova scritta avrà la durata di due ore e consisterà in 30 quesiti, alcuni di natura teorica ed altri (a cui sarà riconosciuto un punteggio maggiorato) che richiederanno l'impostazione di un calcolo. Durante l'esecuzione della prova scritta gli studenti potranno avere unicamente una calcolatrice tascabile e quanto necessario per scrivere. Il punteggio massimo raggiungibile allo scritto è 30/30. Tutti coloro che hanno conseguito una votazione minima di 18/30 si presenteranno alla prova orale, che si articolerà su tutto il programma del corso, esercitazioni comprese.

R 2300 Geometria

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Giulio Tedeschi

Il corso si propone di fornire le principali tecniche dell'algebra lineare (operatori lineari, risoluzione di sistemi lineari e di sistemi differenziali lineari) descritte con il linguaggio geometrico della teoria degli spazi vettoriali. Segue poi una parte più propriamente geometrica dedicata alla geometria analitica del piano e dello spazio e ad ai primi elementi della geometria differenziale delle curve. Completa il corso, al suo inizio, l'introduzione del corpo dei numeri complessi e lo studio della riducibilità dei polinomi.

REQUISITI. È essenziale la conoscenza dei concetti principali e delle tecniche di calcolo acquisite nel corso di *Analisi matematica 1*.

PROGRAMMA

Vettori: [3 ore]

definizione, operazioni, componenti, prodotto scalare e vettoriale.

Numeri complessi: [6 ore]

motivazione, definizione, operazioni, il problema della riducibilità dei polinomi.

Spazi vettoriali: [6 ore]

esempi, definizione, sottospazi, somma e somma diretta.

Dipendenza lineare: [6 ore]

combinazioni lineari, generatori, vettori indipendenti, basi, dimensione, dimensione dei sottospazi, rango di matrici.

Applicazioni lineari: [12 ore]

definizione, modo di indicarle, matrici, rango, nucleo, immagine, fibre, ricerca di controimmagini, sistemi lineari, teorema di Rouché-Capelli, determinanti.

Autolavori e autovettori: [8 ore]

definizione, diagonalizzabilità delle matrici, soluzione di sistemi differenziali lineari, sottospazi invarianti, il teorema di Cayley-Hamilton, la forma canonica di Jordan.

Spazi euclidei: [3 ore]

definizione, matrici ortogonali, diagonalizzabilità delle matrici simmetriche reali, preparazione alle serie di Fourier.

Geometria piana: [8 ore]

coordinate, equazioni di rette e circonferenze, classificazione delle coniche.

Geometria solida: [12 ore]

coordinate, equazioni di rette, piani, sfere e circonferenze, equazioni di coni, cilindri e superfici di rotazione, cenni sulle quadriche.

Geometria differenziale: [6 ore]

triedro fondamentale, retta tangente, piano osculatore, parametrizzazione intrinseca, curvatura, torsione, cerchio osculatore.

ESERCITAZIONI

Vettori, [5 ore]

numeri complessi, [5]

spazi e sottospazi, [4]

applicazioni lineari, autovalori e autovettori, [10]

spazi euclidei e forme quadratiche, [4]

forma canonica di Jordan, [4]

geometria analitica del piano, [6]

geometria analitica dello spazio, [12]

geometria differenziale delle curve, [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

S. Greco S. P. Valabrega, *Lezioni di algebra lineare e geometria. Vol. I, Algebra lineare. Vol. II, Geometria analitica e differenziale*. Levrotto & Bella, Torino 1994.

Testi ausiliari:

E. Sernesi, *Geometria I*, Bollati Boringhieri, Torino, 1990. (Per maggiori approfondimenti su un testo adatto a matematici).

S. Lang, *Linear algebra*, Addison-Wesley, Reading (Mass.), 1966. (Trad. it. *Algebra lineare*, Bollati Boringhieri, Torino, 1970). (Per approfondire aspetti teorici dell'algebra lineare e migliorare il proprio inglese).

ESAME

L'esame si può sostenere con due modalità diverse. All'inizio di ogni prova scritta, qualunque sia la modalità, lo studente dovrà esibire un documento di identità con foto, possibilmente il tesserino o il libretto del Politecnico.

1. Esame con due prove scritte durante il semestre.

Lo studente può sostenere due prove scritte, che si svolgono a metà e al termine del corso, durante le quali è vietato usare libri o appunti.

Prima prova scritta (primi di maggio, durata 50-60 minuti): è un *test* a risposte multiple di 15-20 domande nel quale lo studente è richiesto di individuare fra varie la risposta giusta. Le domande riguardano esclusivamente la prima parte del corso (algebra lineare e numeri complessi);

seconda prova scritta (fine corso, durata 60-90 minuti): lo studente deve svolgere eser-

cizi di geometria analitica piana e spaziale (inclusa eventualmente la geometria differenziale delle curve). Le risposte finali ad ogni questione vanno raccolte nel foglio risposte e vengono corretti esclusivamente gli esercizi ai quali ci sia risposta.

Chi raggiunge complessivamente fra le due prove un punteggio maggiore di 15/30 può sostenere direttamente la prova orale in un qualunque appello di esami fra giugno e ottobre. Per sostenere l'orale con questo tipo di prova scritta sarà necessario prenotarsi presso lo sportello esterno del dipartimento di Matematica (III piano lato aule pari) entro i termini che verranno a suo tempo indicati. Questa prova scritta può essere utilizzata per presentarsi all'orale per un massimo di due volte, delle quali una negli appelli di giugno e luglio e una negli appelli di settembre e ottobre. Alla fine di ottobre la prova scritta è considerata definitivamente scaduta e non può essere più utilizzata in alcun modo.

2. *Esame con prova scritta tradizionale.*

Lo studente che non raggiunga i 15/30 nei *test* di cui in 1 (o non partecipi a questi) si presenterà all'esame, in uno degli appelli previsti dal calendario, per sostenere una prova scritta, nella quale dovrà risolvere esercizi e problemi sugli argomenti del corso. Le risposte finali ad ogni quesito dovranno essere raccolte nel foglio risposte: saranno corretti i soli esercizi con risposta. Al termine della prova i partecipanti ricevono un foglio contenente le soluzioni ai quesiti proposti; ognuno ha 10 minuti per esaminare tali soluzioni e decidere se ritirare il compito già consegnato (nel qual caso non resta traccia della partecipazione) ovvero consegnarlo definitivamente per sostenere la prova orale, necessariamente nello stesso appello. Durante queste prove è consentito usare libri e appunti.

In sede di orale (con modalità 1 o 2 indifferentemente) agli studenti (soprattutto a quelli con scritto insufficiente) potrà essere richiesto di svolgere un esercizio scritto, preliminare all'orale vero e proprio.

Nota. Le modalità di esame potranno subire variazioni, qualora vengano attuate nuove decisioni della Facoltà di Ingegneria sugli appelli e le sessioni.

R1901 **Fisica 1**

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali); ++18 (nell'intero periodo)

Docenti: Paolo Allia, Aurelia Stepanescu (collab.: Vittorio Mussino, Arianna Montorsi)

Vengono trattati i concetti basilari per la comprensione e la risoluzione di semplici problemi di fisica classica (meccanica, elettrostatica, ottica geometrica) con particolare riferimento a quelli che si possono più comunemente presentare nelle applicazioni di tipo ingegneristico. Gli argomenti principali del corso sono: la teoria della misura e degli errori; la meccanica di una particella puntiforme; la meccanica dei sistemi di particelle, con un accenno al moto del corpo rigido ed alla fluidodinamica; la teoria della gravitazione universale; le oscillazioni meccaniche; l'elettrostatica nel vuoto; l'ottica geometrica.

REQUISITI. Gli elementi di calcolo differenziale sviluppati nel corso di *Analisi 1*.

PROGRAMMA

1. *Misure*

Grandezze fisiche. Misurazioni. Grandezze fondamentali e derivate.

Equazioni dimensionali. Sistemi di misura e unità. Errori di misura.

Propagazione degli errori. Cenni di teoria dell'errore e metodo dei minimi quadrati.

2. *Meccanica del punto*

Vettori e scalari. Componenti. Vettori unitari. Cenni di calcolo vettoriale.

Moto rettilineo: posizione, velocità e accelerazione. Caduta libera.

Moti piani: posizione, velocità e accelerazione. Moto circolare uniforme.

Moto dei proiettili. moti relativi: velocità e accelerazione relative. Sistemi inerziali.

Forza e massa. Leggi di Newton. Applicazioni. Forze di attrito (radente e viscoso).

Moto circolare uniforme. Lavoro di una forza costante e di una forza variabile. Lavoro di una forza elastica. Energia cinetica e teorema dell'energia cinetica. Potenza. principio di equivalenza. Lavoro ed energia potenziale. Forze conservative e non conservative. Teorema di conservazione dell'energia meccanica. Conservazione dell'energia per un sistema di particelle.

3. *Meccanica dei sistemi*

Centro di massa. Quantità di moto di una particella e di un sistema di particelle. Conservazione della quantità di moto. Sistemi a massa variabile. Impulso e quantità di moto. Urti elastici e anelastici in una dimensione.

Cenni agli urti in due dimensioni. Sistema di riferimento del centro di massa. Moto rotatorio. Variabili rotazionali. Energia cinetica di rotazione.

Momento d'inerzia. Momento di una forza. Dinamica rotazionale del corpo rigido.

Rotolamento. Momento angolare. Seconda legge di Newton in forma angolare.

Momento angolare di un sistema di particelle e di un corpo rigido in rotazione attorno a un asse fisso. Conservazione del momento angolare ed esempi. Centro di gravità.

Equilibrio statico. Condizioni di equilibrio ed esempi.

4. *Oscillazioni meccaniche*

Oscillatore armonico semplice. Considerazioni energetiche. Moto armonico semplice e moto circolare uniforme. Moto armonico smorzato. Oscillazioni forzate e risonanza (cenni).

5. *Fluidi*

Densità e pressione. Principi di Pascal e Archimede. Linee di flusso ed equazione di continuità. Equazione di Bernoulli ed applicazioni.

6. *Gravitazione*

Legge della gravitazione universale. Energia potenziale gravitazionale. Campo e potenziale gravitazionale. Leggi di Keplero.

7. *Elettrostatica*

Legge di Coulomb. Conservazione della carica. Campo elettrico. Linee di forza.

Campo elettrico di: una carica puntiforme; un dipolo elettrico; una distribuzione lineare di carica; un disco carico. Carica puntiforme e dipolo in un campo elettrico. Flusso del campo elettrico. Legge di Gauss. Conduttore carico isolato. Applicazioni della legge di Gauss. Energia potenziale elettrica. Potenziale elettrico. Campo elettrico e potenziale.

Potenziale di: una carica puntiforme; un insieme di cariche puntiformi, un dipolo elettrico; una distribuzione continua di cariche. Superfici equipotenziali. Condensatori.

Capacità elettrica. Calcolo della capacità. Condensatori in serie e in parallelo. Energia immagazzinata in un campo elettrico.

8. *Ottica geometrica*

Riflessione e rifrazione della luce. Specchi piani e sferici. Superfici rifrangenti sferiche. Lenti sottili.

ESERCITAZIONI. Impostazione, risoluzione e commento di semplici problemi di fisica relativi a tutti i principali argomenti trattati nelle lezioni.

LABORATORIO

1. Misurazione di spostamenti, velocità e accelerazione di gravità per un corpo in caduta libera.
2. Misurazione del periodo di oscillazione del pendolo semplice in funzione della lunghezza del filo e dell'ampiezza di oscillazione.
3. Misurazione dell'indice di rifrazione del vetro con il metodo del prisma in condizione di deviazione minima.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

R. Resnick, D. Halliday, D.S. Krane, *Fisica 1*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1993.

D. Halliday, R. Resnick, D.S. Krane, *Fisica 2*, 4. ed., Ambrosiana, Milano, 1994 (solo per l'elettrostatica e l'ottica geometrica).

Testo ausiliario:

G. Lovera, B. Minetti, A. Pasquarelli, *Appunti di Fisica 1*, Levrotto & Bella, Torino, 1977.

ESAME

L'esame consta di una prova orale, che si svolge dopo che il docente ha acquisito vari elementi di giudizio sullo studente, fra cui l'esito di una prova scritta e le relazioni di laboratorio.

Lo scritto consta di norma di tre esercizi che ricoprono tutto l'arco della materia svolta nel corso.

Una volta svolto lo scritto, l'esame (orale) può essere sostenuto in qualunque appello a partire da quello in cui si è svolto lo scritto stesso, purché entro il maggio dell'anno immediatamente successivo. Superato tale tempo senza aver sostenuto l'orale con esito positivo, lo scritto deve essere comunque ripetuto. Lo scritto effettuato nel preappello di maggio vale solo per tale preappello.

La prova scritta rimane valida, nei limiti di tempo di cui al punto precedente, anche nel caso in cui la prova orale non venga superata.

Lo studente che, avendo svolto lo scritto, intende sostenere l'orale deve prenotarsi apponendo il proprio nome sui fogli disponibili presso il dipartimento di Fisica a partire da una settimana prima di ogni appello.

Lo statino deve essere presentato all'atto di sostenere l'esame orale.

R2170 Fondamenti di informatica

Anno: periodo 1:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+2 (ore settimanali)

Docente: Antonio Lioy

Il corso intende presentare i fondamenti dell'informatica, con lo scopo di chiarirne i principi teorici per permettere una corretta valutazione delle possibilità applicative degli elaborati elettronici. Ci si prefigge inoltre di fare acquisire agli allievi una discreta "manualità" nell'uso degli elaboratori, attraverso l'impiego di strumenti di produttività individuali e di un linguaggio di programmazione. Il corso è propedeutico ai corsi specialistici di informatica; inoltre fornisce le basi per molti corsi di carattere matematico-fisico che richiedono l'uso del calcolatore per le esercitazioni e lo sviluppo di casi di studio.

REQUISITI. Non esiste nessuna propedeuticità specifica in termini di esami, ma è utile avere buone basi matematiche ed attitudine al ragionamento.

PROGRAMMA

Cenni storici [2 ore]

Evoluzione del calcolo automatico: breve storia dei calcolatori meccanici, elettromeccanici ed elettronici.

Codifica dell'informazione [10 ore]

Sistemi di numerazione (in particolare il sistema binario); numeri relativi (codifica in modulo e segno ed in complemento a due); numeri frazionari (problemi di approssimazione; codifica *fixed point* e *floating point*; lo *standard IEEE-754*); codifica BCD; operazioni aritmetiche in binario puro ed in complemento a due; errori di *overflow* e di *underflow*; informazioni non numeriche (codici binari, codice ASCII); protezione dell'informazione dagli errori casuali (codici a rivelazione ed a correzione d'errore).

Logica booleana [4 ore]

Variabili booleane, operatori logici (*and, or, not, xor*), tavola di verità, teoremi booleani, minimizzazione di espressioni logiche.

Tecnologia elettronica [4 ore]

Transistori, porte logiche, circuiti combinatori, *flip-flop*. Circuiti sequenziali, registri; tecnologie elettroniche (MOS, bipolari, circuiti integrati).

Architettura degli elaboratori elettronici [8 ore]

Unità di *input* (*buffer, ADC; tastiera, mouse, scanner, tavoletta grafica*); unità di *output* (*buffer; video, stampanti, plotter*); unità operativa (ALU, registri, *flag*); memoria (indirizzamento, RAM, ROM; *floppy disk, hard disk, CD-ROM*; nastri magnetici, QIC, DAT); unità di controllo (*program counter, instruction register, esecuzione di un'istruzione*)

Il software [4 ore]

Il sistema operativo (funzionalità; sistemi *batch, multitask, time-sharing, real-time, fault tolerant*); gli strumenti per lo sviluppo dei programmi (interprete, compilatore, *linker*, librerie statiche e dinamiche, *debugger, profiler*); linguaggi di programmazione (codice macchina, linguaggio *assembler*, linguaggi ad alto livello).

Il sistema operativo MS-DOS [4 ore]

Organizzazione interna, interfaccia utente, *file* di comandi, istruzioni di configurazione.

Strumenti di produttività individuale [8 ore]

Elaborazione di testi e tabelle in formato elettronico; *database*.

Il linguaggio C [20 ore]

Tipi di dato, istruzioni di assegnazione, operazioni aritmetiche e logiche, istruzioni di controllo, sottoprogrammi e passaggio dei parametri, libreria di I/O, libreria matematica, *file* di testo.

Telematica [12 ore]

Tipologie di comunicazione (seriale, parallela; sincrona, asincrona; a commutazione di circuito e di pacchetto); reti di calcolatori (topologia a stella, ad anello ed a *bus*; LAN, MAN e WAN; esempi: lo *standard IEEE 802.3*, la rete Internet); strumenti di comunicazione in rete (posta elettronica, trasferimento di dati, terminale virtuale; il ciber spazio: *gopher, veronica, wais, www*); sistemi *client-server*.

ESERCITAZIONI

- Codifica dell'informazione: conversioni tra basi diverse, codifica di numeri relativi e razionali, codifica di informazioni generiche, rivelazione e correzione di errori casuali; [2 ore]
- operazioni aritmetiche: addizioni e sottrazioni in binario puro ed in complemento a due; [2 ore]
- logica booleana: verifica di espressioni logiche, costruzione e minimizzazione di funzioni logiche; [2 ore]
- architettura degli elaboratori elettronici: dimensionamento di componenti e calcolo di prestazioni; [2 ore]
- i *personal computer* MS-DOS: configurazione *software* di un PC, scrittura di *file* di comandi; [4 ore]
- programmazione in linguaggio C: interfacce a menù, applicazione di formule matematiche, riduzione di dati numerici, analisi di testi. [16 ore]

LABORATORIO

- uso dei *personal computer* MS-DOS; [4 ore]
- programmazione in linguaggio C; [14 ore]
- uso di strumenti di produttività individuale; [4 ore]
- uso di strumenti per la navigazione in rete. [2 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Dispense delle lezioni ed esercitazioni (presso le cooperative del Politecnico).

P. Tosoratti, G. Collinassi, *Introduzione all'informatica*, Ambrosiana.

B. Kernigham, D. Ritchie. *Il linguaggio C*, Jackson.

Testo per approfondimenti:

Peter Bishop, *Informatica*, Jackson.

ESAME

L'esame si articola su due prove scritte (una di teoria ed una di programmazione) da superare entrambe nel medesimo appello. Il voto finale è la media aritmetica (arrotondata per eccesso) dei voti riportati nelle due prove scritte.

Per gli allievi regolari è prevista verso la fine di maggio una prova speciale di teoria che, in caso di superamento, esonera per un anno dalla relativa prova scritta permettendo così all'allievo di sostenere negli appelli successivi solo più la prova di programmazione. La prova di esonero resta valida anche in caso di insufficienza in una prova di programmazione. Nel caso che l'allievo si presenti ad una prova di teoria, il voto dell'eventuale prova di esonero viene automaticamente cancellato, indipendentemente dal risultato della prova di teoria.

R0232 **Analisi matematica 2**

Anno: periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Magda Rolando

Il corso si propone di completare la formazione matematica di base dello studente, con particolare riferimento al calcolo differenziale e integrale in più variabili, alla risoluzione delle equazioni e dei sistemi differenziali e ai metodi di sviluppo in serie.

REQUISITI. Sono propedeutici i corsi di *Analisi matematica 1* e *Geometria*.

PROGRAMMA

1. *Funzioni di più variabili.* [4 ore lezione, 3 ore esercitazioni]

Nozioni di topologia negli spazi n -dimensionali. Limite. Continuità.

2. *Calcolo differenziale per funzioni di più variabili.* [7 ore lez., 7 ore es.]

Funzioni scalari: derivate parziali. Derivate direzionali. Differenziale; piano tangente. Gradiente. Formula di Taylor. Matrice hessiana. Punti stazionari: loro classificazione. Funzioni vettoriali: Derivate parziali. Derivate direzionali. Matrice jacobiana. Differenziale. Derivazione di una funzione composta: regola della catena.

3. *Calcolo differenziale su curve e superfici.* [5 ore lez., 4 ore es.]

Curve. Superfici regolari nello spazio. Funzioni implicite e varietà. Massimi e minimi vincolati, moltiplicatori di Lagrange.

4. *Integrali multipli.* [10 ore lez., 12 ore es.]

Integrali multipli e loro trasformazioni nello spazio n -dimensionale. Primo teorema di Guldino. Cenni sugli integrali impropri. Funzioni definite mediante integrali, teorema di derivazione sotto il segno di integrale.

5. *Integrali su curve e superfici.* [8 ore lez., 6 ore es.]

Integrale curvilineo. Area di una superficie. Secondo teorema di Guldino. Superfici orientate. Integrale di flusso. Teorema della divergenza. Forma differenziale lineare. Integrale di linea di un campo. Teorema di Green. Teorema di Stokes. Forma differenziale esatta. Teorema fondamentale. Potenziale.

6. *Serie numeriche e serie di funzioni.* [10 ore lez., 4 ore es.]

Serie numeriche, generalità. Serie a termini positivi. Serie a termini di segno alterno. Assoluta convergenza. Serie negli spazi normati. Serie di funzioni; convergenza puntuale e assoluta, in media quadratica, uniforme. Teorema di Weierstrass. Teorema di integrazione e derivazione per serie.

7. *Serie di Fourier.* [6 ore lez., 2 ore es.]

Funzioni periodiche. Famiglie ortogonali di funzioni. Polinomi trigonometrici. Polinomio di Fourier di una funzione, a quadrato integrabile. Serie di Fourier, sua convergenza in media quadratica. Identità di Parseval. Convergenza puntuale ed uniforme della serie di Fourier.

8. *Serie di potenze.* [8 ore lez., 6 ore es.]

Serie di potenze, raggio di convergenza. Sviluppo in serie di Taylor. Sviluppi notevoli. Funzioni definite mediante integrali non elementari. Applicazioni numeriche. Matrice esponenziale.

9. Sistemi di equazioni differenziali. [14 ore lez., 6 ore es.]

Sistemi di equazioni differenziali del primo ordine. Problema di Cauchy. Equazioni differenziali di ordine n .

Sistemi differenziali del primo ordine lineari in forma normale. Sistema omogeneo. Sistema completo, metodo di Lagrange. Equazioni differenziali di ordine n lineari. Integrazione per serie di equazioni differenziali lineari del secondo ordine. Sistemi differenziali lineari a coefficienti costanti del primo ordine. Sistemi omogenei soluzioni e loro soluzioni tramite la matrice esponenziale.

Sistemi lineari non omogenei di tipo particolare. Equazioni differenziali lineari di ordine n a coefficienti costanti.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Bacciotti, F. Ricci, *Lezioni di Analisi matematica II*, Levrotto & Bella, Torino, 1991.

Testi ausiliari:

S. Salsa, A. Squellati, *Esercizi di Analisi matematica II*, Masson, Milano, 1994.

H.B. Dwight, *Tables of integrals and other mathematical data*, MacMillan.

Leschiutta, Moroni, Vacca, *Esercizi di matematica*, Levrotto & Bella, Torino, 1982.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed una orale, che devono essere sostenute nello stesso appello. Lo studente può presentarsi alla prova scritta una volta per sessione. È necessario prenotarsi preventivamente all'appello, consegnando lo statino presso la segreteria didattica del dipartimento di Matematica, entro la data che verrà di volta in volta comunicata. Se la prenotazione non viene disdetta, lo studente viene considerato come presente. Durante le prove scritte è vietato l'uso di qualsiasi tipo di macchina calcolatrice e di *computer*; lo studente può utilizzare gli appunti del corso, il libro di testo e le tavole.

Se la prova scritta non viene ritirata dallo studente dopo la presentazione delle soluzioni da parte del docente effettuata al termine della prova scritta, l'esito dell'esame verrà comunque registrato.

L'orale non può essere sostenuto se la prova scritta risulta insufficiente. L'eventuale esito negativo della prova orale comporta la ripetizione anche della prova scritta in una successiva sessione.

R1902 **Fisica 2**

Anno: periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+2 (ore settimanali)

Docente: Piera Taverna Valabrega (collab.: C. Castagno)

Scopo dei corsi di fisica è quello di dare una visione coerente ed unificata dei fenomeni fisici e dei metodi che ne permettono lo studio. Nella prima parte del corso di *Fisica 2* vengono trattati le interazioni elettromagnetiche analizzate in termini di campi. Sono discusse le leggi fondamentali dell'elettromagnetismo (nel vuoto e nella materia) che si compendiano nelle equazioni di Maxwell. Particolare rilievo è dato allo studio delle onde elettromagnetiche, come estensione delle equazioni di Maxwell e dei fenomeni ondulatori, quali interferenza, diffrazione e polarizzazione. Nella seconda parte del corso viene fornita una breve introduzione alla meccanica quantistica, base per lo studio della struttura della materia. Nell'ultima parte vengono analizzati i concetti base della termodinamica classica con alcuni cenni di termodinamica statistica.

PROGRAMMA

Elettrostatica nel vuoto e nella materia

Isolanti e conduttori, costante dielettrica. [6 ore]

Corrente, resistenza, forza elettromotrice

Corrente elettrica, resistenza, densità di corrente, resistività. Conduttori ohmici, legge di Ohm. Interpretazione microscopica della legge di Ohm (cenni). Generatori ideali e reali di tensione. Generatore di van de Graaf. Bilancio energetico nei circuiti. Circuito RC. Misura di resistenze (laboratorio). [6 ore]

Campo magnetico

Forze magnetiche su cariche in moto e su correnti. Definizione del vettore \mathbf{B} . Effetto Hall. Forze magnetiche sui circuiti, momento di dipolo magnetico. Moto di cariche in campo magnetico. Ciclotrone. [4 ore]

Legge di Ampère: campo magnetico di circuiti percorsi da corrente. Dipoli elettrici e magnetici: analogie, differenze. Forze fra conduttori. Definizione dell'*ampere*. [4 ore]

Legge di Faraday: FEM indotta da campi magnetici variabili nel tempo. Considerazioni energetiche. Calcolo del campo elettrico indotto da campi magnetici variabili. Beta-trone. Auto- e mutua induzione. Autoinduttanza di avvolgimenti toroidali e solenoidali. Circuito LR. Energia del campo magnetico. Circuiti LC ed RLC: analogie meccaniche, considerazioni energetiche, risonanza (laboratorio). Corrente di spostamento ed equazioni di Maxwell. [6 ore]

Proprietà magnetiche dei materiali

Magneti permanenti, correnti di magnetizzazione. Sostanze dia-, para-, ferro-magnetiche. Legge di Curie. Legge di Gauss per il magnetismo. Vettore \mathbf{H} . Legge di Ampère in presenza di mezzi materiali. Risonanza magnetica nucleare. [4 ore]

Onde elettromagnetiche

Equazioni di Maxwell in forma integrale e differenziale. Equazione dell'onda elettromagnetica. Onda piana: relazioni fra i vettori \mathbf{E} , \mathbf{B} , \mathbf{H} . Energia dell'onda e vettore di Poynting. Quantità di moto dell'onda, pressione di radiazione. Antenne a dipolo elettrico (trasmettenti e riceventi). Lo spettro elettromagnetico. Luce. [8 ore]

Onde elettromagnetiche luminose

Riflessione e rifrazione: relazioni di Fresnel. Dispersione della luce principio di Huygens. Superfici d'onda e raggi. [2 ore]

Interferenza: esperimento di Young; coerenza, tempo di coerenza. Pellicole sottili, rivestimenti antiriflettenti. Diffrazione: fenomeni di Fresnel e Fraunhofer. Potere separatore degli strumenti ottici (macchina fotografica, occhio umano, telescopio). Interferenza con più sorgenti. Reticoli di diffrazione. Diffrazione dei raggi X, legge di Bragg. [10 ore]

Polarizzazione della luce mediante riflessione, dicroismo, doppia rifrazione e diffusione. Misure in luce polarizzata (laboratorio). [4 ore]

Interazione radiazione elettromagnetica con la materia

Descrizione effetto fotoelettrico ed effetto Compton: onde e corpuscoli. Relazioni energia - frequenza ed impulso. Vettore d'onda. Quantizzazione livelli energetici. Emissione della luce spontanea e indotta: laser. [4 ore]

Temperatura e calore

Equilibrio termico, principio zero. Temperatura, termometro a gas rarefatto. Punti fissi, punto triplo. Quantità di calore, calori specifici, legge di Dulong e Petit. Equiva-

lente meccanico della caloria. Primo principio. Conduzione del calore in regime stazionario e non. Misura della diffusività termica (laboratorio). [4 ore]

Teoria cinetica

Gas perfetto: definizioni macroscopica e microscopica. Calcolo della pressione. Interpretazione cinetica della temperatura. Equazione dell'adiabatica reversibile. Principio di equipartizione dell'energia, calori specifici di gas e solidi. [4 ore]

Secondo principio della termodinamica

Processi reversibili ed irreversibili. Ciclo di Carnot per il gas perfetto. Macchine termiche e frigorifere. Teorema di Carnot. Secondo principio. Scala termodinamica assoluta delle temperature. Entropia: definizione, calcolo. Entropia e secondo principio, aumento di entropia nei processi naturali. Principali trasformazioni irreversibili, espansione senza lavoro esterno. Elementi di meccanica statistica e interpretazione statistica dell'entropia. [6 ore]

Meccanica quantistica

Cenni di meccanica quantistica e calori specifici alle basse temperature. [4 ore]

LABORATORIO

1. Misura di resistenza mediante ponte di Wheastone e misura di temperatura con sensore PT100.
2. Studio delle oscillazioni forzate in un circuito RLC mediante uso di oscilloscopio e generatore di segnali, e simulazioni al calcolatore di transistori in circuiti RC e RLC.
3. Misura di lunghezza d'onda della luce mediante reticolo di diffrazione, uso di polarizzatori, verifica della legge di Malus, misura dell'angolo di Brewster con sensore a fotodiode.
4. Misura della diffusività termica di un provino metallico.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

B. Minetti, A. Pasquarelli, *Calore e termodinamica*, Levrotto & Bella, Torino.

U. Amaldi, Bizzarri, *Fisica generale. Elettromagnetismo, relatività, ottica*, Zanichelli.

Testi ausiliari:

A. Tartaglia, *Esercizi svolti di elettromagnetismo e ottica*, Levrotto & Bella, Torino.

P. Mazzoldi, N. Nigro, C. Voci, *Fisica. Vol. 2*. EDISES, Napoli.

ESAME

L'esame consta di una prova scritta seguita da una prova orale, entrambe da effettuarsi nella stessa sessione, non necessariamente nello stesso appello. Lo scritto ha la durata di 2 ore, e consiste in una serie di problemi e/o quesiti sugli argomenti trattati nel corso e sulle esperienze di laboratorio. Il massimo voto ottenibile dall'esame è condizionato dal voto dello scritto. Il peso massimo che la prova scritta può avere sulla valutazione finale è di 50/100.

Alla fine del primo semestre gli studenti possono sostenere una prova scritta comprendente problemi e/o quesiti. Questa prova scritta, se superata con almeno 15/30, dà diritto agli studenti a essere esonerati dallo scritto d'esame per l'intero AA.

R 1390 **Disegno di impianti e di sistemi industriali**

(Tutti gli indir., tranne Pianif. e gest. territoriale)

Anno/periodo 2:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+3+2 (ore settimanali)

Docente: Stefano Tornincasa (collab.: Daniele Romano)

Il linguaggio base di tutte le attività ingegneristiche è rappresentato, nella maggior parte dei casi, dal disegno che coinvolge l'ingegnere in due attività distinte: la modellazione e la comunicazione.

Nell'attività di progettazione ed analisi di sistemi, processi ed impianti industriali, tipici dell'ingegneria ambientale, l'ingegnere utilizza il disegno per la scelta della soluzione costruttiva, l'effettuazione dei calcoli di progetto, la definizione del rischio ambientale con le analisi tecnico-economiche comparate delle diverse soluzioni; in questo senso il disegno non si presenta solo come un'attività puramente grafica, ma come la sintesi dell'elevato patrimonio conoscitivo dell'ingegnere in un prodotto rispondente a delle specifiche funzionali, ambientali ed economiche.

REQUISITI. *Fondamenti di informatica, Geometria.*

PROGRAMMA

Prima parte. Le basi del disegno tecnico industriale. [10 ore]

1. Introduzione al disegno tecnico, normativa e collocazione nel ciclo di vita del prodotto. [4 ore]
2. Le proiezioni ortogonali e norme di rappresentazione. [4 ore]
Proiezioni di punti, segmenti e figure e solidi. Compenetrazioni ed intersezioni di solidi norme di rappresentazione delle sezioni.
3. Proiezioni assonometriche. [2 ore]
Assonometrie ortogonali e oblique.

Seconda parte. Il disegno di costruzioni meccaniche. [24 ore]

4. Le lavorazioni meccaniche. [4 ore]
Classificazione delle lavorazioni meccaniche con cenni di metrologia. Le lavorazioni per asportazione di truciolo e per deformazione plastica.
5. La quotatura. [4 ore]
Quotatura funzionale e tecnologica. Sistemi di quotatura.
6. I collegamenti filettati. [3 ore]
Sistemi di filettature e rappresentazione unificate. Bulloneria e dispositivi antisvitamento.
7. La rappresentazione degli errori. [6 ore]
Le tolleranze dimensionali. Sistema unificato ISO di tolleranze, accoppiamenti raccomandati. Rugosità, lavorazione, tolleranze. Le tolleranze geometriche, principio del massimo materiale.
8. I collegamenti meccanici. [3 ore]
Chiavette e linguette e profili scanalati. Spine ed anelli elastici. Le saldature e chiodature.
9. Materiali per le costruzioni meccaniche. [2 ore]
Classificazione e designazione dei materiali metallici. Cenni sui materiali non metallici e sui trattamenti termici.
10. Trasmissioni meccaniche. [2 ore]
Scelta, montaggio e applicazioni di cuscinetti. Trasmissioni meccaniche fondamentali.

Terza parte. Il disegno di impianti industriali. [18 ore]

11. Organi di tenuta, trasporto e regolazione dei fluidi. [4 ore]
Guarnizioni; organi di regolazione: valvole e saracinesche. Sistemi oleoidraulici e pneumatici.
12. Il disegno di impianti industriali. [14 ore]
Impianti idraulici di tipo civile. Impianti industriali di distribuzione dell'acqua, dell'aria compressa. Impianti di riscaldamento e condizionamento. Impianti di depurazione delle acque; trattamento dei fanghi. Impianti elettrici, simboli grafici unificati.

Quarta parte. Il disegno automatico. [8 ore]

13. Uso del *software* grafico AutoCAD. [8 ore, durante le ore di esercitazione]
I *menu* e le primitive di base di AutoCAD. Comandi di *editing*, blocchi e i tratteggi; la quotatura. Il disegno di impianti con AutoCAD. La visualizzazione tridimensionale; il sistema coordinate utente. Le primitive in 3D e la modellazione solida con AutoCAD.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nell'esecuzione di particolari e complessivi di componenti meccanici e nel disegno di impianti industriali. Tutte le tavole eseguite verranno corrette in aula e valutate.

La correzione ha lo scopo di:

- a) capire gli eventuali problemi di apprendimento dell'allievo.
- b) aiutare l'allievo ad acquisire gradualmente l'abilità grafica e la capacità di interpretazione dei disegni tecnici attraverso la revisione degli errori abituali.
- c) costituire un elemento di definizione del voto dell'esame finale.

LABORATORIO

Le tavole proposte (almeno il 30 % dei disegni) potranno essere eseguite mediante il *software* grafico a disposizione nel laboratorio informatico.

BIBLIOGRAFIA

Gli appunti delle lezioni e delle esercitazioni del prof. Tornincasa (3 fascicoli rilegati).
D. Raker, H. Rice, *AutoCAD 12*, ed. tascabile, Tecniche Nuove.

ESAME

È prevista una prova grafica di accertamento alla quale possono partecipare solo coloro che hanno consegnato tutte le tavole previste. Questa prova esonera l'allievo dalla prova grafica, e permette di svolgere la prova orale fino alla sessione di luglio successiva. Il voto dell'accertamento viene integrato dalla valutazione delle esercitazioni. L'esame consiste in:

- a) prova grafica (3 ore), che ha lo scopo di verificare le capacità dello studente di leggere ed interpretare un disegno, e di dimensionare ai fini tecnologici-costruttivi gli elementi rappresentati.
- b) prova orale, che ha lo scopo di verificare la conoscenza degli aspetti funzionali e costruttivi dei componenti e degli impianti trattati nel corso di teoria.

A conclusione delle prove *a* e *b*, il voto viene ottenuto come media ed integrato dalla valutazione delle esercitazioni. Non è possibile sostenere l'esame (né ottenere la frequenza) senza aver consegnato almeno l'80 % delle tavole.

TESINE D'ESAME. Gli allievi facoltativamente possono dividersi in gruppi di lavoro (al massimo 4 persone), per lo svolgimento di elaborati (preferibilmente da eseguire al CAD) sui temi principali trattati nel corso e da discutere durante la prova orale.

R1370 **Disegno** (annuale)

(Indir. Pianif. e gest. territoriale)

Anno: periodo 2: 1,2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 50+40+30 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppa Novello Massai

Il corso, per buona parte di natura propedeutica, intende fornire gli strumenti formativi di base in ambito di rappresentazione grafica, con riferimento al *curriculum* didattico degli allievi e in relazione ai campi operativi di attività professionale dell'ingegnere, attraverso l'introduzione e l'approfondimento:

- delle nozioni teoriche ed applicative di base del linguaggio grafico in relazione a finalità descrittive, interpretative e/o di trasformazione dell'ambiente costruito e naturale;
- delle nozioni sui metodi e sistemi di rappresentazione e relative tecniche, con riferimento ad alcuni elementi di geometria descrittiva e proiettiva e alla normativa per il disegno tecnico, con approfondimenti alle diverse scale e livelli di elaborazione;
- dei lineamenti fondamentali del disegno assistito da elaboratore elettronico, con riguardo all'uso e alle potenzialità dell'ausilio del calcolo e dell'elaborazione automatica dei dati per il rilievo e per la progettazione ambientale.

Gli elementi di geometria descrittiva e proiettiva sono illustrati quali riferimenti fondamentali per affrontare i problemi di rappresentazione, mentre le tematiche inerenti la normativa tecnica vengono finalizzate ai processi produttivi interessati, dalla scala dell'oggetto a quella territoriale e urbana. Il campo del disegno tradizionale viene integrato dalla trattazione effettuata con strumentazioni e applicazioni informatiche, con una scelta di base relativa a modalità quanto più standardizzate possibili di elaborazione, e con limitate proiezioni nell'ambito della progettazione ambientale, mantenuta con rigore entro dimensioni accessibili per la formazione di allievi del secondo anno e al primo corso di disegno.

PROGRAMMA

Cenni sui fondamenti scientifici della rappresentazione grafica; percezione e razionalizzazione della visione tra modellazione matematico-geometrica e simulazione tecnico-rappresentativa. Il disegno come linguaggio. Evoluzione storica della disciplina in relazione alla formazione dell'ingegnere per l'ambiente e il territorio. [10 ore]

Elementi di geometria descrittiva e proiettiva quali riferimenti fondamentali per affrontare qualsiasi problema di rappresentazione (proiezioni ortogonali, assonometrie, prospettive, disegno esploso, teoria delle ombre, soleggiamento, rappresentazione del territorio, degli insediamenti, dei manufatti). [35 ore]

Problemi di quotatura e normativa tecnica finalizzati al processo produttivo, con individuazione delle scelte progettuali negli ambiti specifici e con cenni alle tematiche del rilevamento territoriale. [10 ore]

Problemi di disegno tecnico e di normativa specifica come insieme di procedure volte a costituire, nei singoli settori applicativi, unità di linguaggi caratterizzati per utenze di specifica formazione culturale e tecnologica. [10 ore]

Approfondimenti del disegno tecnico con particolari applicazioni alla progettazione esecutiva ed al rilievo nei campi operativi per la gestione delle risorse ambientali. Elementi di dimensionamento nella progettazione ambientale: il caso-simbolo delle utenze disabili, disegno, qualità e fruibilità dell'ambiente. [20 ore]

Nuove tecnologie informatiche ed elaborazioni automatiche dei dati: disegno assistito, applicazioni *standard*; tendenze e prospettive, dal progetto dei manufatti alla gestione territoriale attraverso i sistemi informativi. [35 ore]

BIBLIOGRAFIA

La bibliografia di base e quella di riferimento vengono presentate durante la trattazione dei vari argomenti anche in relazione agli interessi esposti dagli allievi, insieme con documentazioni ed elaborati di supporto didattico.

ESAME

Per il superamento dell'esame è richiesto il puntuale apprendimento delle nozioni esposte, dimostrato dalla capacità di corretta lettura ed esatta esecuzione dei disegni tecnici, una accettabile precisione grafica non disgiunta dalla capacità di esprimere in rapidi schizzi a mano libera la rappresentazione richiesta dei manufatti e dei contesti ambientali, siano essi esistenti o oggetto di progettazione. Verifiche di apprendimento vengono condotte mediante esercitazioni settimanali esemplificative degli argomenti delle singole lezioni ed esercitazioni applicative e ricapitolative inerenti al disegno tecnico. Sono previste tre prove di accertamento sull'apprendimento intermedio consistenti in prove grafiche ed elaborazioni CAD che, se superate, esonerano dagli argomenti interessati, la presentazione di una ricerca con tema a scelta personale, una prova grafica finale estemporanea, un esame orale sulle parti teoriche. Gli esoneri vengono ritenuti validi per tutte le sessioni dello uno stesso anno accademico di frequenza, le prove grafiche finali per la singola sessione relativa.

R5570 **Tecnologia dei materiali e chimica applicata**

(Tutti gli indir., tranne Ambiente)

Anno: periodo 2,3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 80+20+12 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppina Acquarone

Il corso ha lo scopo di fornire conoscenze di base relative alle caratteristiche tecnologiche e di impiego dei materiali utilizzati nel campo dell'ingegneria edile. Sono trattati problemi relativi alle prestazioni in opera dei materiali ed alcune implicazioni ambientali.

REQUISITI. Corsi di chimica e di fisica.

PROGRAMMA

Le acque.

Generalità. Acque meteoriche, di superficie, sotterranee.

Acque per uso industriale

Analisi di un'acqua.

Durezza: determinazione sperimentale. Trattamenti delle acque: sedimentazione, coagulazione, filtrazione, degasaggio, abbattimento della durezza.

Fragilità caustica.

Demineralizzazione:

- a) Con resine scambiatrici; struttura e preparazione delle resine; l'abbattimento della durezza con resine sodiche.
 - b) Distillazione. Termocompressione e multiplo effetto.
 - c) Condensazione. *Flash evaporation*.
- Dissalazione per congelamento, elettrodialisi, osmosi inversa.

Acque di scarico

La autodepurazione delle acque superficiali.

Determinazione del grado di inquinamento: BOD, COD.

Trattamenti di depurazione: meccanici: grigliatura, macinazione, sedimentazione; biologici: marcite, letti percolanti, fanghi attivi.

Eliminazione dei residui industriali.

Acque potabili

Requisiti organolettici e chimici.

Saggi di potabilità. Trattamenti meccanici. Sterilizzazione.

Un impianto di potabilizzazione.

I combustibili

Definizione. Classificazione dei combustibili.

Potere calorifico superiore ed inferiore. Calcolo di Q_5 e Q_1 da ΔH . Aria teorica di combustione. Volume e composizione dei fumi e relativi calcoli.

Combustione con eccesso di aria: conseguente composizione dei fumi e relativi calcoli. Temperatura teorica di combustione. Idem con eccesso di aria e preriscaldamento di aria e o combustibile. Effetti della dissociazione termica di CO_2 e H_2O .

Perdita al camino.

Temperatura di ignizione, limiti di infiammabilità.

Potenziale termico.

Carburanti (cenni)

Analisi dei prodotti di distillazione del petrolio e dei successivi trattamenti di *cracking*, *hydrocracking*, *reforming*.

Classificazione dei carburanti, numero di ottano, numero di punto di anilina, indice *diesel*.

Inquinamento da carburanti.

Diagrammi di stato

Generalità e regola di Gibbs.

Diagrammi di stato binari

Miscibilità completa allo stato liquido e:

1. Immiscibilità allo stato solido;
 - idem* con formazione di un composto intermedio che fonde
 - a) congruente, b) incongruente.
2. Miscibilità completa allo stato solido.
3. Miscibilità parziale allo stato solido
 - a) con formazione di eutettico, b) con trasformazione peritettica.

Diagrammi di stato ternari

Rappresentazione e lettura delle composizioni.

Lettura del diagramma ternario di tre costituenti

- a) che non formano composti intermedi; b) che formano un composto intermedio che fonde congruente; c) *idem* che fonde incongruente.

Materiali ceramici

Definizione e generalità.

Materie prime

La silice: struttura e diagramma di stato. Struttura dei silicati e delle argille. Cottura della caolinite, diagramma di stato $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$. Cenni sulla sinterizzazione.

Tecnologia dei prodotti ceramici

Estrazione. Atmosferizzazione. Macinazione. Formatura *a)* a secco, *b)* a plastico, *c)* a colo. Plastometro.

Essiccazione: Generalità. Essiccatoi a camera ed a *tunnel*. Essiccatoi ad umidità controllata

Cottura: Forni discontinui e continui.

Prodotti ceramici

Laterizi e terrecotte. Faenze e maioliche. Terraglie tenere e forti. Il cottoforte e la monocottura. Il *gres*. Le porcellane.

Proprietà e prove dei materiali ceramici

Densità reale ed apparente. Porosità reale ed apparente.

Proprietà termiche. Generalità. Dipendenza dal tipo di legame e dalla struttura cristallina. Calore specifico, coefficiente di dilatazione lineare e volumetrica, resistenza agli sbalzi termici.

Proprietà meccaniche. Curva carico - deformazione e modulo di elasticità. Resistenza a trazione e frattura fragile. Resistenza a compressione.

Correlazioni e tabelle.

I leganti

Definizione e classificazione. La presa e l'indurimento.

Leganti aerei

Calce aerea. Materie prime e produzione. Spegnimento. Classificazione. Messa in opera. Requisiti e prove.

Gesso. Materia prima, produzione e messa in opera. Idrolisi ed azione corrosiva sul ferro.

Cemento Sorel.

Leganti idraulici

Cemento *portland*. Materie prime. Cottura. Costituenti mineralogici e moduli dei cementi. L'idratazione del *portland*. Cause di alterazione: *a)* interne, CaO, MgO, ... *b)* esterne, azione delle acque dilavanti, della CO_2 , delle acque solfatiche.

Cemento pozzolanico.

Cemento d'altoforno.

Cemento alluminoso.

I calcestruzzi

Costituenti dei calcestruzzi, caratteristiche e dosaggio. Additivi: acceleranti e ritardanti della presa e indurimento. Fluidificanti. Prove sui calcestruzzi. Calcestruzzi leggeri. Precompressi.

Vetri

Struttura dei materiali vetrosi; ossidi formatori di vetro, modificatori, intermedi. Comportamento al riscaldamento: velocità di nucleazione e di accrescimento dei cristalli. Composizione e proprietà del vetro.

Tecnologia del vetro. Materie prime. Forni da vetro. Smerigliatura e lucidatura. Ricottura. Vetri temprati, di sicurezza e armati.

Vetroceramici

Materiali ferrosi

L'altoforno: materie prime ed equilibri di riduzione degli ossidi di ferro. Diagrammi di stato Fe-Fe₃C e Fe-C.

Struttura e proprietà: la struttura dei metalli e i difetti reticolari. Difetti puntiformi, lineari e planari. Le dislocazioni ed il loro movimento.

Prove sui materiali ferrosi.

Le ghise. Ghise di prima e di seconda fusione; tecniche di fusione; ghisa bianca, grigia, malleabile, globulare.

Gli acciai. Acciai al carbonio. Trattamenti termici degli acciai: ricottura, normalizzazione, tempra, rinvenimento, ricottura d'officina; tempra interrotta e bainitica.

Trattamenti superficiali degli acciai: tempra superficiale, cementazione, nitrurazione, carbonitrurazione.

Classificazione degli acciai: alcuni esempi. Acciai da carpenteria e da armatura di calcestruzzi. Acciai speciali: alfojeni (diagramma Fe-Cu) e austenitizzanti (diagramma Fe-Ni). Alcuni acciai speciali.

Metalli non ferrosi

Il rame. Proprietà e sue leghe fondamentali.

L'alluminio. Proprietà e sue leghe fondamentali.

Corrosione dei materiali metallici

Il meccanismo di corrosione.

Sistemi protettivi: rivestimento con metalli, passivazione, altri trattamenti chimici superficiali; rivestimento con bitumi. Vetrine e vernici.

Materiali bituminosi

Bitumi e asfalti. Campi di utilizzazione. Prove sui materiali bituminosi.

Vetrine e smalti

Generalità e materie prime. Tecniche di applicazione. Smalti per materiali metallici.

Alti polimeri

Generalità. I meccanismi di polimerizzazione. Struttura e proprietà polimeri. Classificazione. Alti polimeri di maggior rilevanza. Additivi. Tecnologia dei polimeri.

Vernici e pitture

Costituzione e classificazione. Vernici sintetiche grasse e bituminose. Pitture.

R0510 Calcolo numerico

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Paola Moroni

Il corso ha lo scopo di illustrare i metodi numerici di base e le loro caratteristiche (condizioni di applicabilità, efficienza sia in termini di complessità computazionale che di occupazione di memoria) e di mettere gli studenti in grado di utilizzare librerie scientifiche (IMSL, NAG) per la risoluzione di problemi numerici.

REQUISITI. *Analisi 1 e 2, Geometria, Fondamenti di informatica.*

PROGRAMMA

1. *Aritmetica, errori.* [6 ore]

Rappresentazione dei numeri in un calcolatore. Errori di arrotondamento, operazioni di macchina. Cancellazione numerica. Condizionamento di un problema, stabilità di un algoritmo.

2. *Sistemi lineari.* [12 ore]

Metodo di eliminazione di Gauss. Decomposizione di Gauss e fattorizzazione LU. Determinazione matrice inversa. Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR.

3. *Autovalori di matrici.* [6 ore]

Metodo delle potenze. Metodo delle potenze inverse. Trasformazioni di similitudine e trasformazioni di Householder. Cenni sul metodo QR.

4. *Approssimazione di dati e di funzioni.* [10 ore]

Interpolazione polinomiale: formule di Lagrange e di Newton. Interpolazione con funzioni polinomiali a tratti. Funzioni *spline*. Metodo dei minimi quadrati.

5. *Equazioni non lineari.* [8 ore]

Radici di equazioni non lineari: metodi di bisezione, secanti, tangenti; metodi iterativi in generale. Sistemi di equazioni non lineari: metodo di Newton e sue varianti. Metodi di ottimizzazione.

6. *Calcolo di integrali.* [8 ore]

Formule di quadratura di tipo interpolatorio: formule di Newton-Cotes e formule gaussiane. Formule composte. *Routines* automatiche.

7. *Equazioni differenziali ordinarie.* [16 ore]

Metodi *one-step* espliciti. Metodi Runge-Kutta. Cenni sulle equazioni alle differenze. Metodi *multistep* lineari. Metodi di Adams. Convergenza e stabilità dei metodi numerici. Sistemi *stiff*.

8. *Equazioni alle derivate parziali.* [10 ore]

Caratteristiche. Classificazione delle equazioni quasi-lineari del secondo ordine. Metodi alle differenze finite.

ESERCITAZIONI

Vengono sottolineati, con esempi, aspetti particolarmente importanti degli argomenti trattati nelle lezioni; vengono svolti esercizi che contribuiscono ad una miglior comprensione della teoria, e costruiti algoritmi di calcolo. Vengono infine proposte allo studente delle esercitazioni al calcolatore da svolgersi o a casa o presso i LAIB del Politecnico.

BIBLIOGRAFIA

G. Monegato, *Fondamenti di calcolo numerico*, Levrotto e Bella, Torino, 1990.

ESAME

È prevista, per i soli iscritti al corso, una prova scritta verso la fine del semestre. Il superamento di questa prova comporta l'esonero della corrispondente parte di programma, purché l'esame finale sia sostenuto in uno degli appelli (5, 6, 7) delle sessioni estive (3, 4). Nel corso della prova non è ammessa la consultazione di testi. L'eventuale ritiro durante la prova di esonero non comporta alcuna conseguenza. L'esame finale è solo orale.

Negli appelli previsti dal calendario l'esame è solo orale.

R 602 1 **Topografia A**

(Indir. Ambiente, Pianif. e gest. territoriale)

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4(0)+0(4) (ore settimanali)

Docente: Barbara Betti

Il corso si propone di fornire agli studenti un'ampia ed approfondita panoramica dei moderni metodi per il posizionamento e delle tecniche per il trattamento delle misure topografiche, tenendo conto dell'impatto che le nuove metodologie tridimensionali hanno avuto sulla filosofia generale del rilievo del territorio. Particolare attenzione verrà rivolta alle moderne strumentazioni topografiche e alle tecnologie di posizionamento basate su segnali provenienti da satelliti artificiali, nonché alle metodologie analitiche per il trattamento dei dati suddetti. L'utilizzo delle metodologie sopra descritte permetterà agli studenti di rilevare e compensare una rete tridimensionale. La compensazione avverrà dopo una serie di esercitazioni al *computer* sull'utilizzo di un moderno *software* per la comparazione della più generale rete topografica. Dei metodi descritti verranno poi analizzati gli impieghi nel campo dell'ingegneria per l'ambiente e il territorio come, ad esempio, la rappresentazione ed il controllo del territorio a fini protezionistici.

REQUISITI. Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Analisi matematica, Geometria, e Fisica.*

PROGRAMMA

Introduzione al corso. [1 ora]

Elementi di statistica. [7 ore]

Elementi di teoria della probabilità; variabili casuali e statistiche a una dimensione; la media; la varianza e la legge di propagazione della varianza; la disuguaglianza di Tchebycheff; la variabile casuale n -dimensionale, media e covarianza; legge di propagazione della covarianza, il coefficiente di correlazione lineare; il teorema centrale della statistica.

Trattamento delle osservazioni. [8 ore]

Variabile campionaria; statistiche e stimatori; correttezza e consistenza; il metodo dei minimi quadrati; formulazione generale del problema (caso lineare); soluzione del problema di minimi quadrati; stimatori di osservabili e parametri; covarianza degli stimatori e stima della varianza; problemi di stima non lineari.

Elementi di geodesia. [7 ore]

Campo della gravità terrestre; campo della gravità normale, campo anomalo e deviazione della verticale; geoidi, sferoide ed ellissoide terrestre; geometria dell'ellissoide; il teorema della geodesia operativa; sistemi di riferimento e sistemi di coordinate: loro ambito di validità.

Cartografia. [7 ore]

Rappresentazione dell'ellissoide sul piano; classificazione delle rappresentazioni cartografiche; equazioni differenziali delle rappresentazioni cartografiche; la rappresentazione conforme di Gauss; la cartografia ufficiale italiana.

Operazioni di rilievo topografico. [12 ore]

Metodi per il rilievo planimetrico; osservabili per il rilievo planimetrico; reti di inqua-

drammento dei rilievi a diversa scala e a diversa dimensione; triangolazione, trilaterazione, poligonali; rilievo di dettaglio; compensazione minimi quadrati delle reti planimetriche; simulazione ed ottimizzazione; metodi per il rilievo altimetrico: livellazione trigonometrica e livellazione geometrica; compensazione minimi quadrati delle reti altimetriche; simulazione ed ottimizzazione; metodi per il rilievo tridimensionale; reti tridimensionali; sistemi di riferimento ed equazioni di osservazione; compensazione minimi quadrati delle reti tridimensionali.

GPS. [6 ore]

Tecniche moderne per il posizionamento: il GPS, descrizione del metodo, equazioni di osservazione, compensazione ed esecuzione di reti GPS; compensazione congiunta di misure topografiche classiche e di misure GPS.

Elementi di fotogrammetria. [6 ore]

Definizione di base; fondamenti analitici; il progetto del volo; l'appoggio e la restituzione; strumenti restitutori; cenni di triangolazione aerea.

ESERCITAZIONI

Esercizi di probabilità. [2 ore]

Esercizi sulle variabili casuali e statistiche monodimensionali. [3 ore]

Esercizi sulle variabili causali e statistiche n -dimensionali. [2 ore]

Applicazione della legge di propagazione della covarianza a problemi topografici. [3 ore]

Esercizi minimi quadrati lineari: compensazione di una rete di livellazione geometrica. [2 ore]

Esercizi minimi quadrati non lineari: compensazione di una rete planimetrica. [4 ore]

Lettura ed interpretazione delle carte; esercizi sulla carta di Gauss. [4 ore]

LABORATORIO

Metodologie e strumenti per la misura di angoli. [4 ore]

Metodologie e strumenti per la misura delle distanze. [12 ore]

Metodologie e strumenti per la misura dei dislivelli. [3 ore]

Esercitazioni al computer sull'utilizzo di un programma per la progettazione e compensazione della più generale rete topografica e applicazioni ai casi di reti simulate e rilevate. [10 ore]

Rilievo e compensazione di una rete plano-altimetrica. [12 ore]

Esercitazione sull'utilizzo del GPS. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G. Inghilleri, *Topografia generale*, UTET, Torino, 1970.

F. Sansò, *Il trattamento statistico delle misure*, CLUP, Milano, 1990.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

K. Krauss, *Fotogrammetria* (trad. S. Dequal), Levrotto & Bella, Torino, 1994.

G. Bezoari, C. Monti, A. Selvini, *Fondamenti di rilevamento generale*, Hoepli, Milano, 1984.

T.J. Blachut, A. Chrzanowski, J.H. Saastamoinen, *Urban surveying and mapping*, Springer, New York, 1979.

ESAME

L'esame è suddiviso in una prova scritta ed una prova orale.

La prova scritta consiste nello svolgimento di un esercizio di compensazione di una rete topografica.

La prova orale comprende una serie di domande riguardanti il programma svolto durante le lezioni e le esercitazioni del corso. Ad essa si accede solo se la prova scritta

ha avuto esito positivo. Gli studenti che frequentano regolarmente il corso possono superare una parte dell'esame sostenendo due compiti:

1. compito: si terrà nella settimana successiva al termine delle lezioni di statistica e trattamento delle osservazioni in orari da concordare con gli studenti e comunque non coincidenti con altri impegni didattici;

2. compito: si terrà nella settimana successiva al termine delle lezioni di geodesia e cartografia in orari da concordare con gli studenti e comunque coincidenti con altri impegni didattici. Tutti i compiti devono essere superati con esito positivo.

Durante il 1. appello della sessione estiva verrà proposto un voto complessivo sulla prima parte dell'esame che tiene conto dei risultati conseguiti nei due compiti. Lo studente potrà accettare il voto proposto oppure decidere di sostenere l'esame tradizionale. È consentito il recupero dei compiti. Tale recupero dovrà avvenire in corrispondenza di uno dei tre appelli previsti per la sessione estiva. A partire dalla sessione autunnale lo studente dovrà comunque sostenere l'esame completo.

R 6022 Topografia B

(Indir. Difesa del suolo, Georisorse, Geotecnologie)

Anno: periodo 2,3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Giuliano Comoglio

La parola topografia significa letteralmente descrizione grafica e metrica dei luoghi. In questo corso vengono impartiti i principali concetti teorici e pratici delle operazioni di misura (classiche e moderne) e di calcolo (statistica) relativi ai metodi di rilievo.

Ampio spazio viene anche dedicato al problema della rappresentazione del territorio. La cartografia resta l'elemento di base essenziale per la progettazione di tutte le opere che interagiscono con il territorio.

Questa disciplina fornisce gli strumenti di base generali indispensabili per chi dovrà occuparsi della corretta gestione del territorio ed è propedeutica ai corsi di approfondimento come *Fotogrammetria*, *Cartografia numerica* e *Telerilevamento*.

REQUISITI. Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Analisi matematica*, *Geometria* e *Fisica*.

PROGRAMMA

Statistica. [14 ore]

Variabile statistica ad una dimensione. La variabile casuale. Operazioni tra variabili casuali. Distribuzione di Gauss. Principio di massima verosimiglianza. Principio dei minimi quadrati. Misura indiretta di più grandezze con un numero esuberante di osservazioni.

Geodesia. [12 ore]

Equazione del geoide. Ellissoide di rotazione. Equazioni delle geodetiche. Campo geodetico. Campo topografico. Calcolo delle coordinate sull'ellissoide.

Cartografia. [4 ore]

Moduli di deformazione lineare, areale e angolare. Equazioni differenziali delle carte conformi. La carta di Gauss. La cartografia ufficiale italiana.

Metodi di rilievo. [8 ore]

Compensazione rigorosa delle reti planimetriche. Compensazione rigorosa delle reti altimetriche.

Misura delle distanze. [4 ore]

Equazione fondamentale dei distanziometri ad onde. Metodi di misura ad impulsi. Descrizione degli strumenti e delle principali applicazioni.

Misura dei dislivelli. [4 ore]

Livellazione geometrica. Livellazione trigonometrica.

Misure GPS. [6 ore]

Il sistema NAVSTAR GPS. Struttura del segnale. Modalità *pseudo-range*. Misura di fase. Equazione fondamentale. Compensazione delle misure.

ESERCITAZIONI

Statistica. [8 ore]

Variabile statistica e variabile casuale. Operazioni tra variabili casuali. Compensazione rigorosa ai minimi quadrati di una rete planimetrica e di una rete altimetrica.

Cartografia. [4 ore]

La cartografia ufficiale italiana. Concetto di cartografia numerica.

Metodi di rilievo. [12 ore]

Rilievo di una linea di livellazione geometrica. Poligonali: aperte vincolate agli estremi, chiuse. Compensazione empirica.

Misura delle distanze. [4 ore]

Metodi diretti, indiretti e distanziometri ad onde.

Misura degli angoli. [14 ore]

Schema del teodolite, messa in stazione, condizioni di rettifica. Misura degli angoli azimutali e zenitali.

Misura dei dislivelli. [10 ore]

Livelli automatici ed elettronici, condizione di rettifica. Livellazione geometrica dal mezzo. Esecuzione di una battuta di livellazione.

BIBLIOGRAFIA

G. Inghilleri, *Topografia generale*, UTET, Torino, 1970 (esaurito).

G. Bezoari, C. Monti, A. Selvini, *Topografia e cartografia*, Hoepli, Milano, 1992.

ESAME

L'esame è suddiviso in una prova pratica e una prova orale. La prova pratica consiste nella misura di una grandezza topografica (angolo, distanza, dislivello). La prova orale comprende una serie di domande riguardanti il programma svolto durante le lezioni e le esercitazioni del corso. Ad essa si accede solo se la prova pratica ha avuto esito positivo.

Gli studenti che frequentano regolarmente il corso possono superare l'esame sostenendo una serie di tre esoneri:

1. colloquio. Si terrà nella settimana successiva al termine delle lezioni di statistica, geodesia e cartografia, in orari non coincidenti con altri impegni didattici;
2. colloquio. Si terrà nella settimana successiva al termine delle lezioni di metodi di

rilievo, misura delle distanze, GPS, in orari non coincidenti con altri impegni didattici; 3. colloquio e prova pratica. Si terrà nella settimana successiva al termine delle esercitazioni in orari non coincidenti con altri impegni didattici.

Tutti gli esoneri devono essere superati con esito positivo.

Durante il 1. appello della sessione estiva verrà proposto un voto complessivo di esame che tiene conto dei risultati conseguiti nei tre esoneri. Lo studente potrà accettare il voto proposto oppure decidere di sostenere l'esame tradizionale. È consentito il recupero di un solo esonero fallito. Tale recupero dovrà avvenire in corrispondenza di uno dei tre appelli previsti per la sessione estiva. A partire dalla sessione autunnale lo studente dovrà comunque sostenere l'esame completo.

R2160 Fondamenti di chimica industriale

(Indir. Ambiente)

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Maurizio Onofrio (collab.: Franco Marchese)

Il corso riprende le conoscenze di chimica generale, inorganica ed organica, approfondendo lo studio delle reazioni chimiche in fase liquida e gassosa, sviluppando lo studio degli equilibri chimici, della resa delle reazioni, in particolare per quelle di maggior applicazione nel campo del trattamento degli inquinanti e della combustione. Nella seconda parte del corso si sviluppa lo studio degli equilibri fisici fra le fasi, introducendo le operazioni a stadi e la loro applicazione nei sistemi di trattamento. Nella terza parte si considerano le caratteristiche dei principali inquinanti ed i principi dei metodi analitici per la loro determinazione.

REQUISITI. È propedeutico il corso di *Chimica*.

PROGRAMMA

La reazione chimica: aspetti qualitativi e quantitativi, stechiometria e bilanci di materia, reazioni di ossido-riduzione. [2 ore]

Equilibri acido-base: *pH*, costanti di dissociazione, forza degli acidi e delle basi. Equilibri di precipitazione: solubilità, prodotto di solubilità, influenza del *pH*. Equilibri redox: potenziali di ossidoriduzione, serie elettrochimica, equazione di Nernst. [4 ore]

Calori di formazione e tonalità termica delle reazioni; combustibili, potere calorifico superiore ed inferiore, aria e fumi stechiometrici, bilancio entalpico, temperatura adiabatica di fiamma, resa. [4 ore]

Equilibri in fase gas. [4 ore]

Equilibri fisici: la ripartizione dei componenti fra le fasi; assorbimento, distillazione, adsorbimento, cristallizzazione. [8 ore]

Le operazioni a stadi: calcolo degli stadi con metodo grafico e analitico; cenni sui sistemi di trattamento. [6 ore]

I parametri di inquinamento: grandezze e unità di misura. [2 ore]

Criteri di valutazione delle interazioni delle sostanze con l'ambiente; tossicità delle sostanze. [8 ore]

Metodi di determinazione degli inquinanti. [4 ore]

Interazione primaria delle sostanze con l'ambiente (aria, acqua e suolo). [4 ore]

Interazione secondaria: evoluzione degli inquinanti immessi nell'ambiente, *smog* fotochimico, piogge acide, effetto serra. [4 ore]

Caratteristiche degli inquinanti aeriformi: ossidi d'azoto, monossido di carbonio, ossidi di zolfo. Cenni sui sistemi di trattamento. [6 ore]

ESERCITAZIONI. Le esercitazioni in aula vertono sullo sviluppo di esempi numerici riguardanti lo studio dei sistemi coinvolgenti equilibri chimici e fisici, i bilanci di materia e di energia, la combustione.

LABORATORIO. In laboratorio si sviluppano esercitazioni pratiche esemplificative della misura di COD, TOC, BOD, neutralizzazione, rimozione di inquinanti per precipitazione, adsorbimento su carbone attivo.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Durante lo sviluppo del corso sono distribuite delle dispense che, integrate con gli appunti delle lezioni, costituiscono il materiale di supporto per la preparazione dell'esame.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

M. Freiser, G. Fernando, *Gli equilibri ionici nella chimica analitica*, Piccin, Padova.

O.A. Houghen, K.M. Watson, R.R. Ragatz, *Processi dei principi chimici. Vol. 2*, Ed. Ambrosiana, Milano

A.C. Stern, *Air pollution*, Academic Press, New York.

Testi specialistici che gli studenti potranno consultare, su indicazione del docente, presso la biblioteca dipartimentale.

ESAME. In chiusura al corso viene svolta una prova scritta, che ha valore di esonero per una parte del programma. L'esame orale verte sulla restante parte o, per coloro che non hanno superato l'esonero, sull'intero programma.

R2490 **Idraulica**

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Enzo Buffa (collab.: Maurizio Rosso)

Il corso si propone di fornire gli elementi per il proporzionamento dei recipienti destinati a contenere fluidi e per il dimensionamento delle condotte in pressione e dei canali. Un particolare accenno è fatto ai moti di filtrazione in relazione alle specifiche dell'ingegneria ambientale.

REQUISITI.

Conoscenze di base di *Analisi matematica 1 e 2*, *Fisica 1*, *Meccanica razionale*.

PROGRAMMA

I fluidi e le loro caratteristiche. [2 ore]

Definizione di fluido; i fluidi come sistemi continui; grandezze della meccanica dei fluidi e unità di misura, proprietà fisiche; regimi di movimento; sforzi nei sistemi continui.

Statica dei fluidi e dei galleggianti. [6 ore]

Equazione indefinita della statica dei fluidi; equazione globale dell'equilibrio statico; statica dei fluidi pesanti incompressibili: misura della pressione, spinta su una superficie piana e spinta su superfici curve; spinta sopra corpi immersi; statica dei fluidi pesanti incompressibili. Equilibrio e stabilità dei galleggianti.

Cinematica dei fluidi e dinamica dei fluidi. [4 ore]

Velocità e accelerazione elementi caratteristici del moto; tipi di movimento.

Dinamica dei fluidi perfetti. [10 ore]

Variatione del carico piezometrico lungo la normale la binormale e la tangente alla traiettoria; correnti lineari; teorema di Bernoulli; interpretazione geometrica ed energetica; applicazione ad alcuni processi di efflusso; potenza di una corrente in una sezione; estensione del teorema di Bernoulli a una corrente; applicazione del teorema di Bernoulli alle correnti per misurare le portate in condotti: venturimetri e bocchaghi; estensione del teorema di Bernoulli ai fluidi comprimibili; equazione del moto vario ed applicazioni; moti irrotazionali e relativa estensione del teorema di Bernoulli; stramazzi.

Analisi dimensionale e cenni di teoria dei modelli. [2 ore]*Equazioni del moto dei fluidi reali.* [4 ore]

Equazione di Navier; equazione globale di equilibrio.

Correnti in pressione. [10 ore]

Generalità sul moto uniforme; moto laminare; caratteristiche generali del moto turbolento; grandezze turbolente e valori medi; sforzi tangenziali e turbolenti; ricerche sul moto uniforme turbolento moto nei tubi lisci, moto nei tubi scabri, diagramma di Moody, diagrammi di Moody modificati per il problema di progetto e di verifica; formule pratiche; perdite di carico localizzate: brusco allargamento, perdite di brusco restringimento di imbocco e di sbocco, convergenti e divergenti.

Generalità sulle lunghe condotte; schemi pratici per una lunga condotta a diametro costante; reti di condotte a gravità e impianti di sollevamento: problemi idraulicamente indeterminati resi determinati con criteri di economia; possibili tracciati altimetrici delle lunghe condotte; reti chiuse: progetto e verifica con il metodo di Cross.

Moto vario delle correnti in pressione. [6 ore]

Colpo d'ariete nelle condotte adduttrici; colpo d'ariete negli impianti di sollevamento; dispositivi di attenuazione; casse d'aria; influenza del tipo di trasformazione subita dall'aeriforme.

Moti di filtrazione. [4 ore]

Generalità; legge di Darcy-Ritter e generalizzazioni; moto permanente in falde artesiane e freatiche. Applicazioni pratiche.

Correnti a pelo libero in moto uniforme e permanente. [8 ore]

Generalità. Carico totale e carico specifico. L'energia specifica e le caratteristiche energetiche del moto, curve ad $H = cost$ e a $Q = cost$. Moto uniforme nei canali: scala della portata. Alvei a debole e forte pendenza. Numero di Froude. Correnti lente e veloci (subcritiche e supercritiche). Correnti allo stato critico. Correnti gradualmente varie in moto permanente. Profili del pelo libero nei due casi di alveo a forte e debole pendenza. Risalto. Esempi di tracciamento di profili di moto permanente. Calcolo dei profili di moto permanente.

ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni verranno trattati problemi pratici attinenti gli argomenti svolti a lezione. Più significativamente ed in via orientativa, queste esercitazioni riguarderanno:

la statica dei fluidi ed i galleggianti;

il moto dei fluidi perfetti e l'analisi dimensionale; [3 esec.]

il moto dei fluidi reali ed una i fenomeni di moto vario nelle correnti in pressione. [5 es.]

LABORATORIO

Nelle esercitazioni di laboratorio verranno trattati problemi pratici attinenti gli argomenti svolti a lezione. Più in particolare riguarderanno:

Idrostatica.

Esperienza di Reynolds: moto laminare e turbolento.

Deflusso su stramazzo a larga soglia, Bazin, Cipolletti, triangolare.

Deflusso da tubi addizionali.

Luce in parete sottile: deflusso in condizioni di moto permanente e vario.

Esperienza sulla cavitazione.

Deflusso in brevi e lunghe condotte.

Linee di *c.t.* e *c.p.*, venturimetri, tubi Pitot.

Correnti a pelo libero lente, veloci, risalto idraulico.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

A. Ghetti, *Idraulica*, Cortina, Padova, 1980.

G. Adami, F. Di Silvio, *Esercizi di idraulica*, Cortina, Padova, 1980.

Testi ausiliari:

D. Citrini, G. Nosedà, *Idraulica*, Ambrosiana, Milano 1979.

E. Marchi, A. Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1982.

ESAME. L'esame è di tipo tradizionale, orale, e verterà sugli argomenti svolti a lezione nonché sugli esercizi sviluppati nelle esercitazioni.

R4600 Scienza delle costruzioni

Anno:periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Enrico Ballatore (collab.: Antonio Brencich)

La *meccanica dei solidi elastici lineari* viene trattata deducendo le equazioni di equilibrio e congruenza e le leggi costitutive nella formulazione generale del solido tridimensionale, che viene particolarizzata per il caso bidimensionale (lastre o piastre) e unidimensionale (travi). Le relazioni analitiche sono estese alle applicazioni numeriche, con particolare riguardo al metodo degli elementi finiti di cui sono fornite rigorose basi concettuali.

La *teoria dei sistemi di travi* viene trattata sotto il duplice aspetto statico e cinematico. L'equilibrio delle strutture isostatiche è interpretato sia sul piano algebrico che su quello grafico ed in tale contesto vengono definite le caratteristiche interne della sollecitazione. La soluzione delle strutture iperstatiche viene proposta in linea generale applicando sia il metodo delle forze (o della congruenza) che quello degli spostamenti (o dell'equilibrio). Le soluzioni trovate sono quindi espresse in formulazione matriciale particolarmente utile per eseguire in maniera automatica il calcolo dei sistemi a molti gradi di iperstaticità.

La soluzione del problema dei telai piani (sia a nodi fissi che a nodi spostabili) viene esposta con due metodi alternativi: il cosiddetto "metodo dei telai piani" (secondo il quale si svincola la struttura introducendo cerniere in tutti i nodi-incastro), e il principio dei lavori virtuali, secondo la metodologia di Muller-Breslau.

Vengono infine illustrati i *fenomeni di collasso* più frequenti nell'ingegneria strutturale: lo svergolamento, lo snervamento e la frattura fragile.

REQUISITI. *Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1.*

PROGRAMMA

1. *Geometria delle aree*: leggi di trasformazione del vettore dei momenti statici e del tensore dei momenti di inerzia per roto-traslazioni del sistema di riferimento; direzioni e momenti principali di inerzia; cerchi di Mohr; simmetria assiale e polare.
2. *Cinematica dei sistemi di travi*: vincoli piani; maldisposizione dei vincoli; studio algebrico; studio grafico dei sistemi ad un grado di libertà (catene cinematiche).
Statica dei sistemi di travi: studio algebrico; dualità statico-cinematica.
3. *Sistemi di travi isostatici*: determinazione delle reazioni vincolari con le equazioni ausiliarie, con il principio dei lavori virtuali e con il metodo grafico; curva delle pressioni; caratteristiche interne della sollecitazione; equazioni indefinite di equilibrio per le travi; archi a tre cerniere; strutture chiuse; travature reticolari.
4. *Analisi della deformazione*: tensore delle deformazioni; dilatazioni e scorrimenti; proiezioni del vettore spostamento; legge di trasformazione del tensore delle deformazioni per rotazioni del sistema di riferimento; direzioni principali di deformazione; dilatazione volumetrica.
5. *Analisi della tensione*: vettore tensione; tensore degli sforzi; proiezioni del vettore tensione; legge di trasformazione del tensore degli sforzi per rotazioni del sistema di riferimento; direzioni principali di tensione; tensori idrostatico e deviatorico; cerchi di Mohr; stato tensionale piano; equazioni indefinite di equilibrio; equazioni di equivalenza al contorno; formulazione matriciale e dualità statico-cinematica; principio dei lavori virtuali.
6. *Legge costitutiva elastica*: elasticità lineare; isotropia; modulo di Young e coefficiente di Poisson; problema elastico; equazione di Lamé in forma operatoriale; teorema di Clapeyron; teorema di Betti.
Criteri di resistenza: diagrammi tensione - deformazione per materiali duttili e fragili; criterio di Tresca; criterio di von Mises.
7. *Solido di Saint Venant*: ipotesi fondamentali; sforzo normale; flessione retta; sforzo normale eccentrico; flessione deviata; nocciolo centrale di inerzia; ortogonalità energetica; torsione (sezioni circolari e generiche, sezioni sottili aperte e chiuse); taglio (centro di taglio, trattazione semplificata di Jourawsky, sezione rettangolare, scorrimento medio, sezioni sottili); equazioni di congruenza per le travi; equazione di Lamé per le travi; equazione differenziale della linea elastica.
8. *Lastre piane*: equazione di Sophie Germain; cenni al metodo delle differenze finite.
Applicazione del principio dei lavori virtuali alle travi elastiche: determinazione degli spostamenti di strutture isostatiche e risoluzione delle strutture iperstatiche con distorsioni e spostamenti imposti, teoremi di Castigliano e Menabrea.
9. *Risoluzione di telai piani iperstatici*: simmetria e anti-simmetria; metodo degli spostamenti; distorsioni termiche; telai a nodi fissi; telai a nodi spostabili.
10. *Sistemi di travi iperstatici*: metodo delle forze; iperstaticità assiale; cedimenti elastici; cedimenti anelastici e spostamenti imposti; calcolo automatico dei sistemi a molti gradi di iperstaticità (travature reticolari, telai piani e spaziali, grigliati).
11. *Metodo degli elementi finiti*: principio di minimo dell'energia potenziale totale, costruzione delle matrici di rigidità locale e globale mediante applicazione del principio dei lavori virtuali; condizioni di vincolo; illustrazione dell'utilizzo di un programma di calcolo agli elementi finiti.
12. *Instabilità dell'equilibrio elastico*: trave rettilinea con varie condizioni di vincolo, portali; limiti di validità della formula di Eulero; cenni sull'instabilità degli anelli; instabilità flesso-torsionale.
13. *Meccanica della frattura*: analisi energetica di Griffith, fattore di intensificazione delle tensioni, cenni su modo II e modo misto.
Cerniere plastiche: nella trave a sezione rettangolare.

ESERCITAZIONI

- 1-2. *Geometria delle aree*: calcolo delle caratteristiche geometriche di aree elementari; esercizi su figure composte.
3. *Cinematica dei sistemi di travi*: catene cinematiche e loro applicazione al calcolo reazioni vincolari.
- 4-5. *Sistemi di travi isostatici*: equazioni cardinali ed equazioni ausiliarie; determinazione delle reazioni vincolari con le equazioni ausiliarie e con il metodo grafico; diagrammi delle caratteristiche di sollecitazione; curva delle pressioni.
6. *Esercitazioni riepilogative* su strutture isostatiche con soluzione dei temi di esame degli anni precedenti relativi a tali argomenti.
- 7-8. *Solido di Saint Venant*: esercizi relativi a flessione retta, sforzo normale eccentrico, flessione deviata, nocciolo centrale di inerzia, torsione (sezioni circolari, sezioni sottili aperte e chiuse), taglio, centro di taglio.
9. *Analisi della tensione e criteri di resistenza*: rappresentazione degli stati di tensione con i circoli di Mohr, verifica complessiva delle sezioni; cenni sui criteri di sicurezza.
10. *Applicazione del principio dei lavori virtuali alle travi elastiche*: determinazione degli spostamenti in strutture isostatiche; risoluzione delle strutture iperstatiche con distorsioni e spostamenti imposti.
- 11-12. *Risoluzione di telai piani iperstatici*: telai a nodi fissi e a nodi spostabili con carichi, cedimenti e distorsioni termiche.
13. *Esercitazioni riepilogative* su strutture iperstatiche e verifica delle sezioni con soluzione dei temi di esame degli anni precedenti relativi a tali argomenti.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Carpinteri, *Scienza delle costruzioni*, Pitagora, Bologna, 1992.

Testo ausiliario:

A. Carpinteri, *Temi d'esame*, Pitagora, Bologna, 1993.

ESAME

L'esame si compone di:

1. una prova scritta che comprende tre esercizi:
 - A una struttura isostatica,
 - B una struttura iperstatica,
 - C una sezione (calcolo delle caratteristiche geometriche e verifica di resistenza).
 Ciascun esercizio pone due quesiti: la prova è positiva se sono stati risolti almeno i primi quesiti di tutti e tre gli esercizi.
2. una prova orale sugli argomenti del programma svolto a lezione ed esercitazione;
3. una tesina sugli elementi finiti svolta utilizzando il programma illustrato nel corso e disponibile presso il LAIB del Politecnico. La prova scritta deve essere svolta tracciando tutti i grafici richiesti in forma precisa e accurata su carta quadrettata (da 5 mm) o su carta millimetrata, utilizzando quando necessario riga e squadra. Non viene consentito l'utilizzo di testi e appunti.

La prova orale deve essere sostenuta nello stesso appello in cui è stato superato lo scritto.

R 3040 Istituzioni di economia

(Indir. Pianif. e gest. territoriale)

Anno: periodo 3:2

Docente: Loretta Rosso

[Testo del programma da "Guida 1994/95"]

PROGRAMMA

Gli strumenti per l'analisi del sistema economico (indici modelli, *input-output*, contabilità nazionale).

Cenni di storia dell'analisi economica; crescita e sviluppo dei sistemi economici.

Elementi di microeconomia: i comportamenti degli operatori; la formazione dei prezzi; l'impresa e le decisioni produttive; i mercati dei fattori produttivi; le forme di mercato: mercati concorrenziali e mercati non concorrenziali.

Elementi di macroeconomia: macroeconomia di piena occupazione; macroeconomia con disoccupazione; il ruolo dello Stato e la politica economica: teorie keynesiane e sviluppi recenti.

R2240 Geofisica applicata

Anno: periodo 3,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Luigi Sambuelli (collab.: Alberto Godio)

Il corso intende fornire agli allievi elementi relativi ai principali metodi geofisici di indagine del sottosuolo, con particolare riguardo alle applicazioni nel campo dell'ingegneria per l'ambiente e il territorio, nell'ambito delle ricerche idrogeologiche, nello studio geomeccanico di rocce e di terreni e nella caratterizzazione fisica di fenomeni di inquinamento.

Vengono illustrati i principi fisici, le tecniche di misura, di elaborazione e di interpretazione dei dati rilevati sul territorio.

Il corso comprende una parte di esercitazioni durante le quali si descrivono le apparecchiature di misura e le modalità operative di indagine e di elaborazione; si prevedono sperimentazioni pratiche in sito e visite di istruzione presso centri di elaborazione ed interpretazione di dati geofisici. Al termine del corso, qualora possibile, viene organizzato e condotta una campagna di misure della durata di alcuni giorni per lo studio di un problema reale.

PROGRAMMA

Metodo gravimetrico. [8 ore]

Principi fisici ed applicazioni. Caratteristiche del campo gravitazionale terrestre. Strumenti per la misura assoluta e relativa dell'accelerazione di gravità. Modalità di esecuzione di rilievi gravimetrici. Correzione ed elaborazione dei dati. Metodi di separazione delle anomalie regionali e locali. Interpretazione qualitativa e quantitativa delle anomalie di gravità.

Metodo magnetico. [8 ore]

Principi fisici ed applicazioni. Caratteristiche del campo magnetico terrestre. Strumenti per la misura del campo magnetico. Esecuzione di rilievi magnetici. Correzioni ed elaborazione dei dati. Interpretazione qualitativa e quantitativa delle anomalie magnetiche.

Metodi geoelettrici. [20 ore]

Proprietà elettriche dei terreni e delle rocce. Distribuzione di corrente elettrica nel sottosuolo. Metodi della resistività; sondaggi elettrici verticali e profili di resistività. Metodo dei potenziali naturali. Metodo tellurico e magneto-tellurico. Sondaggi elettrici profondi. Metodo della polarizzazione indotta in dominio di tempo e di frequenza. Metodi elettromagnetici. Georadar. Modalità di esecuzione di indagini elettromagnetiche.

Metodi sismici. [20 ore]

Natura e caratteristiche delle onde elastiche. Propagazione delle onde elastiche. Metodo sismico a rifrazione. Modalità di esecuzione di indagini sismiche a rifrazione. Metodi analitici e grafici di interpretazione. Metodo sismico a riflessione. Elaborazione ed interpretazione dei dati. Tomografia sismica. Elaborazione di dati tomografici. Apparecchiature per rilievi sismici. Cenni di sismologia e di geotermia.

Carotaggi geofisici. [4 ore]

Proprietà fisiche delle rocce interessate dalle misure in pozzo. Carotaggi elettrici, acustici, radioattivi, termici. Applicazioni per la valutazione dei giacimenti di idrocarburi e delle falde acquifere.

ESERCITAZIONI

Generalità sulle misure geofisiche. Caratteristiche generale della strumentazione. [4 ore]

Studio teorico e pratico dei gravimetri assoluti e relativi. Esecuzione di profilo gravimetrico in campagna e relativa interpretazione. [10 ore]

Principi di funzionamento dei magnetometri. Esecuzione di rilievo magnetico. Esempio di interpretazione di dati magnetici. [6 ore]

Misure con il georesistivimetro. Esecuzione di un sondaggio elettrico verticale; interpretazione grafica e analitica. [12 ore]

Strumentazione e misure di polarizzazione indotta. Rilievo elettromagnetico. [4 ore]

Principi di funzionamento di apparati sismici. Esecuzione di un profilo sismico a rifrazione; interpretazione con metodi numerici. [8 ore]

Esempio di elaborazione tomografica. [4 ore]

Elaborazione dei segnali geofisici. Tecniche di filtraggio numerico. Convoluzione e correlazione di segnali. Spettri di frequenza. Esempi di elaborazione di segnali geofisici. [8 ore]

Analisi dei costi e valutazione di opportunità di rilievi geofisici. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

E. Carrara, A. Rapolla, N. Roberti, *Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici*, Liguori, Napoli, 1992.

Testo ausiliario:

W.M. Telford, L.P. Geldart, R.E. Sheriff, D.A. Keys, *Applied geophysics*, Cambridge Univ. Press, 1990.

R2340 Geotecnica

Anno: periodo 3,5:2

Docente: Michele Jamiolkowski (collab.: M. Battaglio, D.C.F. Lo Presti, M.L. Tordella)

Il corso si pone l'obiettivo di fornire gli elementi fondamentali riguardanti il comportamento meccanico dei terreni naturali intesi come materiali interagenti con le opere di ingegneria od utilizzati come materiali da costruzione.

La prima parte del corso è dedicata alla descrizione dei terreni naturali dal punto di vista delle loro proprietà fisiche e meccaniche. Successivamente si passa ad esaminare la definizione delle condizioni iniziali descrivibili attraverso lo stato delle tensioni geostatiche totali ed efficaci e mediante l'analisi della storia dello stato tensionale, concetti che presuppongono ambedue l'introduzione del principio delle tensioni efficaci di Terzaghi.

Il corso prosegue con la descrizione delle apparecchiature e delle tecniche sperimentali utilizzati per la determinazione delle caratteristiche di sforzi – deformazioni – tempo e della resistenza al taglio dei terreni non coesivi e coesivi, nonché della loro utilizzazione nelle analisi ingegneristiche.

I risultati della sperimentazione vengono inquadrati nell'ottica delle leggi costitutive semplificate discutendo infine la loro applicazione ad alcuni problemi al finito di interesse fondamentale come valutazione della capacità portante e cedimenti delle fondazioni dirette e calcolo delle spinte sulle opere di sostegno.

Lo sviluppo dei concetti acquisiti durante il corso di *Geotecnica*, nonché il loro utilizzo nella risoluzione di molti problemi di interesse progettuale, trova il suo naturale proseguimento nel corso di *Fondazioni*.

PROGRAMMA

1. *Introduzione alla meccanica dei terreni*

Origine dei terreni sciolti. Proprietà fisiche. Principio delle tensioni efficaci. Tensioni geostatiche e loro dipendenza dalla storia dello stato tensionale. Distribuzione delle tensioni indotte da sovraccarichi. Flusso stazionario. Flusso transitorio, teoria della consolidazione. Introduzione ai modelli costitutivi che descrivono il comportamento meccanico dei terreni sciolti. Criteri di rottura. Percorsi di sollecitazione.

2. *Determinazione sperimentale delle caratteristiche sforzi – deformazioni – tempo e della resistenza al taglio*

Apparecchiature. Modalità di prova. Tipologie di prova riferite alle condizioni di drenaggio ed ai percorsi di sollecitazione seguiti. Principali risultati sperimentali e loro inquadramento nell'ambito della teoria dello stato critico e delle leggi di elasto-plasticità. Parametri di resistenza al taglio. Parametri di deformabilità. Criteri di scelta dei parametri geotecnici per le analisi di stabilità e delle deformazioni.

3. *Problemi al finito*

Concetto degli stati limite in ingegneria geotecnica. Problemi di stabilità. Spinte sulle opere di sostegno. Capacità portante delle fondazioni dirette. Cedimenti delle fondazioni dirette e loro evoluzione nel tempo.

BIBLIOGRAFIA

R. Lancellotta, *Geotecnica*, 2. ed., Zanichelli, 1993.

R 1790 Elettrotecnica

(Indir. Pianif. e gest. territoriale)

Anno: periodo 4:1

Docente: da nominare

Il corso si propone di fornire le nozioni di base dell'elettrotecnica indispensabili per una corretta utilizzazione delle macchine e degli impianti elettrici, tenendo anche conto dei problemi relativi alla sicurezza. A tale scopo, vengono esposti i fondamenti dell'analisi delle reti di bipoli lineari in regime stazionario e quasistazionario e sono richiamati alcuni aspetti fondamentali della teoria dei campi necessari per la comprensione del funzionamento dei componenti dei sistemi elettrici. La teoria e i modelli sviluppati nella prima parte del corso sono infine applicati allo studio delle più comuni macchine elettriche e degli impianti di distribuzione dell'energia elettrica.

REQUISITI. *Analisi Matematica 1 e 2, Fisica 1 e 2, Geometria.*

PROGRAMMA

Prima parte: circuiti.

Multipoli e modello circuitale dei fenomeni elettromagnetici, regimi di funzionamento, metodo simbolico. [8 ore]

Grandezze elettriche e loro proprietà, classificazione dei componenti ideali, considerazioni energetiche sui componenti ideali, connessioni tra i componenti. [12 ore]

Metodi di analisi dei circuiti elettrici in regime permanente, trasformazioni energetiche nei circuiti. [8 ore]

Circuiti in regime transitorio, transistori del primo e del secondo ordine. [4 ore]

Sistema trifase, definizioni, metodi di soluzione di circuiti trifase equilibrati e squilibrati, misura della potenza. [6 ore]

Seconda parte: campi.

Richiami sui campi vettoriali e sulle loro proprietà, equazioni di Maxwell, campo di corrente statico, leggi fondamentali dei circuiti in forma locale. [4 ore]

Dispersori e impianti di terra, cenni sulle normative antinfortunistiche, dimensionamento e protezione dei conduttori. [4 ore]

Campo elettrostatico, capacità e rigidità dielettrica, campo elettrico quasistazionario, corrente di spostamento. [2 ore]

Campo magnetico statico e quasistazionario, proprietà dei materiali ferromagnetici, circuiti magnetici, relè differenziale, auto- e mutue induttanze, generalizzazione del potenziale elettrico e forze elettromotrici indotte. [6 ore]

Energia magnetica, perdite nel ferro, conversione elettromeccanica dell'energia, elettromagneti, motori a riluttanza passo-passo. [6 ore]

Terza parte: macchine elettriche.

Trasformatore ideale, trasformatore reale e circuito equivalente, prove sul trasformatore, trasformatore trifase, parallelo di trasformatori, cenni su autotrasformatore e trasformatori di misura. [8 ore]

Campo magnetico rotante, motore asincrono trifase e circuito equivalente, prove sui motori asincroni, avviamento e regolazione della velocità nei motori asincroni, macchina a induzione, motore asincrono monofase. [6 ore]

Macchina elettrica a corrente continua, tipologie di eccitazione e circuiti equivalenti, commutazione, motori *brushless*. [4 ore]

Cenni sul generatore sincrono. [2 ore]

ESERCITAZIONI

Analisi dei circuiti in regime stazionario e quasistazionario. [12 ore]

Campi di corrente, elettrici e magnetici. [6 ore]

Macchine elettriche. [8 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di supporto:

P.P. Civalleri, *Elettrotecnica*, Levrotto & Bella, Torino.

Testi per approfondimenti:

V. Daniele, A. Liberatore, R. Graglia, S. Manetti, *Elettrotecnica*, Monduzzi, Bologna.

A.E. Fitzgerald, C. Kingsley, A. Kusko, *Macchine elettriche*, Angeli, Milano.

ESAME

L'esame è composto da una prova scritta e da un colloquio. La prova scritta richiede la soluzione di tre problemi relativi ad argomenti svolti durante il corso; durante tale prova è consentita la consultazione di testi ed appunti.

Il superamento della prova scritta è vincolante per l'ammissione al colloquio orale, che deve essere sostenuto nell'ambito dello stesso appello.

Per partecipare all'esame è necessario effettuare la prenotazione consegnando lo statino.

Durante il corso vengono svolti due compiti scritti riservati agli iscritti regolari per ottenere l'esonero dalla prova scritta.

R1640 Elementi di ecologia

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 70+15+15 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Alberto Quaglino

Il corso ha lo scopo di avviare lo studente alla conoscenza della struttura e del funzionamento degli ecosistemi naturali nonché dei meccanismi e delle leggi che stanno alla base degli equilibri ambientali. Il fine ultimo è quello di far comprendere, nella loro globalità, cause ed effetti delle alterazioni prodotte dall'uomo ed affrontare con la giusta attenzione i problemi relativi alla gestione, conservazione e recupero dell'ambiente e delle sue risorse.

PROGRAMMA

Ecologia generale. [40 ore]

L'ecosistema come unità e sua struttura. Catene e reti alimentari; livelli trofici. Le piramidi ecologiche. La magnificazione biologica. Ciclo della materia e flusso di energia negli ecosistemi. I cicli biogeochimici dei principali elementi. Biomassa e produzione biologica.

Le popolazioni naturali e la loro dinamica. Meccanismi di controllo delle popolazioni e modelli di sviluppo: competizione e predazione. La popolazione umana. L'uomo come predatore: problemi di gestione delle risorse naturali.

Le comunità naturali (biocenosi). Complessità e stabilità delle biocenosi. La biodiversità come indicatore della qualità ambientale. La nicchia ecologica. Evoluzione delle biocenosi: le successioni ecologiche e la comunità *climax*. Gli ecosistemi acquatici: il fiume, il lago, il mare (struttura e funzionamento). Il bosco come esempio di ecosistema terrestre. Gli ecosistemi estremi: la tundra ed il deserto (l'adattamento degli organismi). L'uomo nella biosfera.

L'ambiente umano: l'agroecosistema ed il sistema urbano.

L'impatto dell'uomo sull'ambiente: alterazioni locali e globali.

Ecologia applicata. [30 ore]

Il concetto di inquinamento.

Inquinamento dell'aria. Gli inquinanti atmosferici. Criteri ed indici di qualità. Effetti e danni dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana, sugli animali e sulle piante. Effetto serra, effetto UV, deposizioni acide.

Inquinamento delle acque. Criteri ed indici di qualità. Eutrofizzazione dei laghi e delle aree costiere marine. Problemi e metodologie di risanamento.

Inquinamento del suolo. Suolo agricolo e suolo forestale. Inquinanti, fertilizzanti, pesticidi e lotta biologica.

Recuperi ambientali. Indici di qualità dell'ambiente. Vegetazione reale e potenziale. Riutilizzo degli spazi disponibili.

Opere di ingegneria naturalistica. Legislazione ambientale nazionale e comunitaria.

ESERCITAZIONI

Approccio alla metodologia di Studio di Impatto Ambientale (SIA) e Valutazione di Impatto Ambientale (VIA).

Metodologia d'uso delle matrici.

Esame di progetti di recupero ambientale.

ESERCITAZIONI IN CAMPO

Visita ad un'area boscata denudata a seguito di catastrofe naturale.

Visita ad un recupero ambientale di una cava con coltivazione in sotterraneo.

Visita ad un recupero ambientale di una cava con coltivazione a cielo aperto.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Marchetti, *Ecologia applicata*, Città Studi, 1993.

Testi ausiliari:

A. Misiti, *Fondamenti di ingegneria ambientale*, NIS, 1994.

E.P. Odum, *Principi di ecologia*, Piccin, 1988.

R. Vismara, *Ecologia applicata*, Hoepli, 1989.

R2250 Geofisica mineraria

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+5 (ore settimanali)

Docente: Ernesto Armando (collab.: Alberto Godio)

La geofisica mineraria consiste nella misurazione di parametri fisici caratterizzanti le rocce della litosfera e nella loro elaborazione ed interpretazione al fine di individuare la presenza e le dimensioni di giacimenti di minerali utili; si possono avere anche altre applicazioni nella ricerca idrogeologica e nello studio di problemi geomeccanici.

Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le principali informazioni relative ai vari metodi di ricerca geofisica, con particolare riguardo alle loro applicazioni nel campo dell'ingegneria per l'ambiente e il territorio.

PROGRAMMA

Introduzione sui metodi geofisici: classificazione, criteri di applicazione, costi. [2 ore]

Il metodo gravimetrico: intensità e potenziale gravitazionale; definizione di gravità, forma e costituzione del globo terrestre, formula internazionale della gravità. Correzioni gravimetriche; concetto di anomalia di Bouguer e di anomalia isostatica; densità delle rocce. [8 ore]

Strumenti per la misura della gravità: strumenti per misure assolute e per misure relative; problemi di misura; esecuzione dei rilievi gravimetrici; profili e mappe gravimetriche. Elaborazione delle misure: separazione delle anomalie regionali e locali; interpretazione qualitativa e quantitativa. [6 ore]

Il metodo magnetometrico: intensità e potenziale del campo magnetico; concetto di dipolo magnetico, intensità del campo magnetico creato da un dipolo e da un corpo qualsiasi; relazione di Poisson. Campo magnetico terrestre e sue caratteristiche; materiali dia-, para- e ferromagnetici; proprietà magnetiche delle rocce. [6 ore]
Strumenti magnetometrici; esecuzione di rilievi magnetometrici a terra e dall'aereo. Interpretazione qualitativa e quantitativa delle misure. [8 ore]

I metodi elettrici: densità di corrente, resistività e conduttività dei minerali e delle rocce; metodo dei potenziali naturali, metodo tellurico e magnetotellurico. Potenziale elettrico in un mezzo infinito, semi-infinito e stratificato; distribuzione normale della corrente; concetto di resistività apparente; misura con quadripoli. [7 ore]
Sondaggi elettrici: modalità di esecuzione; curve di resistività a due e più strati; interpretazione dei sondaggi elettrici; profili e mappe di resistività; metodo della messa a massa. Metodo della polarizzazione indotta; metodi elettromagnetici. [7 ore]

I metodi sismici: equazione di propagazione di un'onda sismica; caratteristiche fisiche dell'onda sismica; principio di Huygens, legge di Snell; rifrazione, riflessione e diffrazione; riflessione multiple. Velocità delle onde sismiche nelle rocce. Sismica a riflessione ed a rifrazione, casi della superficie orizzontale ed inclinata. [6 ore]
Esecuzione dei rilievi sismici a riflessione: ricoprimento multiplo, geofoni multipli; sorgenti di energia sismica; apparecchiature sismiche (geofoni, amplificatori, filtri, registratori). Misure della velocità sismica. Correzioni statiche e dinamiche. Sezioni tempi, sezioni e mappe sismiche. Metodi sismici diversi; tomografia sismica. [8 ore]

I carotaggi geofisici: distribuzione della resistività elettrica intorno ad un pozzo; carotaggi elettrici, sonici e della radioattività, carotaggi "geometrici". [2 ore]

ESERCITAZIONI

Esercizi sul metodo gravimetrico. [10 ore]

Esercizi sul metodo magnetometrico. [8 ore]

Interpretazione quantitativa di un sondaggio elettrico. [4 ore]

Interpretazione di rilievi sismici a riflessione ed a rifrazione. [10 ore]

ESERCITAZIONI DI CAMPAGNA

Rilievo gravimetrico. [10 ore]

Rilievo magnetometrico. [8 ore]

Sondaggio elettrico. [4 ore]

Rilievo sismico a rifrazione. [8 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Dispense distribuite dal docente.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

M.B. Dobrin, C.H. Savit, *Introduction to geophysical prospecting*, McGraw-Hill, 1988.

P. Kearey, M. Brooks, *An introduction to geophysical exploration*, Blackwell, 1993.

S. Mares, *Introduction to applied geophysics*, Reidel, 1985.

W.M. Telford [et al.], *Applied geophysics*, Cambridge Univ. Press, 1993.

R2550 **Idrologia tecnica**

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Michele Di Natale

Il corso si propone di fornire le conoscenze necessarie per effettuare la misura e la stima delle grandezze idrologiche che sono alla base della progettazione delle opere idrauliche e della gestione delle risorse idriche.

REQUISITI. *Analisi 1 e 2, Fisica 1, Idraulica.*

PROGRAMMA

1. *Nozioni introduttive.* [2 ore]

Il ciclo dell'acqua. Cenni sullo sviluppo storico dell'idrologia. Le grandezze idrologiche.

2. *Calcolo delle probabilità e statistica applicata all'idrologia.* [20 ore]

Analisi di una serie di dati idrologici. Elementi fondamentali del calcolo delle probabilità. Distribuzioni probabilistiche per variabili casuali discrete (distribuzione binomiale, legge di Poisson) e per variabili continue (distribuzione normale, log-normale, di Gumbel, di Fisher, del *chi*, etc.). Stima dei parametri di una distribuzione. *Tests* statistici. Problemi di correlazione e regressione.

3. *Caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici.* [2 ore]

Parametri di forma. Struttura idrogeologica. Reticolo fluviale.

4. *Afflussi meteorici.* [6 ore]

Misura delle precipitazioni liquide e solide. Stima degli afflussi. Curva di possibilità pluviometrica. Distribuzione spaziale delle precipitazioni.

5. *Deflussi fluviali.* [4 ore]

Deflussi superficiali e profondi. Deflussi di magra, di piena e di morbida. Misura delle portate.

6. *Perdite idrologiche di un bacino.* [4 ore]

Evaporazione. Traspirazione. Accumulo. Infiltrazione.

7. *La trasformazione afflussi - deflussi.* [4 ore]

Equazione del bilancio idrologico. La pioggia netta. Il coefficiente di afflusso. Modelli idrologici concettuali e sintetici.

8. *Le piene fluviali.* [12 ore]

Formazione delle piene. Determinazione dell'idrogramma di piena mediante il metodo della corruzione, dell'invaso lineare, dell'IUH. Stima delle portate al colmo di piena (analisi statistica, modello afflussi - deflussi semplificato, formule empiriche).

9. *Propagazione delle piene.* [8 ore]

Equazioni di de Saint Venant e cenni alla loro integrazione per via numerica. Il modello parabolico e cinematico. Modelli di tipo idrologico (metodo Muskingum). Previsione e controllo delle piene.

10. *Utilizzazione delle risorse idriche superficiali.* [8 ore]

Impianto a serbatoio: regolazione parziale e totale per diverse funzioni obiettivo.

Impianto a deflusso: curva di durata di un corso d'acqua, coefficienti di utilizzazione del corso d'acqua e dell'impianto.

ESERCITAZIONI

1. Elaborazione statistica di una serie storica di dati idrologici. [3 ore]
2. Determinazione della legge di probabilità che meglio interpreta una serie di dati idrologici. [3 ore]
3. Calcolo degli afflussi meteorici in un bacino mediante l'impiego del metodo delle linee isoiete e dei topoieti. [4 ore]
4. Determinazione della legge di possibilità pluviometrica in una prefissata località. [3 ore]
5. Ricostruzione dell'idrogramma di piena in una assegnata sezione di un bacino idrografico mediante l'uso del metodo della corrivazione. [4 ore]
6. Laminazione dell'onda di piena che passa attraverso un invaso artificiale. [3 ore]
7. Regolazione totale dei deflussi in una assegnata sezione di un bacino idrografico e calcolo della capacità da assegnare all'invaso per ottenere prefissate leggi di erogazione. [4 ore]
8. Regolazione parziale dei deflussi in una assegnata sezione di un bacino idrografico e calcolo della funzione obiettivo mediante la regola del Conti. [3 ore]
9. Analisi dei deflussi medi giornalieri di un corso d'acqua e tracciamento della curva di durata e delle curve relative ai coefficienti di utilizzazione dei deflussi naturali e dell'impianto. [3 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Maione, Moisello, *Appunti di idrologia. Vol. 1.*

Maione, *Appunti di idrologia. Vol. 3.*

Testi ausiliari:

Remenieras, *L'hydrologie de l'ingénieur.*

Tonini, *Elementi di idrografia ed idrologia.*

ESAME. Prova orale con discussione degli elaborati svolti a esercitazione.

R2880 Infrastrutture idrauliche

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Paolo Mosca

Il corso si propone di fornire le conoscenze necessarie per il dimensionamento delle opere idrauliche costituenti interventi parziali o globali sul territorio, gli elementi per definire le opere e gli interventi di mitigazione ambientale, i parametri economici ed i problemi della sicurezza.

Tratta l'idrologia generale e le costruzioni idrauliche i sistemi di drenaggio urbano, i sistemi di approvvigionamento idrico, e gli impianti idroelettrici.

REQUISITI. *Idraulica, Idrologia tecnica, Scienza delle costruzioni.*

PROGRAMMA

Infrastrutture idrauliche per: [16 ore]

derivazioni di acque superficiali (traverse e opere di presa),
accumulo e derivazione di acque superficiali (serbatoi e dighe),

captazione e derivazione azione di acque sotterranee,
adduzione di acque superficiali e sotterranee (canali, gallerie, condotte).

Sistemi di approvvigionamento idrico. [18 ore]

Analisi della domanda e delle risorse,
fonti di approvvigionamento superficiali e sotterranee (serbatoi, acque fluenti, sorgenti,
pozzi),
opere di derivazione, regolazione e adduzione,
reti di distribuzione,
stazioni di pompaggio,
impianti di potabilizzazione (cenni).

Sistemi di drenaggio urbano. [12 ore]

Sistemi di drenaggio reti miste o separative,
valutazione delle portate critiche di pioggia e reflue,
reti di smaltimento delle acque di pioggia e reflue,
problemi di verifica e di progetto delle reti pluviali e reflue,
Sistemi di trattamento degli effluenti urbani e rilascio nei corpi idrici superficiali
(cenni).

Impianti idroelettrici. [6 ore]

Concetto di utilizzazione idroelettrica dei corsi d'acqua.
Tipologie degli impianti e dei singoli componenti.
Nuove strategie energetiche.

ESERCITAZIONI

Richiami di idrologia generale finalizzati alle infrastrutture idrauliche. [8 ore]

Valutazione delle risorse idriche di un bacino a scopo idroelettrico. [4 ore]

Progettazione idraulica di una galleria di adduzione. [4 ore]

Progetto e verifica di una rete di acquedotto per un centro abitato di 20 000 ab. [15 ore]

Progetto e verifica della rete di smaltimento delle acque pluviali e reflue di un centro di
20 000 ab. [15 ore]

BIBLIOGRAFIA

Arredi, *Costruzioni idrauliche. Vol. I-IV.*

Evangelisti, *Impianti idroelettrici.*

Ginocchio, *L'énergie hydraulique.*

Quaglia, *Appunti di acquedotti e fognature.*

ESAME. Prova di esame orale alla fine del corso, della durata di circa 40 minuti, su
almeno tre argomenti.

R3340 Meccanica delle rocce

Anno: periodo 4,5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali); ++6 (nell'intero periodo)

Docente: Giovanni Barla (collab.: Monica Barbero, Mauro Borri Brunetto)

Il corso fornisce una visione aggiornata dei fondamenti della meccanica e dell'ingegneria delle rocce. Dopo un approfondito esame delle caratteristiche di comportamento fisico meccanico delle rocce e degli ammassi rocciosi sono passati in rassegna i principali metodi di calcolo e dimensionamento delle opere. La prima parte del corso riguarda la descrizione qualitativa e quantitativa degli ammassi rocciosi. Sono descritti nel dettaglio i metodi di indagine (con rilevamento in superficie ed in foro ed altre tecniche in sito) e di classificazione, le prove di laboratorio ed in sito. Viene quindi dedicata particolare attenzione alla simulazione del comportamento meccanico degli ammassi rocciosi, in accordo ai concetti della meccanica dei mezzi continui e discontinui. La seconda parte del corso illustra i fondamenti dei metodi progettuali (di tipo empirico, analitico, numerico osservazionale) delle strutture in roccia e dei relativi mezzi di sostegno rinforzo e stabilizzazione, con particolare riguardo a pendii naturali e fronti di scavo gallerie e cavità sotterranee, problemi minerari e riguardanti il territorio.

REQUISITI

È consigliabile aver sostenuto gli esami di *Scienza delle costruzioni* e di *Geotecnica*.

PROGRAMMA

1. Descrizione qualitativa e quantitativa degli ammassi rocciosi e delle discontinuità. [8 ore]
2. Metodi di indagine diretta degli ammassi rocciosi. [6 ore]
3. Metodi di classificazione degli ammassi rocciosi. [6 ore]
4. Prove di laboratorio sulla roccia intatta. [6 ore]
5. Prove di laboratorio su giunti e discontinuità. [6 ore]
6. Prove in sito (deformabilità, resistenza meccanica, permeabilità, stato tensionale originario). [6 ore]
7. Metodi di simulazione del comportamento meccanico degli ammassi rocciosi (continuo e discontinuo leggi sforzo deformazione, leggi di resistenza scelta e quantificazione dei parametri). [6 ore]
8. Metodi progettuali e di dimensionamento delle opere (empirico, equilibrio limite, tensioni-deformazioni, osservazionale). [6 ore]
9. Pendii naturali e fronti di scavo. [8 ore]
10. Gallerie e cavità sotterranee. [10 ore]
11. Problemi speciali (fondazioni di dighe e grandi strutture, problemi minerari e riguardanti l'ambiente e il territorio). [4 ore]

ESERCITAZIONI

1. Richiami sullo stato di deformazione e di tensione nell'intorno di un punto. [4 ore]
2. Richiami sull'utilizzo del metodo dei cerchi di Mohr per la rappresentazione dello stato di tensione piano nell'intorno di un punto. [4 ore]
3. Metodi di rappresentazione grafica delle discontinuità. Analisi dei dati del rilievo su ammassi rocciosi. [2 ore]
4. Utilizzo dei metodi RMR e Q di classificazione degli ammassi rocciosi. [2 ore]
5. Leggi sforzo-deformazione e criteri di resistenza. Esempi di utilizzo. [2 ore]
6. Metodi di analisi di stabilità di pendii per condizioni di scivolamento planare. [2 ore]
7. Metodi di analisi di stabilità di pendii per condizioni di scivolamento tridimensionale. [2 ore]

8. Uso dei metodi di equilibrio limite e di classificazione per il dimensionamento dei sistemi di rinforzo / stabilizzazione di gallerie e cavità sotterranee. [2 ore]
9. Uso del metodo delle linee caratteristiche per l'analisi della statica di gallerie. [2 ore]

LABORATORIO. Esecuzione di prove di:

(a) compressione uniassiale e triassiale, (b) taglio diretto. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

G. Barla, *Meccanica ed ingegneria delle rocce* (in preparazione).

Il materiale didattico (testi in fascicoli copie degli acetati presentati nelle lezioni e nelle esercitazioni) sarà distribuito di volta in volta ed anticipatamente prima del relativo svolgimento in aula.

Testi ausiliari:

J.C. Jaeger, N.G.W. Cook, *Fundamentals of rock mechanics*, Chapman and Hall, 1969, London.

E. Hoek, E.T. Brown, *Underground excavations in rock*, Inst. Mining Metallurgy, London, 1980 (nuova edizione).

E. Hoek, J.W. Brady, *Rock slope engineering*, Inst. Mining Metallurgy, London, 1981 (nuova edizione).

B.H.G. Brady, E.T. Brown, *Rock mechanics for underground mining*, 1985.

G. Barla (cur.), *Conferenze di meccanica ed ingegneria delle rocce*, MIR Politecnico di Torino, 1986, 1988, 1990, 1992, 1994. (Disponibili presso COREP), per singoli capitoli indicati durante il corso.

ESAME

1. A completamento dell'attività svolta in sede di esercitazione e/o laboratorio sarà richiesto di svolgere esercizi e/o rapportini di studio, da consegnare alle date di volta in volta indicate.

2. È prevista una prova di metà semestre. Il superamento di questa prova con un voto positivo (definito sulla base della distribuzione dei voti nella classe) comporta l'esonero, per l'esame finale, della parte di programma svolta sino a quel momento ed indicata.

3. È prevista una prova finale, scritta ed orale. Questa (a scelta dello studente) consiste in:

- svolgimento di uno studio individuale a casa (2-3 giorni);
- compito scritto in classe.

R1794 Elettrotecnica

(Corso ridotto)

(Tutti gli indir., tranne Pianif. e gest. territoriale)

Anno: periodo 4,2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+2 (ore settimanali); 45+20 (nell'intero periodo)

Docente: Giulio Gecchele

Il corso si propone di evidenziare i problemi di impiego dell'energia elettrica in ambito industriale, fornendo gli elementi essenziali al riguardo.

PROGRAMMA*1 Reti elettriche in regime stazionario e quasi stazionario.*

Grandezze elettriche fondamentali nei sistemi a parametri concentrati (tensione, corrente, potenza elettrica) e loro proprietà. Regimi di funzionamento. Metodo simbolico. Concetto di bipolo e reti di bipoli. Bipoli normali. Metodi di analisi delle reti di bipoli normali in regime stazionario e sinusoidale. Potenza istantanea, attiva, reattiva, apparente. Sistemi trifasi: tipologia e caratteristiche. Sistemi trifasi simmetrici ed equilibrati.

2 Elementi di macchine elettriche.

Trasformatori monofasi: principi di funzionamento, caratteristiche e loro identificazione, modalità costruttive e di impiego. Trasformatori trifasi. Macchine ad induzione, trifase: principi di funzionamento e caratteristiche. Avviamento e regolazione di velocità.

3 Impianti elettrici in MT e BT.

Linee di distribuzione, cabine di trasformazione. Interruttori e apparecchi di protezione. Criteri di sicurezza elettrica. Controlli e misure sugli impianti.

R0930 Costruzione di gallerie

Anno: periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Nicola Innaurato (collab.: D. Peila, P.P. Oreste)

Il corso si propone di fornire gli elementi fondamentali e le nozioni indispensabili aggiornate sugli aspetti tecnici della costruzione delle opere sotterranee, con particolare riguardo alle gallerie, in rapporto sia ai problemi di abbattimento, sia di stabilità delle opere, sia, infine, in rapporto alla messa in opera dei rivestimenti (concezione e calcolo dei medesimi) sia dei problemi operativi che ne conseguono (tra cui l'ambiente di lavoro e la sicurezza); costi e termini contrattuali.

REQUISITI. È auspicabile che gli allievi possiedano una preventiva conoscenza delle discipline di base, quali: *Scienza delle costruzioni, Ingegneria degli scavi, Principi di geotecnica, Meccanica delle rocce, Geotecnica.*

PROGRAMMA*Introduzione.* [3 ore]

Classificazione delle gallerie. Forma e sezione in rapporto alla loro finalità ed alla stabilità. Problemi inerenti al tracciato (pendenza, curve, superamento di accidenti geo-

logici).

Studi preliminari all'apertura di gallerie. [10 ore]

Studio di fattibilità; dati ricavabili dalle relazioni geologiche; ampliamento delle informazioni disponibili mediante sondaggi, scavo di cunicoli, prove geotecniche in sito, costruzione del profilo geomeccanico, geoidrologico, geotermico lungo il tracciato; elementi necessari per l'esecuzione del profilo geomeccanico; indici di qualità della roccia in posto. Progetto esecutivo.

Classificazione delle rocce.

Classificazioni di Terzaghi, Bieniavski, Barton, Wickham etc. Previsione delle spinte sui rivestimenti, mediante le stesse. [3 ore]

Cenni di topografia sotterranea: tracciamento delle curve, uso del laser, misura dei profili trasversali. [2 ore]

Scavo: metodi e mezzi di scavo in rocce coesive.

Scavo in rocce coerenti con esplosivo, principi organizzativi, ciclo di lavoro: perforazione e sgombero. [14 ore]

Scavo a sezione completa con impiego di macchine: la fresa a piena sezione; interazione macchina - roccia; il ciclo di lavoro. Sviluppi attuali nel campo dello scavo con macchine. Cenni sull'analisi dei costi. [13 ore]

Scavo per fasi. [8 ore]

Metodi usati attualmente. Il nuovo metodo austriaco: i principi ispiratori, le applicazioni.

Interazione tra roccia e rivestimento (applicazione delle linee caratteristiche: v. anche apposita esercitazione). [3 ore]

Metodi di scavo in terreni incoerenti ed acquiferi. [12 ore]

Lo scudo; lo scudo sotto aria compressa, lo scudo sotto battente di bentonite, lo scudo a contropressione di fango, lo scudo a contropressione di terra. Sostegni prefabbricati per gallerie scavate con scudo.

Lo spingitubo.

Metodi speciali per il sottopasso dei corsi d'acqua. Applicazione dei metodi allo scavo di gallerie in ambito metropolitano e di condotte (cenni ai metodi di *microtunnelling*).

Problemi tipici della costruzione di gallerie sottomarine. Cenni sullo scavo di gallerie a cielo aperto.

Le strutture di sostegno. [8 ore]

Descrizione tecnologica dei vari tipi di sostegno e loro finalità. Criteri per il calcolo della spinta sui rivestimenti (solidi di carico, teorie di Terzaghi e Caquot calcolo mediante l'analisi delle sollecitazioni calcolo mediante la teoria delle linee caratteristiche (v. sopra)).

Criteri per il calcolo della rigidità di alcuni tipi di rivestimento.

Principi di calcolo dei rivestimenti immediati. Calcolo di qualche tipo di armatura o rivestimento (v. anche esercitazioni).

Consolidamenti. [2 ore]

Cenni: scavo in terreni o rocce dopo il consolidamento preventivo mediante iniezioni di sostanze chimiche, di malte cementizie, di sostanze bituminose. Metodi operativi a partire dall'esterno, a partire dall'interno, a partire da cunicoli.

Cenni sulle tecniche di completamento delle gallerie. [2 ore]

ESERCITAZIONI

1. Analisi di relazioni geologiche e geotecniche. [4 ore]
2. Calcolo del piano di tiro per l'abbattimento in gallerie. Organizzazione delle operazioni del ciclo. [6 ore]
3. Calcolo della curva caratteristica di una galleria. [4 ore]
4. Scelta di una fresa a piena sezione per lo scavo di una galleria. [8 ore]
5. Calcolo del circuito di smarino idraulico per uno scudo. [2 ore]
6. Calcolo di rivestimenti immediati per galleria. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA. Il materiale didattico (testo degli appunti del corso a cura del docente) sarà distribuito durante le lezioni. I testi per i necessari approfondimenti verranno indicati nel corso della prima lezione.

ESAME

La verifica dell'apprendimento verrà svolta mediante esame orale nella forma tradizionale, nel corso dei vari appelli previsti dall'ordinamento. È richiesta la presentazione da parte dell'allievo, all'atto dell'esame, del testo delle esercitazioni svolte. Il voto di esame terrà conto anche della qualità degli elaborati.

R1000 Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti

Anno/periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Carlo De Palma (collab.: Gianfranco Capiluppi, Alberto Vivaldi, Ezio Santagata)

Il corso è suddiviso in tre parti; la prima relativa alla progettazione stradale e ferroviaria; la seconda al dimensionamento e alla costruzione del corpo stradale e ferroviario; la terza relativa alla progettazione di elementi aeroportuale. Scopo principale del corso è fornire gli elementi necessari per la progettazione geometrica e per il dimensionamento del corpo stradale.

PROGRAMMA

1. Interrelazione tra strada e veicolo. [4 ore]

Il veicolo stradale: descrizione e tipologie. Resistenza al moto ed equazione della trazione. Aderenza ed equilibrio ruote motrici e trainate. Distanza di visibilità per l'arresto e per il sorpasso. Percettività dello spazio stradale.

2. Andamento planimetrico e altimetrico dell'asse stradale. [8 ore]

Velocità di progetto. Tracciato orizzontale. Equilibrio del veicolo in curva. Visibilità in curva; visibilità dell'asse stradale. Visibilità per l'arresto e per il sorpasso. Clotoide come elemento di tracciato stradale. Andamento altimetrico dell'asse stradale. Racordi verticali. Coordinamento tra tracciato orizzontale e profilo longitudinale.

3. Sezione trasversale stradale e intersezioni. [8 ore]

Piattaforma stradale in rettilineo. Sezioni stradali particolari: in galleria, in sottovia, sui ponti, in curva. Sezioni trasversali delle strade urbane. Intersezioni a raso; tipologia, problemi di visibilità. Elementi delle intersezioni a raso. Intersezioni a livelli sfalsati, tipologie. Progetto della sezione stradale. Concetto di capacità e livello di servizio. I livelli di servizio delle autostrade e delle strade a carreggiata unica, con due o più corsie.

4. *La sede ferroviaria.* [3 ore]

Piattaforma, scudatura, massicciata (*ballast*). Il binario: traverse, rotaie, giunzioni e attacchi. Andamento piano-altimetrico e sezioni della sede ferroviaria. Tracciato orizzontale. Equilibrio del veicolo in curva. Le pendenze delle livellette. I raccordi planimetrici ed altimetrici.

5. *Il terreno come materiale da costruzione.* [8 ore]

Il terreno e le sue caratteristiche generali: il binomio acqua-suolo, capillarità, pressione effettiva e pressione neutra. Le caratteristiche fisiche della terra: massa volumica porosità e indice dei vuoti, permeabilità, granulometria. La misura della suscettività delle terre all'acqua: i limiti di Atterberg. La resistenza al taglio delle terre. La classificazione HRB. Il costipamento di una terra. Le prove di costipamento normalizzate (ASTM, CNR ecc.). La misura della densità del terreno in sito. Macchine per compattare il terreno.

6. *La costruzione del corpo stradale e ferroviario.* [5 ore]

La sovrastruttura e la sottostruttura: tipologia e materiali e materiali impiegati. Le prove di accettazione dei materiali. Preparazione dei piani di posa e costruzione dei rilevati. La realizzazione della fondazione e le prove di verifica. Instabilità riguardanti il corpo stradale ed opere relative. Le cause di instabilità e opere per prevenire e sanare fenomeni di instabilità.

7. *Pavimentazioni stradali.* [16 ore]

Tipologia e materiali costituenti.

Pavimentazioni flessibili e semi-rigide. Prove di accettazione dei materiali e di verifica della lavorazione. Calcolo delle tensioni e deformazioni in un sistema multi strato: metodi basati sugli elementi finiti; metodo di Boussinesq-Odermark. Calcolo a fatica delle pavimentazioni flessibili e semi-rigide: leggi di fatica relative ai conglomerati bituminosi e terreni, che legano le tensioni e deformazioni unitarie alla durata; metodo "AASHO interim guide".

Pavimentazioni rigide. Pavimentazioni armate e non armate con giunti, pavimentazioni continue senza giunti. I giunti e la loro funzione. Sollecitazioni di origine termica dovute a variazioni uniforme di temperatura od a gradiente lineare. Il calcolo delle tensioni dovute ai carichi mobili. Il calcolo a fatica delle pavimentazioni rigide.

8. *Aeroporti.* [6 ore]

Requisiti di un'area aeroportuale e classificazione degli aeroporti. Principali caratteristiche degli aeromobili civili. Le manovre per il decollo e l'atterraggio. Le distanze dichiarate per le piste di volo. Caratteristiche delle piste di volo: andamento altimetrico e sezioni trasversali. Caratteristiche delle piste di rullaggio e delle bretelle di collegamento con le piste di volo. Orientamento e numero delle piste di un aeroporto. I piazzali di stazionamento. Le pavimentazioni e criteri di valutazione per l'agibilità delle piste: Il metodo ACN-PCN

ESERCITAZIONI

1. *Progetto di un tronco stradale.* [20 ore]

Tracciato di primo tentativo, la poligonale d'asse, la planimetria. Profilo longitudinale, raccordo altimetrico, livellette. Studio delle sezioni: sezioni tipo, quaderno delle sezioni. Calcolo dei volumi col metodo delle sezioni ragguagliate.

2. *Progetto di svincolo autostradale.* [12 ore]

I raccordi progressivi in un tracciato stradale: la clotoide come curva di raccordo; gli aspetti normativi e il procedimento operativo. Elementi compositivi, modalità di progetto, calcolo e tracciato delle piste di accelerazione e decelerazione; asse e planimetria delle vie di svincolo.

3. *Muri di sostegno delle terre.* [4 ore]

Tipologia, criteri di calcolo e di verifica.

4. *Progetto architettonico di un sovrappasso stradale.* [4 ore]

Elementi compositivi, particolari costruttivi.

5. *Pavimentazione flessibile.* [4 ore]

Calcolo a fatica col metodo *AASHO interim guide*. Calcolo della freccia in superficie di un sistema multistrato soggetto ad un carico uniforme, distribuito su una superficie circolare.

BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico verrà distribuito nel corso delle lezioni.

G. Tesoriere, *Strade, ferrovie, aeroporti. Vol. 1-3*, UTET, Torino, 1990-93.

P. Ferrari e F. Giannini, *Ingegneria stradale. Vol. 1, Geometria e progetto di strade. Vol. 2, Corpo stradale e pavimentazione*, ISEDI, Milano, 1991.

J. Eisenmann, *Betonfahrbahnen*, Ernst, Berlin, 1979.

R. Horonjeff, *Planning and design of airports*, McGraw-Hill, New York, 1975.

Aerodrome design manual (Doc 9157 - AN/901), 2nd ed., ICAO, Toronto.

ESAME

I temi svolti in esercitazione sono oggetto di verifica sia durante l'anno che in sede di esame finale. È prevista una prova orale che consiste in una serie di domande riguardanti sia gli argomenti trattati a lezione, che ad esercitazione. Il voto finale dipende principalmente dall'esito dell'esame orale. Hanno peso limitato anche gli elaborati realizzati nelle esercitazioni.

R3240 Meccanica dei fluidi nel sottosuolo

Anno:periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Gaudenzio Verga (collab.: Sandra E. Cordero Hidalgo)

Il corso ha lo scopo di introdurre lo studio delle proprietà dei sistemi costituiti dai principali fluidi sotterranei e dalle formazioni che li contengono e di fornire i principi fondamentali che regolano il flusso dei fluidi ed il suo evolvere naturalmente o per azione diretta e indiretta dell'uomo. Nel corso viene sviluppata pertanto sia la trattazione analitica accurata dei problemi di flusso sia la parte tecnologico-applicativa relativa allo scavo dei pozzi di emungimento e alla valutazione delle caratteristiche e potenzialità degli acquiferi.

REQUISITI. Conoscenze di base di geologia e idraulica.

PROGRAMMA

Introduzione al corso. [8 ore]

Principali giacimenti di fluidi nel sottosuolo: acquiferi, serbatoi geotermici, giacimenti di idrocarburi.

Caratteristiche fisico-chimiche dei fluidi sotterranei. [8 ore]

Densità, viscosità, compressibilità, rapporto di solubilità.

Proprietà delle rocce serbatoio. [8 ore]

porosità, distribuzione granulometrica, superficie specifica, saturazione, Immagazzinamento, bagnabilità e capillarità.

Introduzione ai problemi di flusso. [8 ore]

La legge di Darcy, estensioni e limitazioni, prime applicazioni; permeabilità e teoria dei permeometri a liquidi e a gas.

L'equazione di diffusività. [12 ore]

Deduzione della equazione di diffusività in forma generale, per simmetria radiale e in variabili adimensionali; integrazione della medesima per flusso permanente, stabilizzato e transitorio; curve di declino, stabilizzazione e risalita della pressione e del potenziale piezometrico.

Tecniche di costruzione di pozzi e piezometri. [4 ore]

Posizionamento, metodi di perforazione, fluidi di spurgo, completamento, stimolazione.

Determinazione dei parametri idrologici. [8 ore]

Prove a portata costante e variabile; analisi ed interpretazione delle curve di declino e risalita; teoria dei pozzi immagine e principio di sovrapposizione degli effetti.

Problemi speciali. [6 ore]

Ricarica degli acquiferi, intrusione di acqua marina, protezione delle acque sotterranee.

ESERCITAZIONI

Calcoli relativi alle conversione di alcune costanti dal SI al sistema operativo americano. [3 ore]

Calcolo delle caratteristiche di miscele di idrocarburi. [3 ore]

Calcoli relativi alle portate estraibili da pozzi per acqua. [3 ore]

Costruzione di carte piezometriche con tracciamento delle linee di flusso e relativa interpretazione. [3 ore]

Interpretazione di prove di pozzo a portata variabile e calcolo dell'efficienza dell'opera di captazione. [3 ore]

Interpretazione di prove di pompaggio a portate costante. [12 ore]

LABORATORIO

Misure di densità di fluidi. [3 ore]

Misure di viscosità di idrocarburi. [3 ore]

Misure di porosità. [3 ore]

Misure di permeabilità e conducibilità idraulica. [3 ore]

ESERCITAZIONI SUL CAMPO. Rilievo di dati piezometrici ed esecuzione di prove di pompaggio a portata costante su pozzi e piezometri. [10 ore]

ESAME

Per chi sostiene l'esame durante il corso: 2 prove scritte seguite da discussione orale (una circa metà ed una a fine corso); la votazione finale farà riferimento oltre che alle prove indicate anche alla presentazione delle relazioni relative a tutte le esercitazioni effettuate.

Per chi sostiene l'esame successivamente al corso: esame scritto e orale su tutto il programma svolto e sulle relazioni relative a tutte le esercitazioni effettuate.

R5150 **Stabilità dei pendii**

Anno:periodo 4,5:2 Lezioni, esercitaz., laboratori: 6(4)+2(4) (ore settimanali); 82+28 (nell'intero periodo)
 Docente: Gian Paolo Giani (collab.: Margherita Ferrero, Chiara Deangeli, Gabriele Pancotti)

Il corso ha lo scopo di fornire delle conoscenze, nel campo dell'ingegneria geotecnica, della stabilità dei pendii. In particolare vengono trattati i metodi per la caratterizzazione geotecnica di pendii in roccia ed in terreno, i metodi analitici e numerici per le analisi di stabilità e quelli relativi alla scelta ed al dimensionamento di opere di difesa e di stabilizzazione.

PROGRAMMA

Nel corso vengono trattati i seguenti argomenti:

- metodi di classificazione e identificazione dei fenomeni franosi;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni e delle rocce costituenti i pendii naturali ed artificiali;
- metodi di analisi di stabilità dei versanti e di analisi del moto di masse instabili;
- metodi di consolidamento e di difesa dei pendii.

Le lezioni possono essere suddivise in 22 argomenti, riassunti nella tavola che segue:

1. Pendii naturali ed artificiali: scavi, rilevati, discariche (tipologie costruttive). [2 ore]
2. Classificazione dei movimenti franosi (Varnes, 1978). [4]
3. Identificazione dei fenomeni franosi. [2]
4. Ingegneria dei pendii. Concetti di base. [4]
5. Descrizione quantitativa delle discontinuità in roccia (ISRM, 1978). [10]
6. Resistenza a taglio della matrice rocciosa, delle discontinuità e della massa rocciosa; effetti di scala sulla resistenza a taglio. [8]
7. Flusso d'acqua nei mezzi rocciosi. [4]
8. Classificazione dei terreni. [2]
9. Resistenza a taglio dei terreni. [8]
10. Flusso d'acqua nei mezzi porosi. [4]
11. Modelli geomeccanici. [4]
12. Analisi del moto di caduta massi. [8]
13. Analisi di ribaltamento blocchi. [2]
14. Verifiche di stabilità allo scivolamento di pendii in roccia. [10]
15. Verifiche di stabilità allo scivolamento di pendii in terra. [8]
16. Analisi di frane per espansione laterale. [2]
17. Analisi del movimento di colate in terra e detrito. [6]
18. Analisi di fenomeni gravitativi profondi. [4]
19. Analisi probabilistiche di stabilità di pendii. [4]
20. Analisi dinamiche e pseudostatiche di pendii. [6]
21. Metodi di consolidamento di pendii. [6]
22. Metodi di protezione e difesa. [2]

I primi quattro riguardano la descrizione dei tipi di movimento franoso e delle tipologie costruttive di opere in terra e di scavi in roccia, di classificazione e identificazione dei fenomeni franosi e di definizione dei concetti di base dell'ingegneria dei pendii, quali il fattore di sicurezza, le analisi di stabilità in campo statico e dinamico ed il concetto di equilibrio limite.

Successivamente vengono richiamati alcuni temi della meccanica delle rocce, quali la descrizione quantitativa delle discontinuità, la resistenza a taglio e il flusso dell'acqua nei mezzi discontinui. Questi temi vengono trattati con specifico riferimento ai problemi di stabilità dei pendii in roccia sviluppando metodi statistici per l'elaborazione dei dati dei rilievi delle discontinuità, affrontando il problema degli effetti di scala sulla resistenza al taglio di grandi discontinuità e introducendo dei modelli numerici per lo studio del moto dei fluidi nelle discontinuità.

Le lezioni proseguono con i richiami di meccanica delle terre relativi alla caratterizzazione geotecnica e idraulica dei terreni. Le conoscenze acquisite in questa prima parte del corso permettono di sviluppare un modello geomeccanico della massa in esame che evidenzia le caratteristiche geometriche e strutturali e i potenziali cinematismi di instabilità.

Nel corso vengono quindi trattati metodi di verifica di stabilità e metodi previsionali dei movimenti franosi. In particolare sono sviluppati dei modelli analitici e numerici per l'analisi del moto di caduta massi e per l'analisi del comportamento meccanico di sistemi di blocchi, per la verifica di stabilità dei pendii in roccia ed in terra; viene descritto il metodo del blocco chiave per le analisi statiche di mezzi rocciosi discontinui e sono definiti i concetti generali ed illustrati dei casi applicativi del metodo degli elementi finiti e del metodo degli elementi distinti allo studio di frane complesse.

L'analisi dei meccanismi evolutivi di colata viene trattata con un modello analitico, per il caso di terreni argillosi e con un modello numerico fondato sulla teoria degli automi cellulari, per il caso di trasporto di masse detritiche.

Problemi di analisi dinamica dei pendii vengono trattati con alcune particolari applicazioni del metodo di Newmark, mentre alcuni metodi probabilistici (Montecarlo, Rosenblueth, Bayes e *fuzzy sets*) vengono discussi per tener conto dell'aleatorietà con cui i parametri fisici e geometrici del problema sono noti.

Il corso si conclude con la descrizione dei principali metodi di stabilizzazione dei pendii e di protezione di opere e infrastrutture civili dai movimenti franosi. Nel primo caso vengono illustrate le metodologie di scavo, riporto, drenaggio, rinforzo e sostegno dei pendii descrivendo, come nei metodi analitici e numerici precedentemente introdotti, si può schematizzare l'azione degli interventi realizzabili al fine di migliorare la stabilità dei pendii. Nel secondo caso vengono illustrati metodi di difesa da caduta massi (valli paramassi con reti di protezione, gallerie paramassi) e di trasporto di massa (briglie filtranti) e vengono descritti i metodi di verifica dell'efficacia di queste opere.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni riguardano principalmente lo svolgimento di casi applicativi per:

- la caratterizzazione geotecnica di rocce e terreni costituenti il pendio;
- la messa a punto di un modello geomeccanico di una massa rocciosa;
- il calcolo previsionale del moto di caduta massi lungo il versante;
- la verifica di stabilità al ribaltamento e scivolamento con il metodo dell'equilibrio limite di un sistema di blocchi;
- le verifiche di stabilità di pendii in roccia con il metodo del blocco chiave;
- la verifica di stabilità dei pendii in terra con alcuni metodi dell'equilibrio limite;
- l'analisi del moto di un colamento detritico con il metodo degli automi cellulari;
- l'analisi con metodi numerici dei meccanismi evolutivi di frane complesse;
- le verifiche di stabilità in campo pseudostatico e l'analisi dinamica di un sistema di blocchi con il metodo degli elementi distinti;
- il dimensionamento e la verifica di un intervento di stabilizzazione di un pendio;
- il dimensionamento e la verifica di un'opera di protezione da caduta massi, costituita da un vallo con rete di protezione.

È prevista inoltre un'escursione in un sito sede di un movimento franoso.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Rock slope stability analysis / G.P. Giani. – Rotterdam : Balkema, 1992.

(Tratta gli argomenti di cui ai punti 1, 2-7, 11-14, 16, 19-22 della tabella che riassume il programma delle lezioni. Questo testo è reperibile presso la biblioteca del Dipartimento di Georisorse e territorio).

Per gli argomenti trattati ai punti 3, 8, 9, 10, 15, 17 e 18 verranno date agli studenti del corso delle dispense.

Viene inoltre consigliata la consultazione dei seguenti testi

Pendii naturali e fronti di scavo : atti del 2. ciclo di conferenze di meccanica ed ingegneria delle rocce / a cura di G. Barla. – MIR Politecnico di Torino, 1988.

Previsioni e riscontri nella meccanica ed ingegneria delle rocce : atti del 4. ciclo di conferenze di meccanica ed ingegneria delle rocce / a cura di G. Barla. – MIR Politecnico di Torino, 1992.

Landslides : analysis and control / ed. R.L. Schuster, R.J. Krizek. – (Special reports ; 29). – Washington : Highway Research Board, 1978.

Soil slope instability and stabilisation / ed. B.F. Walker, R. Fells. – Rotterdam : Balkema, 1987.

R5460 **Tecnica delle costruzioni**

Anno:periodo 4,5:2

Docente: Luigi Goffi

[Testo del programma da "Guida 1994/95"]

Il corso è finalizzato all'applicazione concreta delle nozioni della *Scienza delle costruzioni* (che si presuppone conosciuta) per il dimensionamento di strutture in acciaio, conglomerato cementizio armato e precompresso, e legno, individuando per ogni materiale le problematiche specifiche. La trattazione procede in campo lineare con un cenno alle verifiche in campo non lineare.

PROGRAMMA

Nella parte introduttiva si procede alla schematizzazione strutturale ed all'analisi dei carichi agenti sulle costruzioni, con un cenno alle caratteristiche dei terreni e delle rocce relativamente al problema delle fondazioni.

Si procede poi al dimensionamento di elementi strutturali in acciaio, in conglomerato cementizio armato e precompresso in campo essenzialmente lineare nell'ambito delle tensioni ammissibili, con l'illustrazione sistematica della conseguente normativa.

Un cenno viene infine proposto per le costruzioni in legno.

Alle lezioni si affiancano le esercitazioni che sviluppano la progettazione (calcoli e disegni) di una struttura in acciaio (edificio industriale), in calcestruzzo armato (edificio residenziale) e precompresso (trave da ponte).

R1460 **Economia applicata all'ingegneria**

(Tutti gli indir., tranne Pianif. e gest. territoriale)

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Giovanni Badino

Scopo del corso è quello di fornire al futuro ingegnere sia le conoscenze fondamentali per la comprensione degli eventi economici connessi con l'ambiente in cui dovrà operare, sia gli strumenti necessari per affrontare e risolvere i problemi di carattere economico-gestionale tipici della sua professione.

Le due parti (lezioni ed esercitazioni) in cui è suddiviso il programma di seguito riportato sono presentate nel corso in modo integrato e, cronologicamente, in parallelo.

PROGRAMMA

Introduzione. Organizzazione, contenuto e obiettivi del corso. I concetti fondamentali dell'economia. I rapporti tra economia e ingegneria. Cenni all'evoluzione del pensiero economico.

Produzione ed economia nazionale. Il sistema economico nazionale. Flusso dei beni e dei redditi. La contabilità dello Stato. Significato economico dell'*import-export*. Modello di sviluppo industriale e produzione sostenibile. Impostazione dei problemi di economia dell'ambiente.

Il mercato. Generalità. Caratteristiche di domanda e offerta. I mercati reali. Il mercato delle materie prime.

L'impresa: struttura e organizzazione. Il contesto giuridico: tipi di impresa; le società commerciali; la società per azioni. Il contesto economico: la retribuzione dei fattori della produzione; schema semplificato di bilancio.

Economia della produzione. Cenni alla teoria dei costi. I costi aziendali. La contabilità industriale. Il deperimento dei beni e la sua contabilizzazione.

Finanziamenti e investimenti. Interesse, capitalizzazione e sconto. Il calcolo attuariale. L'equivalenza finanziaria. Il finanziamento delle imprese: obbligazioni; mutui; *leasing*; credito commerciale diretto e credito bancario. La valutazione degli investimenti.

Il sistema fiscale. La contabilità generale. Il bilancio.

Il lavoro. L'organizzazione aziendale del lavoro. Le categorie dei prestatori di lavoro. I contratti collettivi. Lo statuto dei lavoratori. Il costo del lavoro.

ESERCITAZIONI

Analisi e rappresentazione dei dati economici. Indici e distribuzioni di frequenza.

Calcolo delle probabilità e distribuzioni notevoli per il controllo di qualità.

Problemi di campionatura e significatività della stima.

Modalità di restituzione dei prestiti. Calcolo attuariale ed equivalenza finanziaria.

Calcolo dell'ammortamento dei beni strumentali.

Valutazione di un investimento industriale con diversi criteri.

Analisi energetica per la valutazione economico ambientale delle attività produttive.

Modelli per la risoluzione di problemi gestionali

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G.J. Thuesen, K.J. Fabrycky, *Economia per ingegneri*, Il Mulino, 1994.D. Zanobetti, *Economia dell'ingegneria*, Pàtron.

Testi ausiliari:

L.J. Kazmier, *Statistica aziendale*, (Collana Schaum).J.E. Ullmann, *Metodi quantitativi nella gestione aziendale*, (Collana Schaum).**ESAME**

Prenotazione almeno 8 giorni prima della data di appello;

consegna entro la stessa data della ricerca personale assegnata;

rendere disponibili nel giorno dell'esame scritto le esercitazioni scritte svolte durante il corso;

prova scritta nell'ora e nel giorno indicati per l'appello, più prova orale da sostenere dopo l'esito positivo della prova scritta;

discussione in sede di esame della ricerca personale.

Programmi degli insegnamenti

(insegnamenti d'orientamento o a scelta)

*I programmi sono riportati in ordine alfabetico di titolo. Al termine del volume (p. ***) le tavole alfabetiche generali, per nomi dei docenti e per titoli degli insegnamenti.*

R0020 Acquedotti e fognature

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Mario Quaglia

Il corso fornisce gli elementi indispensabili alla progettazione delle opere di ingegneria idraulica nel settore degli acquedotti, delle fognature e del trattamento delle acque di rifiuto.

REQUISITI. I corsi di Idraulica e Scienza delle costruzioni.

PROGRAMMA

Acquedotti

Caratteristiche fisico-chimiche dell'elemento acqua.

Disponibilità ed utilizzazioni delle risorse idriche.

Bilancio idrico. Programmazione e gestione dell'uso delle acque.

Requisiti di potabilità delle acque. Normativa vigente.

Fonti di approvvigionamento idrico. Acque sotterranee. Acque superficiali.

I consumi idropotabili. Stima dei fabbisogni.

Le strutture acquedottistiche. Tipologia e criteri di progettazione.

Opere di approvvigionamento da falde sotterranee e da corsi d'acqua o laghi.

Impianti di potabilizzazione.

Condotte di adduzione. Tipi. Funzionamento a gravità o con sollevamento meccanico.

Apparecchi idraulici, di misura, di regolazione del flusso.

Serbatoi di compenso.

Reti di distribuzione. Criteri di progetto e di verifiche delle reti pubbliche e di quelle interne ed edifici.

Fognature

Reti fognarie. Tipologia. Planimetria ed altimetria.

Canalizzazioni. Sezioni tipo. Caratteristiche strutturali. Dimensionamento idraulico.

Manufatti accessori.

Valutazione degli afflussi di acque reflue e pluviali. Determinazione degli afflussi critici.

Progetto e verifica delle reti fognarie: metodo del volume di invaso, metodo cinematico.

Gestione delle reti fognarie. Manutenzione. Monitoraggio.

Tecniche di trattamento delle acque reflue

L'inquinamento idrico. Definizione, cause, parametri di valutazione.

Caratteristiche dei corpi idrici. Processi di autodepurazione.

Impianti di depurazione per reflui civili. Tecnologie di trattamento. Criteri di progetto.

Manufatti scaricatori delle acque di pioggia. Impianti di sollevamento.

Processi di trattamento del liquame. Grigliature. Dissabbiatura. Disoleatura. Sedi-

mentazione. Ossidazione biologica. Tecniche di denitrificazione e di defosfazione. Disinfezione.

Processi di trattamento dei fanghi. Addensamento. Stabilizzazione aerobica ed anaerobica. Disidratazione. Incenerimento. Utilizzo.

ESERCITAZIONI

1. Progetto di acquedotto. Analisi del fabbisogno idrico. Dimensionamento delle opere di approvvigionamento della condotta di adduzione, del serbatoio di compenso. Progettazione e verifica della rete di distribuzione.

2. Progetto di fognatura. Calcolo di dimensionamento e di verifica idraulica di una rete fognaria di tipo misto. Proporzionamento del manufatto scaricatore delle acque di pioggia.

3. Progetto di un impianto di depurazione per reflui civili. Definizione degli elementi di progetto. Dimensionamento idraulico dei singoli comparti di trattamento del liquame e dei fanghi e delle relative apparecchiature elettromeccaniche.

VISITE IN PROGRAMMA. Visita ad un impianto di trattamento delle acque per uso potabile. Visita ad un impianto di depurazione.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

G. Ippolito, *Appunti di costruzioni idrauliche*, Liguori.

L. Masotti, *Depurazione delle acque*, Calderini.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

G. Supino, *Le reti idrauliche*, Pàtron, 1965

F. Arredi, *Costruzioni idrauliche*, UTET.

F. Frega, *Lezioni di Acquedotti e fognature*, Liguori.

V. Vismara, *Depurazione biologica*, Hoepli.

R0030 Acustica applicata

Docente: da nominare

[Testo del programma da "Guida 1994/95"]

Scopo del corso è di fornire gli elementi per la progettazione o per gli interventi di carattere acustico nelle sale per audizioni, negli stabilimenti industriali, nelle zone aeroportuali o soggette ad inquinamento acustico per il traffico autostradale; di mostrare le modalità di misure acustiche e dosimetriche.

REQUISITI. *Fisica I, Elettrotecnica.*

PROGRAMMA

1. Conformazione orecchio.
2. Definizioni delle grandezze acustiche: pressione, frequenza, intensità, livello, resistenza acustica. Suoni puri e composti, ottave, spettri in frequenza suoni impulsivi.
3. Rumori. Curve NC. Diagrammi Zwicker, Stevens, Kryter. Norme ISO.
4. Danni all'apparato uditivo. Diagrammi di Glorig, Ward e Nixon.
5. Acustica degli ambienti.

Assorbimento acustico materiali. Definizioni. Materiali porosi. Lastre vibranti pannelli forati.

Isolamento acustico. Definizioni. Sorgenti di rumore. Pareti omogenee e pareti multistrati. Isolamento delle strutture. Piccoli ambienti.

Il campo acustico. Modi propri di vibrazione. La riverberazione acustica. Tempo convenzionale di riverberazione. Tempo ottimo di riverberazione. Correzione acustica delle sale. Grandi ambienti. Volte ortofoniche per teatri chiusi e all'aperto. Realizzazione pratiche. Modelli di ambienti.

6. Acustica degli ambienti industriali.

Rumori e vibrazioni prodotti dalle macchine. Rumori a spettro continuo a componenti discrete. Rumori impulsivi. Sorgenti di rumore. Fonti di rumore. Riduzione della potenza acustica emessa.

Isolamento acustico. Isolamento acustico delle pareti. Isolamento delle macchine. Isolamento degli impianti. Artifici per la diminuzione delle potenze emesse. Soluzioni tecniche e costruttive.

7. Misure e rilievi acustici.

Apparecchi di rilievo acustico: fonometro, spettrometro, registratore, generatore di segnali, analizzatore statistico.

Misura di: livello acustico di un suono, spettro di un rumore, livello acustico di un rumore, assorbimento acustico isolamento acustico, tempo di riverberazione, rumore di calpestio. Sperimentazione su modelli.

8. Impianti di diffusione.

Microfono. Sistemi di riproduzione (dischi, nastri magnetici e dispositivi fotoelettrici). Amplificatori. Altoparlanti. Disposizioni generali degli impianti. Sistemi stereofonici. Adattamento degli impianti di diffusione agli ambienti.

ESERCITAZIONI

Correzione acustica di una sala. Isolamento acustico di locali e macchine in ambienti industriali. Progetto di cassa acustica.

Esercitazioni particolari differenziate secondo le specializzazioni.

LABORATORI

Analisi del suono. Isolamento acustico fra ambienti. Tempo di riverberazione di una sala. Misure di rumore industriale.

BIBLIOGRAFIA

Brunelli, Codegone, *Corso di fisica tecnica. Vol. 5.*

Barducci, *Elettroacustica.*

R0214 **Analisi e riconoscimento dei minerali 2** (Corso ridotto)

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 2+2 (ore settimanali)

Docente: Giampiero Barisone (collab.: Federico Mastrangelo, Gaetana Restivo)

Il corso si propone di fornire la conoscenza dei principali minerali costituenti le rocce o di particolare interesse economico, con specifico riferimento ai più diffusi metodi di analisi mineralogica e chimica atti a consentirne una corretta individuazione.

REQUISITI. (Consigliati) *Litologia e geologia, Chimica.*

PROGRAMMA

Illustrazione dei minerali principali (dal punto di vista sia economico che petrografico) e delle caratteristiche chimico-fisiche utili per il loro riconoscimento. [10 ore]

Riconoscimento dei minerali in sezione sottile: cenni riepilogativi delle caratteristiche ottiche fondamentali. [3 ore]

Riconoscimento dei minerali in granuli (sabbie) al microscopio stereoscopico ed a quello petrografico: peculiarità del metodo, problematiche, tecniche particolari. [2 ore]

Analisi e riconoscimento dei minerali delle rocce al diffrattometro: generalità, impieghi, ecc. Schede identificative. [3 ore]

Il diffrattometro per l'identificazione dei minerali argillosi: problemi specifici, modalità preparazione campioni, ecc. [2 ore]

Analisi chimica qualitativa: principi, gruppi elem., generalità esecutive. [2 ore]

Analisi chimica strumentale (quantitativa). [4 ore]

ESERCITAZIONI

Riconoscimento pratico di minerali in cristalli. [2 ore]

Riconoscimento pratico dei minerali nelle rocce e *tout-venant* di miniera o cava. [2 ore]

LABORATORIO

Esame di sezioni sottili al microscopio petrografico. [3 ore]

Esame di materiale in granuli (sabbie) al microscopio stereoscopico ed a quello petrografico. [3 ore]

Esecuzione ed interpretazione di diffrattogrammi di rocce. [2 ore]

Esecuzione ed interpretazione di diffrattogrammi di argille. [2 ore]

Analisi chimica qualitativa di campioni di rocce. [10 ore]

ESERCITAZIONI SUL TERRENO (facoltative)

Sono previste due esercitazioni sul terreno, di un giorno ciascuna, che consisteranno nell'esame di mineralizzazioni e minerali delle rocce *in situ* o in discariche, con eventuale esecuzione di saggi empirici di riconoscimento.

ESAME

Solo orale ed in un'unica soluzione, con presentazione di campioni e discussione sulle tecniche di analisi più indicate per l'individuazione dei minerali costituenti.

R0330 Architettura tecnica

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali); 60+60 (nell'intero periodo)

Docente: Angelo Lucchini

Il corso è finalizzato a fornire elementi metodologici e culturali indirizzati all'architettura e all'edilizia attraverso informazioni di carattere tecnico, scientifico e antologico (definizioni, classificazioni, norme, metodologia della progettazione ambientale e tecnologica, analisi dei principali sottosistemi tecnologici, esame di casi esemplari).

Il corso avvia al conseguimento delle capacità selettive e sintetiche necessarie alla definizione e al controllo della qualità ambientale e tecnologica degli interventi edilizi. Particolare attenzione viene posta alla applicazione pratica dell'apparato teorico fornito, mediante risoluzione di semplici temi progettuali.

REQUISITI. *Disegno, Fisica tecnica, Scienza delle costruzioni.*

PROGRAMMA

Concetti base della disciplina e nozioni guida: il processo edilizio: dalla promozione alla gestione degli interventi, i sistemi edilizi e le loro articolazioni, i rapporti con il contesto, il concetto di qualità in edilizia.

Elementi fondamentali dei caratteri distributivi degli edifici: concetti di tipo e di tipologia, l'analisi tipologica e il rapporto con il contesto, il rapporto tradizione – innovazione e le sue componenti socio-economiche, il rapporto tipologia – tecnologia.

La residenza e la sua evoluzione tipologica. Altre tipologie fondamentali di riferimento.

Introduzione alla metodologia della progettazione: la teoria della qualità in edilizia; i concetti base: concetti di esigenza, di requisito, di prestazione.

Primi riferimenti alle componenti della progettazione edilizia: progettazione funzionale spaziale, ambientale, tecnologica.

Strumenti e tecniche di supporto alla progettazione e alla produzione edilizia: la normativa qualitativa, il controllo della qualità.

Metodologia della progettazione: l'attività di analisi: requisiti ambientali, prestazioni ambientali, prestazioni tecnologiche, progettazione funzionale spaziale, analisi dei problemi, esigenze di razionalizzazione, analisi funzionale, analisi delle attività dell'utenza, il programma prestazionale.

La trasposizione delle prestazioni ambientali in prestazioni tecnologiche: il benessere igrotermico invernale ed estivo, il benessere luminoso, il benessere acustico, la sicurezza al fuoco.

Il controllo della durata, la manutenzione programmata, la patologia edilizia.

I principali sottosistemi tecnologici edilizi: le strutture, le coperture, le chiusure opache, le chiusure trasparenti, le partizioni interne.

ESERCITAZIONI

Gli allievi, singolarmente o in gruppi ristretti, guidati dal docente, affrontano approfondimenti ed eseguono elaborati progettuali sui seguenti argomenti.

Analisi e rappresentazione di tipologie e tipi edilizi.

Definizione e controllo dei disperdimenti energetici e delle condizioni di *comfort* igrotermico in tipi edilizi in regime stazionario e in regime variabile: controllo della determinazione conduttiva, controllo dei disperdimenti energetici, controllo della determinazione asimmetrica radiativa; controllo della temperatura operante; controllo del fattore di inerzia (regime invernale) controllo dell'inerzia termica (regime estivo); controllo della condensazione interstiziale e superficiale.

Definizione e controllo delle condizioni di *comfort* luminoso naturale in tipi edilizi in determinate condizioni di contesto.

Definizione e controllo delle condizioni di *comfort* acustico in tipi edilizi in determinate condizioni di contesto e di comportamento dell'utenza.

Definizione e controllo delle condizioni di sicurezza passiva al fuoco di edifici pluripiano in determinate condizioni di contesto.

La trattazione di ciascun argomento termina con la revisione degli elaborati sviluppati dagli allievi e la consegna dei medesimi al docente.

BIBLIOGRAFIA

Il materiale didattico viene messo a disposizione degli allievi attraverso una specifica documentazione annualmente aggiornata argomento per argomento, e completa di riferimenti bibliografici.

ESAME. L'esame consiste in una prova orale sugli argomenti trattati a lezione e sugli approfondimenti svolti nelle esercitazioni.

R0345 **Arte mineraria + Sicurezza e difesa ambientale nell'industria estrattiva** (Corso integrato)

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali); 65+33+12 (nell'intero periodo)
Docente: *da nominare*

[Testo del programma da "Guida 1994/95"]

Il corso ha per oggetto lo studio delle strutture dell'attività estrattiva, delle sue fasi produttive e delle problematiche connesse con gli aspetti di sicurezza.

Il corso ha lo scopo di fornire le conoscenze tecniche per la razionale programmazione, progettazione e conduzione dei singoli lavori di scavo e del complesso delle fasi di coltivazione di cave e miniere, approfondendo parallelamente gli aspetti normativi e di sicurezza connessi con tali operazioni.

Il corso si svolge con lezioni ed esercitazioni pratiche in cantiere ed in laboratorio.

PROGRAMMA

Caratteri generali dell'industria mineraria, le strutture dell'attività estrattiva e le sue fasi produttive: ricerca, coltivazione, valorizzazione; aspetti geo-giacimentologici, economici, legislativi.

Organizzazione, metodologie esecutive e linee di progettazione di scavi in sotterraneo (gallerie, pozzi ed altre vie sotterranee, camere di coltivazione mineraria) e delle opere di sostegno.

Metodi di coltivazione in sotterraneo con accesso dell'uomo (criteri di scelta, metodo per vuoti, metodo per ripiena, metodi per/con frana). Metodi di coltivazione in sotterraneo senza accesso dell'uomo.

Metodi di coltivazione a giorno.

Organizzazione delle operazioni produttive nei cantieri minerari. Progettazione di miniere con metodi *computer*-assistiti.

Impatto con l'ambiente: criteri e tecniche di recupero ambientale, possibile riuso dei vuoti.

La normativa in materia di sicurezza del lavoro e di difesa ambientale per l'attività estrattiva.

Problematiche infortunistiche: analisi delle cause dirette ed indirette di infortunio, mezzi e tecniche di prevenzione, valutazioni statistiche del fenomeno infortunistico.

Problemi di inquinamento ambientale nel luogo di lavoro: misura, valutazione del rischio di danno, prevenzione e protezione per i principali agenti inquinanti (rumore, vibrazioni, polveri, gas). Analisi delle condizioni di rischio di danno e disturbo nei confronti di terzi derivanti da immissioni nell'ambiente esterno (rilevamento, raffronto con i limiti normali, tecniche di riduzione delle immissioni).

ESERCITAZIONI

Progetto di armature e rivestimenti per gallerie, pozzi e cantieri di coltivazione. Scelta e programmazione di metodi di coltivazione a giorno e in sotterraneo. Dimensionamento di cantieri di coltivazione. Analisi della normativa mineraria. Analisi di un infortunio.

LABORATORI

Laboratorio di microclima ed inquinanti chimici e fisici (misure di rumore, di polveri, di vibrazioni). Visite tecniche a coltivazioni minerarie.

R0580 Cartografia numerica

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)
 Docente: Giuliano Comoglio (collab.: Ambrogio Manzino)

di Cartografia numerica

È un corso di specializzazione rivolto agli allievi che manifestino un particolare interesse per lo studio del territorio finalizzato all'inserimento delle opere di infrastruttura ed allo sfruttamento delle risorse naturali.

La cartografia numerica resta la componente essenziale di un Sistema Informativo Territoriale (SIT) che è uno strumento indispensabile per una corretta gestione del territorio.

Questa disciplina fornisce gli strumenti di base generali indispensabili per la progettazione, la costruzione e l'utilizzo della cartografia numerica e completa un percorso didattico nel quale trovano ampio spazio le materie topografiche e fotogrammetriche

REQUISITI. Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Fondamenti di informatica, Topografia e Fotogrammetria.*

PROGRAMMA

La rappresentazione cartografica. [14 ore]

Cenni storici. Definizione della superficie di riferimento. Moduli di deformazione. Sviluppo sul piano della superficie di riferimento. Carta di Gauss. Cartografia ufficiale italiana.

La cartografia numerica. [16 ore]

Schema concettuale. Scala nominale. Contenuti planimetrici ed altimetrici. Il sistema di codifica. Congruenze geometriche. Struttura dei dati. Formato di trasferimento.

Il sistema informativo territoriale. [6 ore]

Significato e struttura di un SIT. Operazioni per la costruzione di un SIT. Esempi di SIT.

Metodi di costruzione. [8 ore]

Fotogrammetrico diretto. Rilievo topografico. Digitalizzazione di cartografia esistente. Costruzione di un DTM.

Capitolati. [8 ore]

Struttura di un capitolato. Alcuni esempi.

ESERCITAZIONI

Costruzione di cartografia numerica con l'uso dei restitutori analitici. [12 ore]

Costruzione di cartografia numerica con l'uso di strumentazione topografica elettronica. [8 ore]

Costruzione di cartografia numerica mediante digitalizzazione di cartografia esistente. [12 ore]

Utilizzo di *software* specifico per la gestione di un SIT. [20 ore]

BIBLIOGRAFIA

Geographic information systems: principles and applications, American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS), 1991.

Fundamentals of GIS: a compendium, American Society for Photogrammetry & Remote Sensing (ASPRS), 1989.

Fondelli, Pasqualin, Posocco, Zollet, *Cartografia numerica e informazione territoriale*, Regione Veneto & Arcari ed., 1992.

ESAME

L'esame è suddiviso in una prova scritta (relazione) e una prova orale.

La prova scritta consiste in una relazione finale sull'attività svolta dal candidato durante le esercitazioni. La prova orale comprende una serie di domande riguardanti il programma svolto durante le lezioni e le esercitazioni del corso. Ad essa si accede solo se la relazione scritta ha avuto esito positivo.

R0600 Cave e recupero ambientale

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali): 60+40 (nell'intero periodo)

Docente: Mauro Fornaro (collab.: Marilena Cardu, Luciano Bosticco)

Il corso si propone di fornire soprattutto le conoscenze di base per la corretta progettazione di una cava ed il suo razionale inserimento territoriale. Elementi propedeutici di ingegneria degli scavi e di trattamento dei minerali litoidi, necessari per affrontare anche specifici problemi gestionali di cantiere, possono essere forniti nell'ambito del corso stesso.

PROGRAMMA

Richiami di tecnica degli scavi delle rocce e dei terreni. Esame delle diverse tipologie di cava, sia per morfologia di giacimento sia per natura e caratteristiche dei materiali estratti.

Calcolo delle cubature dei depositi e previsioni produttive. Tracciamento degli accessi e preparazione dei cantieri. Disegno dei fronti di scavo in fase di coltivazione e di abbandono.

Descrizione dei cicli produttivi – abbattimento, carico e trasporto – dei materiali di cava. Le leggi vigenti in ambito nazionale e regionale delegato.

I vincoli territoriali e gli strumenti urbanistici. Gli aspetti pianificatori dell'attività estrattiva di cava.

Le problematiche ambientali delle cave e gli impatti dell'attività. I criteri di valutazione e le tecniche di mitigazione. I principi del recupero ambientale dei siti di cava: la stabilità, la sistemazione del suolo, il ripristino, il riuso.

Analisi dei costi di coltivazione e di recupero. I computi delle garanzie fidejussorie previste dalla legislazione.

Esame di documentazione tecnica relativa a cave importanti.

Introduzione

Il significato economico dei materiali di cava. Le implicazioni territoriali dell'attività estrattiva. I dati statistici produttivi regionali e nazionali. [2 ore]

La legislazione e le normative vigenti. Gli ambiti applicativi, gli strumenti di controllo. [3 ore]

La pianificazione dell'attività estrattiva nel contesto territoriale ed urbanistico. I piani paesistici e gli indirizzi di bacino. [4 ore]

Le coltivazioni

Esame sistematico delle diverse tipologie di cava per i diversi materiali estratti e nelle diverse situazioni geogiacimentologiche e morfologiche. I metodi di coltivazione e gli schemi operativi adottabili. [6 ore]

Le cave di inerti sciolti

Caratteristiche produttive della cava di pianura in terreni alluvionali. I cantieri sopra falda e sotto falda. Le macchine operatrici, l'organizzazione delle fasi di scavo, trasporto, trattamento dei materiali. La produzione di classi commerciali di aggregati, per calcestruzzi e conglomerati bituminosi, mediante vagliatura e lavaggio. [4 ore]

Le cave di pietrisco

La coltivazione di materiali litoidi granulari da rocce di monte. Le cave a mezza costa e le cave di crinale. L'accesso, la scopertura e la preparazione dei cantieri. L'abbattimento convenzionale della roccia, con mine e senza uso di esplosivo, con macchine. Il ciclo produttivo ed i trasporti interni, con mezzi continui e discontinui. La preparazione di pietrischi frantumati ed il controllo della idoneità delle principali caratteristiche litoapplicative. [4 ore]

Le cave di calcare (da calce e da cemento)

Le caratteristiche chimico-fisiche dei materiali coltivati e le particolari esigenze industriali produttive. Cenni sulla produzione delle calce e dei cementi. Esame di tipiche unità estrattive e descrizione dei principali lavori preparatori, a cielo aperto ed in sotterraneo. L'opzione dello sviluppo in sotterraneo. L'organizzazione dei cantieri e l'analisi dei costi di produzione primarie. [4 ore]

Le cave di gesso

La coltivazione della pietra da gesso in cantieri a giorno ed in sotterraneo. L'uso di macchine di scavo continue (fresce). Le potenzialità produttive ed i problemi di sicurezza dei cantieri. Il trattamento del minerale estratto per i principali impieghi nella industria delle costruzioni. [4 ore]

Le cave di argilla

Descrizione tecnica dei principali tipi di argilla, per laterizi e ceramiche, coltivate nelle cave piemontesi. Le tipologie estrattive, secondo configurazioni di piano o di pendio. La miscelazione delle materie prime al fine della qualità dei prodotti di fornace. Gli scavi finalizzati al riutilizzo delle fosse quali siti di discarica controllata. [4 ore]

Le cave di pietra

L'importanza storica dei marmi e dei graniti coltivati in Italia. [2 ore]

Le tecniche di estrazione (nel caso di rocce carbonatiche). Le macchine di taglio a filo, a disco, a catena. [3 ore]

Altre tecniche (nel caso di rocce silicatiche). Il distacco dei graniti con cariche controllate di esplosivo. Il metodo finlandese. Il taglio continuo a perforazione contigua, a filo diamantato, con fiamma e con acqua ad alta pressione. Il *water jet*. [3 ore]

Le coltivazioni a giorno. Tipologia delle cave, con riferimento a determinati bacini produttivi, descrizione, con terminologia tecnica, delle diverse fasi di lavoro sino alla produzione di blocchi commerciali. La gestione degli scarti lapidei. [4 ore]

Le coltivazioni in sotterraneo. L'evoluzione delle cave in sottotecchia ed in galleria. Le macchine utilizzate nel tracciamento ed in produzione. I problemi specifici posti dal sotterraneo nelle coltivazioni a camere e pilastri. Cenni sul dimensionamento ed il controllo statico dei vuoti. La produttività consentita nelle diverse fasi di sviluppo dei cantieri. [4 ore]

Il recupero ambientale delle cave

Definizioni e principi generali di intervento. Criteri di sistemazione, di ripristino dei siti progressivamente dismessi dall'attività. Esempi significativi nella realtà piemontese. [3 ore]

Cenni sulle tecniche di intervento per i recuperi naturalistici di superfici rocciose ed il

rinverdimento di terreni ricostituiti e condizionati. La stabilizzazione del suolo e la regolazione delle acque superficiali. I costi unitari delle diverse operazioni. Il calcolo delle cauzioni previste dalla legge sulle cave. [3 ore]

Il riuso dei siti

La possibilità di finalizzare gli scavi produttivi alla realizzazione di opere successivamente utilizzabili. Il caso delle cave sotterranee di minerali industriali e di pietre ornamentali. Il caso dei laghi residui delle cave sotto falda. Esempi notevoli nella realtà italiana ed europea. [3 ore]

La valutazione di impatto ambientale

Il significato della procedura di VIA. Gli studi di impatto ambientale specifici dell'attività estrattiva. Cenno sulle metodologie correnti. Esempio di applicazione ad una cava. [3 ore]

ESERCITAZIONI

È previsto parallelamente all'approfondimento esercitativo di dieci argomenti specifici, lo sviluppo di un progetto di cava, sulla base di dati reali e la redazione dei relativi elaborati tecnici. Vengono infine effettuate viste tecniche a cave della Regione.

1. Impostazione di un piano provinciale per le cave di inerti.
2. Verifica di un impianto di dragaggio di ghiaie e sabbie.
3. Tracciamento di una cava di pietrisco con fornello e galleria.
4. Scavo con fresa di un cantiere di pietra da gesso.
5. Messa in produzione di una cava di gneiss in area alpina.
6. Confronto di taglio di bancate di marmo a giorno.
7. Coltivazione sotterranea di pietra ceppo.
8. Sistemazione ambientale di una cava sotto falda.
9. Recupero ambientale di una cava abbandonata diversante.
10. Valutazione di impatto ambientale di una cava di pietrisco.

BIBLIOGRAFIA

R. Mancini, M. Fornaro, M. Patrucco, *Tecnica degli scavi e dei sondaggi*, 3 vol., CELID, Torino, 1977-8.

Discariche, cave, miniere ed aree difficili, Pirola, Milano, 1989.

Il recupero ambientale di aree degradate. La disciplina della attività estrattiva. Grafo, Brescia, 1994.

D. Pandolfi, O. Pandolfi, *La cava di marmo*, Belforte, Livorno, 1989.

R0660 Chimica industriale

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 50+30+15 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppe Genon (collab.: Franco Marchese)

Il corso intende sviluppare i principali aspetti operativi e di bilancio attraverso cui viene definito un qualunque processo tecnologico industriale. Vengono trattati gli aspetti termodinamici, le operazioni unitarie di separazione e trasferimento, le considerazioni cinetiche; particolare spazio viene dato a valutazioni inerenti l'interazione con l'ambiente esterno, il bilancio energetico globale, la produzione ed il riutilizzo di sottoprodotti e rifiuti.

PROGRAMMA

Cinetica delle reazioni chimiche, definizione del dimensionamento di reattori, influenza di fenomeni di esotermicità. [8 ore]

Bilanci di materia e di energia in processi tecnologici o in ambiente naturale. [5 ore]

Diffusione molecolare e turbolenta, coefficiente di trasferimento, sistemi equicorrente, controcorrente, studi di equilibrio. [8 ore]

Sistemi gas-liquido: assorbimento fisico e con reazione chimica, influenza delle condizioni operative. [6 ore]

Umidificazione, dimensionamento di torri di raffreddamento. [5 ore]

Distillazione: calcolo degli stadi, condizioni operative, bilanci energetici. [4 ore]

Adsorbimento in sistemi agitati e in colonna, equazioni del trasferimento e prestazioni, concetto di eluizione. [6 ore]

Condizioni operative per l'essiccamento, bilanci di materia e di energia. [3 ore]

Considerazioni generali sull'ossidazione biologica. [5 ore]

ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni in aula vengono illustrati con esempi numerici gli argomenti oggetto delle lezioni.

Cinetica e definizione dei reattori. [6 ore]

Bilanci di materia ed energia. [6 ore]

Sistemi di assorbimento gas-liquido e calcolo di equilibri. [8 ore]

Torri di raffreddamento. [2 ore]

Distillazione. [3 ore]

Dimensionamento di sistemi di essiccamento. [3 ore]

LABORATORI

È prevista l'esecuzione di alcune esercitazioni di laboratorio dirette a verificare sperimentalmente la descrizione matematica dei fenomeni. Sono previste 3-4 esercitazioni della durata di mezza giornata, da svolgersi a squadre, sulle principali operazioni unitarie trattate, indicativamente su cinetica chimica, adsorbimento, ossidazione biologica.

BIBLIOGRAFIA

Hougen, Watson, Ragatz, *Chemical process principles*, Wiley, 1959.

Treybal, *Mass transfer operations*, McGraw-Hill, 1955.

R0790 Composizione urbanistica

Anno: periodo 5:2

Docente: Giovanni Picco

La progettazione delle trasformazioni territoriali conclude il ciclo didattico dei laureandi in Ingegneria civile, edile e per l'ambiente e il territorio; offrendo una opportunità d'affrontare temi di sintesi progettuale, a scala territoriale ed urbana, applicativi dei vari patrimoni disciplinari affrontati nei programmi – piani di studio prescelti.

La progettazione territoriale assume, nella dimensione ambientale, un rilievo non eludibile per il futuro professionale d'ingegneri, quand'anche specializzati in particolari ambiti disciplinari (ecologia, infrastrutturazione, impiantistica, strutture, ecc.).

PROGRAMMA

Le lezioni analizzano realizzazioni ed esempi di progetti territoriali, urbani ed extra-urbani, con riferimenti storico-critici essenziali per affrontare tematiche e problemi generali e particolari.

Particolare attenzione è riservata alle analisi ed applicazioni dei temi sulla qualità degli insediamenti, il recupero degli ambienti degradati, della qualità ambientale come componente trasversale a tutte le trasformazioni in progetto.

ESERCITAZIONI

Affronteranno tre filoni:

- i piani a carattere territoriale, ove si individuano strategie ed obiettivi, con attenzione ai caratteri geo-morfologici come matrici e componenti significative delle trasformazioni e dello sviluppo;
- i progetti di riorganizzazione od integrazione di strutture urbane esistenti, in presenza riusi e ristrutturazioni di insediamenti, quartieri, settori, urbani, ecc.;
- il meta-progetto come verifica di fattibilità e di coerenza al contesto od ambito nel quale è previsto un insediamento.

Gli studenti svolgeranno durante il corso tre temi, concordati con i docenti, per i quali siano riconoscibili le suddette "scale d'intervento progettuali".

R0820 Consolidamento dei terreni

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 8+5+3 (ore settimanali)

Docente: Vito Nicola Ghionna

Il corso si propone di fornire una base di conoscenze teoriche ed applicative sui principali metodi di consolidamento e rinforzo dei terreni adoperati nel campo dell'ingegneria geotecnica ed ambientale: terra armata, terra rinforzata con geosintetici, iniezioni, trattamenti colonnari (*jet-grouting* e colonne di ghiaia), addensamento per *tamping* e vibroflottazione, micropali, tiranti, chiodature, dreni verticali ed orizzontali, barriere impermeabili, uso dei geosintetici, congelamento etc.

La trattazione dei singoli argomenti comprende una rassegna delle principali applicazioni, la descrizione dei principi di funzionamento e la esposizione dei metodi di calcolo, nell'ottica di fornire strumenti non solo per la scelta ma anche per l'analisi e la progettazione dei singoli interventi. A questo proposito è dato un ampio spazio alle esercitazioni pratiche in aula, che riguardano la progettazione di alcuni interventi, nonché a visite tecniche guidate in cantiere e ad incontri con operatori del settore.

REQUISITI.

I contenuti di base sono quelli dei corsi di *Geotecnica* e *Meccanica delle rocce*, opportunamente integrati per tenere conto degli aspetti innovativi o specifici delle tecniche considerate.

PROGRAMMA

1. *Introduzione al corso.*

Generalità sui metodi di miglioramento e rinforzo dei terreni.

2. *Terra armata.*

Applicazioni alla realizzazione di muri e rilevati. Principi di funzionamento. Modalità esecutive. Criteri di progettazione. Il rinforzo con geogriglie.

3. *Tiranti, bulloni e chiodi.*

Applicazioni al sostegno di pareti di scavo, al consolidamento di gallerie, alla stabilizzazione di pendii. Tipologie. Tecniche esecutive. Principi di funzionamento. Criteri di calcolo. Prove per il progetto ed il collaudo.

4. *Micropali.*

Applicazioni alle sottofondazioni, al sostegno di pareti di scavo, al consolidamento di gallerie, alla stabilizzazione dei pendii. Tipologie. Tecniche esecutive. Comportamento ai carichi assiali e a quelli perpendicolari all'asse. Criteri di calcolo. Prove di controllo.

5. *Colonne di ghiaia.*

Applicazioni al miglioramento dei terreni di fondazione. Tecniche esecutive. Principi di funzionamento. Criteri di calcolo. Prove di controllo.

6. *Jet-grouting.*

Applicazioni al rinforzo di terreni di fondazione, al sostegno di pareti di scavo, al consolidamento di gallerie, alla impermeabilizzazione degli scavi. Tecniche esecutive. Parametri di influenza. La miscelazione meccanica profonda (*soil mix*); principali differenze con il *jet-grouting*. Prove di controllo.

7. *Iniezioni di leganti.*

Applicazioni al miglioramento e alla impermeabilizzazione dei terreni e delle rocce. Diversi tipi di iniezioni e relativi campi di applicazione. Cenni teorici. Prove di controllo.

8. *Stabilizzazione di pendii con file di pali accostati.*

Effetto arco tra i pali accostati: la teoria di Ito e Matsui. Calcolo delle spinte sui pali per effetto arco.

9. *Chiodatura dei terreni.*

Applicazioni alla stabilizzazione di pareti di scavo, scarpate artificiali e pendii naturali. Principi di funzionamento. Meccanismi di collasso. Criteri di progettazione; il programma di calcolo Prosper.

10. *Geosintetici.*

Classificazione dei geosintetici. Campi di applicazione (filtrazione, drenaggio, rinforzo, separazione). Cenni alle problematiche relative al loro uso in campo geotecnico ed ambientale. Prove sui geosintetici.

ESERCITAZIONI

1. Progettazione di un muro in terra armata.
2. Progettazione di un'opera di sostegno intirantata per la stabilizzazione di un pendio in frana
3. Progettazione di un intervento con colonne di ghiaia.
4. Progettazione di una parete di scavo in terreni sciolti stabilizzato con la tecnica della chiodatura dei terreni.
5. Dimensionamento di un intervento di consolidamento di una galleria con *jet-grouting*.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Appunti dalle lezioni.

Testi ausiliari:

M.R. Hausmann, *Engineering principles of ground modification*, McGraw-Hill.

Atti del seminario su Consolidamento dei terreni e delle rocce in posto nell'ingegneria civile, Collegio Ingegneri di Milano e Gruppo Lombardo Italia NordOvest AGI, Stresa, 26-27 maggio 1978.

Van Impe, *Soil improvement techniques and their evolution*, Balkema, Rotterdam, 1989.

R.M. Koerner, *Design with geosynthetics*, Prentice-Hall.

ESAME. Esame orale con preventiva discussione su una relazione di esercitazione.

R 1002 **Costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti 2**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Gianfranco Capiluppi (collab.: Alberto Vivaldi)

Il corso sviluppa la parte applicativa dell'insegnamento di *Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti*. In particolare si esaminano le metodologie di progetto delle infrastrutture stradali e ferroviarie, il trasporto su rotaia, le opere d'arte stradali minori, lo studio di compatibilità ambientale per le strade, il progetto delle intersezioni viarie, il progetto e la gestione della strada sicura, l'impiego dei bitumi modificati, le tecnologie per i risanamenti delle pavimentazioni.

REQUISITI

Scienza delle costruzioni, Costruzione di strade ferrovie e aeroporti, Geotecnica.

PROGRAMMA

1. *Ponti stradali.* [8 ore]

Tipologie strutturali, materiali impiegati. Ponti in *c.a.*, *c.a.p.*, acciaio. Ponti in struttura mista. La normativa di riferimento e la sua evoluzione. Le spalle da ponte, le pile. Le pile di grande altezza.

2. *Il trasporto su rotaia.* [10 ore]

La sede ferroviaria. Componenti del binario, massicciata. Le opere d'arte. Geometria del binario in retto e in curva. Sovrappassi e sottopassi. Realizzazione in esercizio di impalcati. Le stazioni. Metropolitane: vincoli di tracciato e tipologie. I ponti ferroviari, schemi statici e materiali. Soluzioni tipiche per ponti a struttura metallica.

3. *Le opere d'arte stradali minori.* [10 ore]

Opere idrauliche a difesa del corpo stradale, drenaggi. Tombini e ponticelli, soluzioni tipo. Le azioni esterne dovute al terreno. Spinta della terre in presenza d'acqua e in zona sismica. Tipologia delle opere di sostegno: muri tradizionali (a gravità, in c.a., prefabbricati), soluzioni non tradizionali (terra armata, terra rinforzata, muri cellulari). Interazione rinforzo - terreno. Metodologia di progettazione del rinforzo (uso del polipropilene, del polietilene ad alta densità, del poliestere). Verifiche di stabilità delle varie tipologie. Richiami sui diaframmi liberi e ancorati. Opere a difesa del corpo stradale. Fenomeni di instabilità e interventi di stabilizzazione.

4. *Le gallerie.* [8 ore]

Andamento planimetrico e profilo delle gallerie profonde. Organizzazione del cantiere. Sistemi di attacco e fasi costruttive. Le spinte sui rivestimenti. Misure di deformazione e di stato tensionale. Gallerie urbane. Sistemi di attacco speciali. Ventilazione delle gallerie. Criteri di sicurezza per l'esercizio di tratti stradali in galleria.

5. *Piani urbani di traffico.* [4 ore]

Fasi della pianificazione. Modelli previsionali. Classifica funzionale delle strade. Schemi di circolazione, la sosta. Parcheggi e autorimesse, soluzioni strutturali.

6. *Gli incroci stradali.* [6 ore]

Normativa CNR. Criteri di progetto, livello di funzionalità. Tipi di intersezioni a raso e sfalsate. Elementi compositivi: corsie di decelerazione, curve di ciglio, corsie di immissione. Progettazione delle zone di scambio. Determinazione degli elementi di una rotatoria.

7. *Progetto e gestione della strada sicura.* [4 ore]

Percezione visiva, caratteristiche geometriche, le pavimentazioni. Le barriere stradali (classi di severità dell'impatto, categorie progettuali). Pianificazione della manutenzione stradale. Il collaudo della sicurezza. Indicatori di stato e sistemi di rilevamento.

8. *Sovrastrutture stradali flessibili.* [4 ore]

Valutazione della capacità portante. Calcolo del rafforzamento di una pavimentazione. Tecnologie e materiali per i risanamenti. Leganti bituminosi modificati. Conglomerati drenanti e fonoassorbenti. Criteri di formulazione delle miscele.

9. *Compatibilità ambientale delle strade.* [4 ore]

Riferimenti legislativi. Strumenti e metodi per la VIA. Carte tematiche. Le componenti ambientali. Procedura per la scelta di tracciato. Mitigazione degli impatti e misure di compensazione.

ESERCITAZIONI

1. Verifica di un ponte stradale in c.a.p., ripartizione trasversale dei carichi accidentali.
 2. Progetto e verifica di una spalla da ponte.
 3. Progetto di un tracciato ferroviario: planimetria, profilo longitudinale, grado di prestazione.
 4. Dimensionamento di un sottovia ferroviario a travi metalliche incorporate.
 5. Verifica di un ponte stradale a struttura mista in acciaio calcestruzzo.
 6. Verifica del rivestimento di una galleria profonda.
 7. Verifica di stabilità di un pendio, in presenza di falda.
 8. Studio di una intersezione stradale a livelli sfalsati.
- È altresì prevista una visita in cantiere stradale o ferroviario per esame delle tipologie costruttive e delle fasi realizzative.

BIBLIOGRAFIA

Una parte del materiale didattico verrà messo a disposizione durante il corso.

Testi per approfondimenti:

G. Tesoriere, *Strade, ferrovie, aeroporti. Vol. 1-2*, UTET.

P. Ferrari e F. Giannini, *Geometria e progetto di strade. Vol. 2*, ISEDI.

C. Blasi e A. Paoletta, *Progettazione ambientale*, NIS.

ESAME

La materia d'esame corrisponde al programma svolto a lezione e al materiale didattico fornito. La prova di esame si svolge con una interrogazione orale, durante la quale si discutono i progetti svolti durante le esercitazioni e si pongono almeno 3 domande sugli argomenti svolti a lezione.

R1220 Dinamica degli inquinanti

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 60+25 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppe Genon (collab.: Franco Marchese)

Il corso prende in esame, sia da un punto di vista fisico, sia di sua descrizione matematica, l'insieme dei fenomeni che interessano l'evoluzione di una qualunque sostanza, di origine industriale e non, la quale, immessa nell'ambiente naturale, ne modifichi le caratteristiche. Viene verificato l'impatto ambientale degli inquinanti di tipo chimico, con riferimento ai livelli di concentrazione ed alla persistenza nei vari comparti ambientali.

PROGRAMMA

Generazione di inquinanti e fattori di emissione. [8 ore]

Diffusione e trasporto di inquinanti aeriformi: modelli stocastici e modelli deterministici. [8 ore]

Chimica e fotochimica della troposfera: irradiazione solare; cinetica e meccanismi di reazione. [4 ore]

Fenomeno delle piogge acide, genesi e diffusione. [4 ore]

Dinamica degli inquinanti immessi in corpi idrici fluenti: autodepurazione; bilancio dell'ossigeno; reazioni chimiche e biochimiche interessanti il carico organico. [6 ore]

Meccanismi di eutrofizzazione e loro cause. [4 ore]

Penetrazione di inquinanti in mezzi porosi e semipermeabili; trasporto verso le falde acquifere; reazioni con il terreno. [4 ore]

Fenomeni di lisciviazione di rifiuti e sostanze residue immessi sul terreno. [4 ore]

Mineralizzazione; decomposizione; processi legati al compostaggio e all'uso agricolo di sottoprodotti. [4 ore]

Smaltimento diretto in mare; effetti accidentali; spandimenti. [3 ore]

Diffusione e persistenza della radioattività. [4 ore]

Bilanci globali per gli elementi, cicli degli elementi. [5 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono circa 10 ore di misure sperimentali, eseguite a gruppi, di fenomeni di inquinamento ambientale (qualità di corpi idrici, inquinanti aerotrasportati, terreni) e 15 ore di visite ad impianti tecnologici di trattamento.

BIBLIOGRAFIA. Durante le lezioni vengono forniti schemi e dati numerici di riferimento per gli argomenti trattati.

R1360 **Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+1 (ore settimanali); 52+10 (nell'intero periodo)
 Docente: Luciano Orusa

[Testo del programma da "Guida 1994/95"]

Il corso costituisce una forma istituzionale di approccio alle materie giuridiche per i futuri ingegneri. Accanto alle nozioni istituzionali di carattere generale viene però sviluppato un complesso di nozioni specifiche relative alle attività professionali degli ingegneri, raggiungendovi da tali punti un certo approfondimento specialistico.

PROGRAMMA

Il programma comprende le principali nozioni circa i concetti di diritto e di Stato, nonché intorno al diritto di famiglia e a quello delle successioni; in forma più ampia ed approfondita si studiano invece i diritti reali e le obbligazioni (con particolare riferimento al contratto di appalto).

In materia di Società viene esaminata con particolare cura la società per azioni. Analoga attenzione è dedicata ai concetti di marchio, azienda, ditta, invenzione industriale. Viene altresì esaminata la tutela dei diritti, con le nozioni fondamentali circa la giurisdizione civile ordinaria e il regime delle prove.

Particolare attenzione è dedicata alla disciplina del fallimento e delle altre procedure concorsuali. Particolare ampiezza è altresì rivolta agli atti amministrativi, alla tutela nei confronti dell'amministrazione pubblica e alla giustizia amministrativa, all'urbanistica, all'edilizia, alla espropriazione per pubblica utilità, all'esecuzione delle opere pubbliche e all'appalto pubblico.

Circa le specifiche attività professionali degli ingegneri, si esaminano le norme e i principi regolanti la redazione dei progetti edilizi e la loro realizzazione (norme sui cementi armati, norme sulle zone sismiche) ed i principi su cui si basano le responsabilità dell'ingegneria all'interno delle grandi imprese, con particolare riferimento ai danni cagionati dal prodotto.

ESERCITAZIONI. Periti e perizie, responsabilità del progettista e del direttore dei lavori, responsabilità penali dell'ingegnere, norme deontologiche.

BIBLIOGRAFIA

Orusa, *Istituzioni di diritto*, Torino, Giorgio, 1992.

Orusa, Cicala, *Appunti di diritto*, Giorgio, 1991.

È consigliato l'acquisto di un codice civile e di un codice amministrativo.

R6150 **Economia ed estimo ambientale**

Anno: periodo 4:1

Docente: Giulio Mondini

È obiettivo del corso lo studio dei problemi economici, procedurali e normativi connessi all'intervento sul territorio. Tali problematiche verranno indagate principalmente in riferimento all'analisi di fattibilità del progetto o del piano verificata attraverso metodologie specifiche, sia di carattere "quantitativo" che "qualitativo", a scala edilizia, territoriale e ambientale. All'interno di questo quadro d'insieme, la valutazione economica rappresenta un aspetto preminente di studio.

PROGRAMMA

Sono argomenti del corso i temi relativi alla valutazione dei beni economici, così come sono proposti all'interno di diversi quadri di riferimento: l'economia neoclassica, l'economia del benessere, l'economia ambientale. In particolare, i temi sono così articolati:

1. Fondamenti dell'economia ecologica.
2. L'approccio microeconomico ai problemi ambientali.
3. L'approccio macroeconomico ai problemi ambientali.
4. Risorse ambientali e sviluppo sostenibile.
5. Ambiente e valori incommensurabili.
6. Teorie e tecniche estimative e loro applicazioni.
7. Cenni all'analisi *input - output* e sue applicazioni.
8. Cenni all'analisi *multicriteria* e sue applicazioni.
9. Cenni alle teorie decisionali e loro applicazioni.
10. La Valutazione di Impatto Ambientale e sue applicazioni.
11. L'*Analythic Hierarchy Process* e sue applicazioni.

BIBLIOGRAFIA

A. Barbanente, G. Mondini, *Riflessioni sulla ricerca : valutazione dei piani e degli interventi edilizi complessi*, in A. Realfonzo, *La valutazione nella pianificazione urbana e regionale*, CNR IRIS, Quaderno n. 8, Bari, 1992.

A. Realfonzo, *Teoria e metodo dell'estimo urbano*, La Nuova Italia Scientifica, Roma 1994.

R. Roscelli (cur.), *Misurare nell'incertezza*, CELID, Torino, 1990.

M. Bresso, *Per un'economia ecologica*, NIS, Roma, 1993.

ESAME . La prova in merito prevede due livelli di verifica: il primo sulla conoscenza dei contenuti dell'insegnamento; il secondo sulla produzione didattica dello studente.

R1650

Elementi di geochimica applicata alla prospezione mineraria

Anno:periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+3 (ore settimanali)

Docente: Franco Rodeghiero

Il corso si propone in una prima fase di inquadrare i fenomeni giacimentologici, appresi dagli allievi nel corso di *Giacimenti minerali*, nell'ambito di larghi segmenti della crosta terrestre, con "impronte" caratteristiche, denominati province geochimiche. Verranno quindi considerati i principi e le metodologie della prospezione geochimica, che viene oggi ad assumere un ruolo importante nella ricerca mineraria, soprattutto per giacimenti a basso tenore e a debole profondità, e con risvolti utili anche nell'affrontare problemi di inquinamento ambientale.

REQUISITI

Chimica, Mineralogia e petrografia, Litologia e geologia, Giacimenti minerali.

PROGRAMMA

*Geochimica generale**Abbondanza degli elementi nel Sistema solare.* [2 ore]

Nucleosintesi. Tipo e composizione delle meteoriti. Periodicità del raggio atomico al crescere del numero atomico. Classificazione geochemica degli elementi. Ipotesi di Goldschmidt. La configurazione elettronica degli elementi in relazione al loro carattere geochemico.

Struttura e composizione della Terra. [4 ore]

Nucleo, mantello, crosta. Ipotesi di Ringwood sulla composizione del mantello. Composizione chimica della crosta terrestre. *Clarke* e fattore di concentrazione. Abbondanza e disponibilità degli elementi. Comportamento geochemico degli elementi nell'ambito della crosta terrestre. Il ciclo geochemico.

Cenni di cristallografia. [2 ore]

Isomorfismo, polimorfismo. Ruolo dei costituenti minori nei reticoli cristallini dei minerali principali.

Geochimica dell'ambiente magmatico. [4 ore]

Differenziazione chimica e comportamento degli elementi durante la cristallizzazione delle rocce ignee. Il meccanismo di formazione delle pegmatiti e le loro caratteristiche geochemiche. Geochemica dei fluidi nei sistemi idrotermali.

Il Ciclo minore. [4 ore]

Stabilità dei minerali all'alterazione. Serie di Goldich. L'alterazione dei silicati. Fattori che condizionano il comportamento degli elementi nel corso dell'alterazione, del trasporto e della sedimentazione: il potenziale ionico, il pH e il potenziale di ossido-riduzione negli ambienti naturali di sedimentazione, i fenomeni di adsorbimento.

I suoli. [2 ore]

Profilo generale e classificazioni.

La diagenesi dei sedimenti. [2 ore]

Fenomeni di dissoluzione, autigenesi, metasomatosi, silicizzazione, dolomitizzazione.

L'idrosfera. [2 ore]

Cenni sulla geochemica delle acque continentali: fiumi, laghi, acque sotterranee, acque connate, sorgenti.

Cenni di geochemica degli isotopi stabili. [2 ore]

Frazionamento isotopico negli ambienti naturali: casi dell'idrogeno, del carbonio, dell'ossigeno, dello zolfo, dello stronzio, del piombo.

*Prospezione geochemica.**Concetti generali.* [6 ore]

Dispersione primaria e dispersione secondaria. Mobilità degli elementi. Caratteristiche degli elementi *pathfinder*. Associazioni di elementi. Caratteri geochemici di una regione in rapporto alla geologia.

Fondo geochemico e anomalie. Anomalie epigenetiche primarie e anomalie secondarie. Modelli di dispersione superficiale: di tipo clastico, diromorfico, biogenico, nei sedimenti fluviali, nei suoli, nei depositi glaciali, nelle acque superficiali e sotterranee.

Metodi e fasi della prospezione geochimica. [4 ore]

Prospezione strategica e tattica. Tipi di campionature: litologica, alluvionale, *stream*, suoli, acqua, gas, flora.

Trattamento dei campioni geochimici. [4 ore]

Preparazione all'analisi, principali metodologie analitiche di uso corrente. Pregi e limiti. Cenni sul trattamento statistico dei dati geochimici e stima delle anomalie.

ESERCITAZIONI

Illustrazione di una prospezione geochimica strategica su un'area tipo. Analisi e commento delle varie fasi operative, valutazione delle anomalie. [4 ore]

Illustrazione di una prospezione geochimica tattica (di dettaglio) su un'area indiziata. Analisi e commento delle varie fasi, valutazione dei risultati in funzione delle indagini successive. [4 ore]

Risoluzione guidata di alcuni esercizi riguardanti casi particolarmente significativi di prospezioni geochimiche. [8 ore]

ESERCITAZIONI SUL TERRENO

Visita ad un laboratorio chimico con strumentazione per analisi geochimiche. [4 ore]

Visita sul terreno ad aree particolarmente significative, dove sono state condotte prospezioni geochimiche strategiche e tattiche. Osservazione in sito della situazione geogiacimentologica delle aree di anomalia e valutazione dei risultati alla luce delle indagini svolte. [16 ore]

Esercitazioni di prospezione alluvionale, con prelievo di campioni in sito, in contesti diversi. Analisi e prima valutazione dei concentrati. [8 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Appunti e schemi distribuiti durante il corso.

M. Fornaseri, *Lezioni di geochimica*, Veschi, 1989.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

A.W. Rose, H.E. Hawkes, J.S. Webb, *Geochemistry in mineral exploration*, 2nd ed., Academic Press, 1979.

J.B. Chaussier, J. Morer, *Manuel du prospecteur minier*, BRGM, 1981.

ESAME

La prova d'esame, orale, consiste nella valutazione dell'apprendimento dei principi della geochimica teorica e nella discussione su criteri e scelte da operare in casi esempio di prospezione geochimica.

R1660 **Elementi di meccanica teorica e applicata**

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Nicolò D'Alfio

Il corso si propone di fornire agli studenti i principali elementi teorici e applicativi necessari per la conoscenza e l'identificazione dei sistemi meccanici fondamentali.

Nella prima parte del corso verranno esaminate ed applicate le leggi della cinematica e della dinamica dei corpi rigidi e dei meccanismi. Nella seconda verranno trattati: i fenomeni legati all'attrito; i componenti meccanici ad attrito; i componenti ed i sistemi di trasformazione e trasmissione del moto; i transistori negli accoppiamenti meccanici. Inoltre verranno date le nozioni di base per i sistemi oscillanti e per la lubrificazione.

I vari argomenti saranno trattati secondo un approccio di tipo elementare e con una metodologia prevalentemente grafica.

REQUISITI. *Analisi I, Fisica I, Geometria.*

PROGRAMMA

Cinematica. [18 ore]

Richiami di cinematica del punto, coordinate cartesiane e polari, vari tipi di moto. Rappresentazione vettoriale. Cinematica del corpo rigido, moto traslatorio rettilineo e circolare, moto rotatorio, moto piano generico. Equazione fondamentale della cinematica e teorema di Rivals. Centro di istantanea rotazione. Gradi di libertà, vincoli. Accoppiamenti cinematici tra corpi rigidi, accoppiamenti di forza: camme, ruote su strada. Cinematica dei moti relativi, accelerazione di Coriolis e composizione di moti. Applicazione grafica ai meccanismi e ai paranchi (puleghe, funi).

Dinamica. [20 ore]

Richiami sui sistemi equivalenti di forze, momento di una forza, coppia di forze. Tipi di forze: concentrate e distribuite, reazioni vincolari, forze sviluppate da elementi elastici, da smorzatori e da attuatori oleopneumatici, forze di contatto. Definizione di corpo libero. Condizioni di equilibrio di un sistema, statico o a regime, espresse in forma analitica e grafica. Forze di inerzia, coppie d'inerzia, riduzione delle azioni di inerzia, momenti principali di inerzia. Equazioni cardinali della dinamica e loro applicazioni. Lavoro ed energia, principio di conservazione dell'energia, potenza. Cenni sulla quantità di moto e sul momento della quantità di moto.

Attrito. [6 ore]

Attrito secco. Attrito radente, attrito al perno, condizioni di aderenza. Attrito volvente, condizioni di rotolamento. Potenze dissipate, rendimenti. Condizioni ottimali (limite dell'aderenza) per veicolo in partenza o in frenata.

Componenti meccanici ad attrito. [10 ore]

Contatti estesi, ipotesi dell'usura. Freni a pattino, freni a ceppi con teoria semplificata, freni a disco, accostamento rigido o libero degli elementi frenanti. Freni a nastro. Azioni frenanti e coppie frenanti. Frizioni piane assiali semplici e a dischi multipli, frizioni coniche, condizioni di innesto.

Sistemi di trasformazione e trasmissione del moto. [10 ore]

Ruote di frizione. Ruote dentate, rapporto di trasmissione, ingranaggi cilindrici a denti diritti ed elicoidali, ingranaggi conici, vite senza fine - ruota elicoidale. Forze scambiate e reazioni vincolari. Rotismi ordinari ed epicicloidali. Trasmissioni a cinghie piane e dentate. Vite-madrevite, forze scambiate con semplificazione dei cunei equivalenti e condizioni di irreversibilità del moto.

Transitori nei sistemi meccanici. [4 ore]

Accoppiamento diretto motore-carico, accoppiamento motore-carico con riduttore di velocità, accoppiamento motore-carico con innesto a frizione. Sistemi a regime periodico, irregolarità periodica, volani.

Vibrazioni lineari a un grado di libertà. [5 ore]

Vibrazioni libere, rigidezza equivalente. Vibrazioni libere smorzate, decadimento logaritmico. Vibrazioni forzate, metodo dei vettori rotanti, fattore di amplificazione, risonanza. Accelerometro.

Supporti lubrificati. [3 ore]

Viscosità, teoria elementare della lubrificazione idrodinamica, pattini e supporti, cenni sulla lubrificazione idrostatica.

ESERCITAZIONI

Consistono nello svolgimento di esercizi relativi a quanto sviluppato nelle lezioni, con particolare riferimento alla risoluzione grafica. Durante le esercitazioni saranno forniti agli studenti degli esercizi da svolgere, la cui soluzione sarà presentata, di massima, la volta successiva. Gli esercizi verteranno su:

- cinematica dei manovellismi, sistemi di sollevamento e sistemi meccanici; [12 ore]
- equilibri statici, a regime e dinamici; [12 ore]
- attrito radente, al perno, volvente; [6 ore]
- freni e frizioni; [5 ore]
- ruote dentate, rotismi, vite-madrevite; [4 ore]
- transitori e sistemi a regime periodico; [3 ore]
- vibrazioni lineari. [2 ore]

LABORATORIO**BIBLIOGRAFIA**

Testo di riferimento:

C. Ferraresi, T. Raparelli, *Appunti di meccanica applicata*, CLUT, Torino, 1992.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

G. Jacazio, B. Piombo, *Meccanica applicata alle macchine. Vol. 1-2*, Levrotto & Bella, Torino, 1991-92.

J.M. Meriam, L.G. Kraige, *Engineering mechanics. Vol. 1-2*, SI version, Wiley, New York, 1987.

ESAME

In generale l'esame si svolge in forma orale sull'intero programma del corso (lezioni ed esercitazioni).

In particolare, gli allievi iscritti per la prima volta al corso possono usufruire di una prova scritta durante il corso (in maggio) e una prova orale.

La prova scritta, della durata di circa due ore, è da svolgere senza ausilio di testi o appunti e su fogli vidimati e distribuiti al momento stesso della prova. Essa prevede la risoluzione (grafica e/o analitica) di un certo numero di esercizi, di solito tre, sulla prima parte del programma riguardante: cinematica, equilibri, dinamica.

La prova scritta viene valutata in trentesimi; un risultato positivo (almeno 18/30) permette di sostenere la prova orale specificatamente sulla restante parte del programma.

Il voto finale risulta dalla media dei voti (entrambi positivi) ottenuti nelle due prove.

Il voto positivo della prova scritta rimane acquisito per sostenere la prova orale solo nelle sessioni B e C dell'AA in corso.

Per sostenere la prova orale o l'esame orale è obbligatoria l'iscrizione, almeno due giorni prima dell'appello, nell'apposito foglio esposto nella bacheca del dipartimento di Meccanica (IV piano).

R1820 Energetica applicata

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+4 (ore settimanali)

Docente: Enrico Antonelli

Il corso intende fornire le conoscenze di base di termodinamica e di fluidodinamica, le nozioni fondamentali sul funzionamento dei principali tipi di macchine motrici e operatrici a fluido, nonché le conoscenze elementari di tipo impiantistico necessarie per una corretta scelta della macchina in relazione all'impiego cui essa è destinata, sia sotto l'aspetto energetico, sia per le implicazioni ambientali.

REQUISITI. Sono propedeutiche nozioni acquisite nei corsi di *Fisica 2*, di *Elementi di meccanica teorica e applicata*, di *Idraulica*, oltreché di *Tecnologia dei materiali e chimica applicata*.

PROGRAMMA

Fondamenti di termodinamica. [20 ore]

Nozioni-base di termodinamica dei mezzi continui: relazioni termiche (conduzione, convezione e irraggiamento) e relazioni meccaniche (forze di massa e forze di superficie); parametri di stato (esterni e interni, fisici e chimici).

Sistemi gassosi a specie e fasi costanti: equazioni di stato dei gas perfetti (ideali e quasi ideali) e dei gas quasi reali (Van der Waals); principali leggi di evoluzione di un sistema; i principi di conservazione della massa e dell'energia, dal punto di vista sostanziale e dal punto di vista locale; confronto fra lavoro esterno e lavoro tecnico; il principio di evoluzione dell'energia. Proprietà dei diagrammi $p-v$ e $T-S$ in termini di curve e in termini di aree.

Sistemi a fasi costanti e a specie variabili: equazioni di combustione a volume o a pressione costante, adiabatica o con scambio termico, senza o con dissociazione; la combustione reale. Il teorema dell'energia utilizzabile.

Sistemi monospecie a fasi variabili: passaggi di stato (solido) - liquido - aeriforme; il punto critico e gli stati corrispondenti; diagrammi $p-v$, $T-S$, $i-S$ (Mollier); loro proprietà.

Gli impianti motori e gli impianti operatori: generalità. [8 ore]

Il ciclo di Carnot ideale, i cicli ideali che tendono a emularlo (Rankine, Joule, Otto) e altri cicli ideali (Diesel, Sabathé). I cicli ideali equivalenti al ciclo di Carnot (Ericsson e Stirling) e i cicli ideali che tendono a emularli (Rankine rigenerativo e Joule a rigenerazione totale).

I rendimenti termici ideale, limite, interno, utile, globale. Il rendimento termico dei combustori. I consumi specifici. Equivalenza tra cicli termodinamici e trasformazioni aperte.

Le macchine motrici: rendimenti termofluidodinamici (isentropico e idraulico) e rendimenti meccanici. Il concetto di recupero e la sua giustificazione fisica. Modelli fisici di funzionamento termodinamico delle macchine a flusso continuo e delle macchine volumetriche.

Le macchine operatrici (pompe e compressori): rendimenti termofluidodinamici. Il concetto del controrecupero.

Impianti frigoriferi e pompe di calore. I cicli termodinamici inversi: il ciclo Rankine modificato. I concetti di efficienza e di efficacia.

Fondamenti di fluidodinamica. [10 ore]

I principi di conservazione della massa e della quantità di moto dal punto di vista locale: equazioni differenziali ed equazioni globali: caso generale e caso di moto per-

manente unidimensionale.

La velocità di propagazione delle piccole e delle grandi perturbazioni: velocità del suono, velocità dell'urto e velocità dell'onda esplosiva.

Andamento delle velocità e delle pressioni nel caso di moto permanente in un condotto convergente e in uno convergente-divergente. Le corrispondenti espressioni della portata, critica e non.

Il principio di conservazione del momento della quantità di moto dal punto di vista locale: caso generale e caso di moto permanente. L'espressione del momento e del lavoro massico per una girante palettata: caso generale, palettature ad azione e palettature a reazione.

I compressori di gas. [12 ore]

I turbocompressori: generalità; i turbocompressori radiali e i turbocompressori assiali, mono- e pluri-stadio; parametri adimensionali delle prestazioni, diagrammi collinari; confronto delle prestazioni, i fattori di carico. Anomalie di funzionamento: lo stallo e il pompaggio. Regolazione.

I compressori volumetrici: generalità; i compressori alternativi: ciclo di lavoro, prestazioni regolazione; i compressori rotativi Root, e a palette: cicli di lavoro, prestazioni, loro regolazione.

Le pompe per liquidi e i turbomotori idraulici. [6 ore]

Le turbopompe: generalità; parametri adimensionali, prestazioni. Anomalie di funzionamento: la cavitazione. Problemi di installazione. Regolazione.

Le pompe volumetriche: generalità; ciclo di lavoro, prestazioni. Regolazione. Problemi di inerzia nei condotti.

I turbomotori idraulici: generalità, parametri adimensionali. Le turbine Pelton: prestazioni, particolarità. Le turbine Francis: prestazioni, particolarità. Le turbine Kaplan: prestazioni, particolarità.

I motori alternativi a combustione interna. [10 ore]

Costituzione, funzionamento reale, e particolarità costruttive dei motori alternativi ad accensione comandata e ad accensione per compressione, a 4 e a 2 tempi, di tipo veloce e leggero.

Espressione della potenza e della pressione media effettiva per i motori volumetrici. Criteri generali di impiego dei motori alternativi a 2 e a 4 tempi, ad accensione comandata e ad accensione per compressione.

Indicazioni ricavabili dall'espressione della potenza utile e dall'espressione della *p.m.e.* Scelta del ciclo ideale più adatto al tipo di motore. Quadro sinottico delle influenze esercitate sulle prestazioni dei motori alternativi a *c.i.*: influenza delle caratteristiche del fluido reale e delle trasformazioni reali. Cause di perdita del coefficiente di riempimento. Cenni sulla sovralimentazione.

Il legame tra coppia motrice e *p.m.e.* Caratteristica di regolazione e caratteristica meccanica dei motori ad accensione comandata e dei motori ad accensione per compressione, a pieno carico e ai carichi parziali: loro confronto.

Cenni sulla combustione nei motori ad accensione comandata e nei motori ad accensione per compressione. Cenni sulle emissioni di inquinanti.

Gli impianti di turbina a gas. [8 ore]

Generalità; rendimento termico e lavoro massico del ciclo ideale e del ciclo limite: loro dipendenza dal rapporto di compressione e dalla temperatura massima. Il rendimento termico globale e il lavoro massico utile: loro dipendenza dal rapporto di compressione, dalla temperatura massima, dai rendimenti dei singoli componenti dell'impianto. Ciclo complesso con compressione inter-refrigerata: prestazioni. Ciclo complesso con espansione intercalata da ricombustione: prestazioni. Cicli rigenerativi ideali e cicli

rigenerativi reali a diversa efficacia della rigenerazione: prestazioni. Cicli rigenerativi complessi: la nozione di efficacia minima della rigenerazione.

Cenni sulle caratteristiche costruttive degli impianti: la disposizione meccanica delle diverse turbomacchine; il combustore; la refrigerazione delle palette del turboespansore.

Gli impianti di turbina a vapore. [6 ore]

Il ciclo Rankine semplice, ideale e reale; i metodi per migliorarne le prestazioni: condensazione a bassa pressione, vaporizzazione ad alta pressione, surriscaldamento semplice e multiplo. La rigenerazione mediante spillamenti. La cogenerazione: impianti a recupero totale e a recupero parziale. I cicli combinati. Cenni sul generatore di vapore; sul turboespansore, ad azione e a reazione; sui condensatori; sulle tenute lungo gli alberi rotanti.

ESERCITAZIONI

Nel corso delle esercitazioni in aula, oltre alla risoluzione di esercizi numerici, scelti in modo da rivedere con esempi e calcoli gli argomenti svolti precedentemente a lezione, vengono in particolare trattati direttamente gli aspetti applicativi riguardanti le prestazioni delle singole macchine.

BIBLIOGRAFIA

Non esiste un testo di riferimento che tratti tutti gli argomenti del corso esattamente come a lezione; è consigliabile pertanto prendere appunti, anche se la maggior parte degli argomenti sono trattati in modo adeguato nell'insieme dei tre testi:

E. Antonelli, *Richiami di termodinamica applicata alle macchine* (dispense).

A. Capetti, *Motori termici*, UTET, Torino.

A. Capetti, *Compressori di gas*, Giorgio, Torino.

ESAME

L'esame comprende una prova scritta e una prova orale:

- la prova scritta si articola, di norma, su 3 esercizi riguardanti
 1. problemi di termodinamica o di fluidodinamica,
 2. compressori di gas o pompe per liquidi,
 3. motori alternativi o turbine a gas;
- l'interrogazione orale si articola, di norma, su due domande riguardanti argomenti diversi da quelli oggetto dello scritto.

In entrambe le prove viene privilegiata la capacità di ragionamento rispetto allo sforzo mnemonico - gli esercizi e le domande sono semplici se si sono comprese le nozioni di base e i principi di funzionamento delle macchine.

È prevista la possibilità di un compito di esonero dallo scritto, da svolgersi nella seconda settimana di gennaio.

R2060 Fisica tecnica

Anno: periodo 3:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali); 62+48+10 (nell'intero periodo)

Docente: Carla Lombardi

Il corso è finalizzato:

1. allo studio delle varie modalità delle conversioni termodinamiche diretta ed inversa nonché allo studio termodinamico dell'aria umida connesso al condizionamento dell'aria;
2. all'esame delle circostanze del moto dei fluidi comprimibili ed incompressibili ed al dimensionamento delle reti di distribuzione dell'aria e dei condotti;
3. allo studio delle varie modalità di scambio termico nonché degli ambienti e delle apparecchiature nei quali si attua lo scambio termico;
4. alla valutazione del fenomeno acustico in relazione ad interventi di fonoassorbimento e fonoisolamento.

REQUISITI. *Analisi matematica 1 e 2, Fisica 1 e 2.*

PROGRAMMA

Termodinamica

Definizione di sistema. Trasformazioni reversibili ed irreversibili. Lavoro e calore.

Primo principio della termodinamica: sistemi chiusi in quiete, in moto, sistemi aperti. Energia interna ed entalpia.

Secondo principio della termodinamica e principali teoremi che ne conseguono. Scala termodinamica delle temperature. Relazione di Clausius. Entropia. Diseguaglianza di Clausius per trasformazioni irreversibili. Accrescimento dell'entropia. Potenziali termodinamici. Primo principio in forma meccanica; equazione di Bernoulli generalizzata. Definizione di energia di una forma di energia. Irreversibilità e lavoro perduto. Rendimento del II ordine. [10 ore]

Gas ideali e loro proprietà. Rappresentazioni grafiche delle trasformazioni. Trasformazioni politropiche e proprietà dei cicli di 4 politropiche. Trasformazione isoentalpica. Cicli diretti per i gas. Cicli rigenerativi e ciclo inverso per i gas. Gas reali ed effetto Joule Thomson. [8 ore]

Proprietà dei vapori. Diagramma di Mollier del vapor d'acqua. Ciclo Rankine e ciclo Hirn. Rigenerazione. Cicli inversi per i vapori e loro rappresentazione più appropriata. [5 ore]

Psicrometria. Titolo ed entalpia dell'aria umida. Diagramma di Mollier dell'aria umida. Trasformazioni. Condizionamento estivo e invernale. [6 ore]

Moto dei fluidi

Richiami sui tipi di moto di un fluido. Grado di turbolenza ed intensità di turbolenza. Equazione di Bernoulli. Concetto di carico e di perdita di carico. Espressione perdite di carico per moto laminare e turbolento. Diagramma di Moody. Perdite concentrate. Impianti di ventilazione delle gallerie: tipologie di impianto ed esempio di calcolo. [6 ore]

Trasmissione del calore

Conduzione, convezione e irraggiamento. Legge di Fourier ed equazione della conduzione. Scambio termico laminare. Conduzione stazionaria. Parete piana mono- e multistrato con diverse condizioni al contorno. Coefficiente globale di scambio termico.

Analogia elettrica. Utilizzo delle superfici alettate. Tipi di alette. Aletta piana a sezione costante. Efficienza di un'aletta e di un sistema alettato. Resistenza termica di contatto. Parete piana con generazione interna di calore. Conduzione bidimensionale: soluzione analitica in geometria piana. Conduzione non stazionaria: corpo a conducibilità infinita. Metodi numerici per la soluzione dei problemi di conduzione. [10 ore]

Convezione naturale e forzata. Coefficiente di scambio termico convettivo: analisi dimensionale ed analogia di Reynolds. Parametri adimensionali caratteristici. [2 ore]

Scambio termico radiativo: corpo nero e sue proprietà; scambio tra superfici nere e fattori di forma; superfici grigie; scambio tra superfici grigie. [4 ore]

Scambiatori di calore. [2 ore]

Acustica

Fenomeno acustico. Definizione delle grandezze acustiche. Suoni puri e suoni complessi. Equazioni dell'onda acustica. Soluzioni nel caso di onda piana e di onda sferica. Sorgenti reali. Psicoacustica. Audiogramma normale. Livelli sonori. Fenomeno del mascheramento. Scale di sensazione. Disturbo e danno. Fonometro. Fenomeni che accompagnano la propagazione. Campo libero e campo riverberato. Tempo di riverberazione. Proprietà fonoassorbenti dei materiali. Attenuazione acustica: legge della massa e legge della frequenza. Frequenze di risonanza e di coincidenza. Pannelli multistrato. [9 ore]

ESERCITAZIONI

Analisi dimensionale, sistemi di unità di misura, conversioni. Esercizi I e II principio, sistemi chiusi ed aperti. Esercizi sull'entropia. Esercizi su exergia, lavoro ideale di una trasformazione, lavoro perduto. [7 ore]

Esercizi sui gas ideali. Esercitazione ciclo Joule: rappresentazione ciclo ideale in diagrammi (p,v) e (T,s) ; calcolo lavori calori e rendimento; ciclo reale; ciclo con compressione frazionata (2 stadi) e inter-refrigerata. Ciclo con rigenerazione. Rendimenti exergetici di compressioni ed espansioni. Esercizi generici sui cicli a gas. [8 ore]

Richiami ciclo Rankine-Hirn. Esercitazione ciclo Rankine-Hirn: ciclo ideale, ciclo reale, ciclo reale con spillamenti rigenerativi. Uso del diagramma di Mollier del vapor d'acqua e delle tabelle delle proprietà dell'acqua. Calcolo dei rendimenti globali del 1. e del 2. ordine di un impianto a vapore. Perdite al camino e portata di combustibile. Ciclo inverso a vapore con R-12. Tracciamento ciclo ideale sul diagramma $p-h$ e $T-s$. Ciclo inverso a vapore con R-12. Calcolo e tracciamento ciclo reale sul diagramma $p-h$ e $T-s$. Calcolo delle irreversibilità e del rendimento exergetico. Uso delle tabelle delle proprietà dell' R-12. Equazione di Clapeyron. [6 ore]

Esercizi di psicrometria: miscelazione, riscaldamento sensibile. Uso del diagramma di Mollier e del diagramma ASHRAE per l'aria umida. Esercizi di psicrometria applicati al condizionamento dell'aria. Problema dello smaltimento del calore al condensatore. Incremento della temperatura del corso d'acqua. Relazione tra taglia massima dell'impianto e portata minima del fiume. Torre evaporativa: bilancio fluidodinamico e termico di una torre a tiraggio naturale. Esercizio di psicrometria applicata a una torre a tiraggio naturale. [5 ore]

Trattazione semplificata dei camini con fluido incompressibile. Esercizi di moto dei fluidi: calcolo della caduta di pressione per attrito continuo e localizzato. Applicazione dell'equazione di Bernoulli. [4 ore].

Conduzione in cilindro cavo con condizioni al contorno di temperatura imposta e di scambio termico con un fluido: teoria ed esercizio. Spessore critico dell'isolante. Esercizi di conduzione stazionaria con e senza generazione interna di calore. Conduzione con generazione in simmetria cilindrica. Aletta anulare. Raffreddamento di un corpo a conducibilità infinita: esercizio. [4 ore]

Esercizi scambio termico convettivo forzato e naturale. Esercizio di convezione mista su piastra verticale. [2 ore]

Esercizi di scambio termico radiativo con corpi neri. Irraggiamento fra tre corpi grigi: metodo dell'analogia elettrica; esercizi con corpi grigi. [2 ore]

Scambiatori di calore: esercizi di applicazione del metodo *delta-T_{lm}*; fattori di temperatura per scambiatori con geometrie di deflusso varie. Il metodo NUT; significato fisico dei parametri. Esercizi applicativi. Tipi di scambiatori. [4 ore]

LABORATORIO

Misure psicrometriche: psicrometro di Assmann.

Taratura di una termocoppia.

Misure fonometriche.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

C. Boffa, P. Gregorio, *Elementi di fisica tecnica. Vol. 2.*, Levrotto & Bella, Torino

A. Cavallini, L. Mattarolo, *Termodinamica applicata*, CLEUP, Padova.

C. Codegone, *Acustica architettonica*.

P. Gregorio, *Esercizi di fisica tecnica*, Levrotto & Bella, Torino.

P. Anglesio, M. Calì, G.V. Fracastoro, *Esercitazioni di fisica tecnica*, CELID, Torino.

Testi ausiliari:

F. Kreith, *Principi di trasmissione del calore*, Liguori, Napoli.

I. Barducci, *Acustica applicata*, ESA, Milano.

ESAME

L'esame consiste in un compito scritto in cui verrà richiesta la soluzione di alcuni esercizi del genere di quelli svolti ad esercitazione ed in un'interrogazione. Il risultato dello scritto è determinante per l'ammissione all'esame orale.

R2090 Fluidodinamica ambientale

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Claudio Cancelli

Materia del corso è la descrizione dei moti naturali dell'atmosfera e delle acque. Elementi costitutivi sono le equazioni fondamentali dei moti di fluido e l'analisi delle loro possibili semplificazioni, i lineamenti della diffusione molecolare e della propagazione per onde, la genesi e l'evoluzione della vorticità, le caratteristiche dei flussi turbolenti – con un particolare riguardo alla loro capacità di dispersione – e la trattazione statistica degli stessi, i venti geostrofici e il moto dell'aria negli strati bassi dell'atmosfera, le teorie di similarità per lo strato limite terrestre.

Le ore di esercitazione sono in parte applicative, in parte di chiarimento sugli aspetti concettualmente più complessi.

PROGRAMMA

Le equazioni fondamentali dei moti di fluido. [16 ore]

Propagazione di onde e diffusione molecolare. [8 ore]

Moti vorticosi: genesi ed evoluzione della vorticità. [8 ore]

Accenno ai flussi con potenziale di velocità. [4 ore]

Moti turbolenti: aspetti di caos e ordine, descrizione statistica. [16 ore]

Dispersione turbolenta: statistica di una classe di traiettorie, il processo di Wiener, il modello diffusivo, proprietà e limiti del modello. [8 ore]

Venti geostrofici. [4 ore]

Struttura dello strato limite terrestre; teorie di similarità. [8 ore]

ESERCITAZIONI

Calcolo di campi fluidodinamici semplici (sorgente–pozzo, vortice) e di flussi viscosi incompressibili (Couette, Poiseuille). [6 ore]

Studio dell'equazione di convezione–diffusione scalare lineare. [4 ore]

Analisi di Fourier. [4 ore]

Flussi stratificati: equazioni linearizzate. [4 ore]

Equazioni di Navier–Stokes mediate per flussi turbolenti. [2 ore]

Descrizione delle strutture coerenti presenti nei flussi turbolenti. [2 ore]

BIBLIOGRAFIA

(Non esiste uno specifico testo di riferimento).

R.S. Scorer, *Environmental aerodynamics*, Ellis Horwood, Chichester, 1978.

D.J. Tritton, *Physical fluid dynamics*, Van Nostrand Reinhold, London, 1980.

R2190 Fotogrammetria

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Sergio Dequal (collab.: Fulvio Rinaudo)

Il corso fornisce il necessario approfondimento delle moderne tecniche della fotogrammetria, ad integrazione dei cenni svolti nel corso fondamentale di *Topografia*. Affronta i temi attuali dell'impostazione teorica analitica e digitale, della moderna strumentazione, delle applicazioni nei campi della cartografia, dei sistemi informativi territoriali, del rilievo dell'architettura e delle strutture civili e industriali. Le esercitazioni pratiche di laboratorio mettono l'allievo in grado di eseguire autonomamente operazioni di rilievo e di cogliere gli aspetti applicativi nei diversi settori.

REQUISITI. Corso di *Topografia*.

PROGRAMMA

Concetti generali. [4 ore]

L'uso metrico della fotografia, intesa come prospettiva centrale. Terminologia: stella di direzioni, modello stereoscopico, orientamenti interno ed esterno, comparatori e restitutori, cartografia al tratto e fotografica, immagini digitali e *work-station* fotogrammetrica.

Fondamenti analitici. [8 ore]

Sistemi di riferimento immagine, modello, oggetto. Formule di trasformazione spaziale conforme. Definizione di una direzione nello spazio. Il fotogramma e la stella di direzioni. Tangenti di direzione. Direzione misurata, trasformata, orientata. Matrice di orientamento. Derivate delle tangenti di direzione. Equazioni di collinearità e di coplanarità. Soluzione analitica dei problemi fondamentali di orientamento: interno, relativo, assoluto. Orientamento assoluto simultaneo di più modelli: triangolazione aerea con il metodo dei modelli indipendenti. Orientamento assoluto simultaneo di più fotogrammi: triangolazione aerea con il metodo dei fasci proiettivi.

La presa fotogrammetrica. [8 ore]

Orientamento interno. Aspetti fotografici: colori, filtri, processo fotografico in *b/n* e a colori. Definizione dell'immagine fotografica: profondità di campo, diffrazione, risoluzione, contrasto, trascinamento. Le camere fotogrammetriche terrestri: alcuni esempi. Progettazione delle prese terrestri. Camere aeree: caratteristiche, componenti, alcuni esempi. Piano di volo. Aerei per prese fotogrammetriche. Camere digitali: tipi, esempi.

La stereo-restituzione. [6 ore]

Con orientamento esterno noto. Con orientamento esterno incognito: orientamento indipendente simultaneo dei due fotogrammi, orientamento in due fasi (relativo ed assoluto). Superfici critiche, errori nell'orientamento relativo. Procedure di orientamento analogiche ed analitiche.

Strumenti di stereo-restituzione. [12 ore]

Il principio dell'osservazione e della misura stereoscopiche. La barra di parallasse. Stereo- e monocomparatori. Raffinamento delle coordinate-immagine. Effetto della curvatura terrestre. I restitutori analitici universali: principi di funzionamento, esempi. Strumenti analitici semplificati. La strumentazione analogica: principi ed esempi. Precisione nell'acquisizione dati con stereo-restitutori: in fotogrammetria aerea e terrestre. Alcuni accorgimenti pratici nella presa e nella restituzione.

Triangolazione aerea. [8 ore]

Generalità. Compensazione dei blocchi con il metodo dei modelli indipendenti. Calcolo separato (planimetria ed altimetria) e simultaneo. Precisioni. Metodo dei fasci proiettivi. Relazioni analitiche. Equazioni normali. Incognite e parametri addizionali. Precisioni, vantaggi e svantaggi dei due metodi. Casi speciali: la TA nella fotogrammetria degli oggetti vicini.

Ortofotografia. [6 ore]

Raddrizzamento di un fotogramma: parametri della trasformazione. Uso dei punti di appoggio. Strumenti per il raddrizzamento. Il raddrizzamento differenziale (ortofoto). Principi analitici e di funzionamento della strumentazione. Suggerimenti pratici per la produzione di ortofoto-piani ed ortofoto-carte.

La fotogrammetria digitale. [8 ore]

Definizione di immagine digitale. Acquisizione: camere digitali, *scanner*. Autocorrelazione a *pixel* intero e *sub-pixel* ai minimi quadrati. Orientamento interno e correzione delle deformazioni mediante ricampionamenti. Ortofoto digitali. Strumenti digitali e procedure semi-automatiche di restituzione (DTM, curve di livello). Cenni sugli operatori di interesse e sul riconoscimento delle forme.

LABORATORIO

Laboratorio di fotogrammetria analogica. [8 ore]

Visione stereoscopica: lo stereoscopio a specchi. Restitutore analogico a proiezione ottica (OMI Photomapper): il principio della ricostruzione del modello stereoscopico. Orientamento relativo ed assoluto.

Esercitazioni di presa. [8 ore]

Camere da presa metriche, semimetriche, non metriche. Progettazione di prese aeree: piano di volo. Prese terrestri: esecuzione pratica di prese terrestri con camere metriche, semi-metriche e non metriche. Progettazione ed esecuzione delle reti di appoggio.

Laboratorio di fotogrammetria analitica. [24 ore]

Esercitazione di presa terrestre di edifici e monumenti. Strumenti analitici semplificati: lo SereoDigit. Procedure di orientamento interno, relativo ed assoluto. Programmi di restituzione di cartografia numerica. Calibrazione di immagini semi-metriche. Procedure di autocalibrazione con uso di poligono di punti noti. Uso del restitutore universale DigiCart 40.

Laboratorio di CAD cartografico e di fotogrammetria digitale. [10 ore]

Cartografia numerica: *editing* del *file* di restituzione. Strutturazione dei dati. Elaborazione di immagini digitali: scansione, correzioni mediante ricampionamenti. Procedure elementari di autocorrelazione e restituzione digitale.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

K. Kraus, *Fotogrammetria* (trad. S. Dequal), Levrotto & Bella, Torino, 1994.

Testi per approfondimenti:

Manual of photogrammetry, ASPRS, 1976.

Non topographic photogrammetry, ASPRS, 1989.

ESAME. In un'unica prova, vengono analizzati dapprima gli elaborati di esercitazione (tesina), e poi viene verificato l'apprendimento degli argomenti trattati a lezione.

R2200 Fotogrammetria applicata

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Carmelo Sena (collab.: Carlo Alberto Birocco, Guido Malan)

Il corso si inquadra tra le materie a carattere topografico con struttura indipendente ed autosufficiente nei confronti di corsi affini. Offre una panoramica alquanto completa ed aggiornata delle metodologie e delle apparecchiature atte ad ottenere rilievi fotogrammetrici per applicazioni nei campi dell'ingegneria e dell'architettura (dai rilievi cartografici ai rilievi architettonici, archeologici e di manufatti vari). Fornisce le basi operative, con adeguato livello di approfondimento.

REQUISITI

Possibilmente avere sostenuto le materie di base a carattere matematico e la *Topografia*.

PROGRAMMA

1. Note storiche: nascita e sviluppo della fotogrammetria. Principali campi di applicazione. Limiti. [2 ore]
2. Concetti generali sull'attuale disciplina: principi geometrici ed analitici. Cenni alle matrici di rotazione, nel piano e nello spazio: caso della fotogrammetria aerea e caso della fotogrammetria terrestre. [6 ore]
3. Camere fotogrammetriche aeree e terrestri (con cenni alle camere professionali). Tipi e caratteristiche delle ottiche e dei materiali fotografici utilizzabili. [8 ore]
4. Calibrazione delle camere fotogrammetriche: vari procedimenti per la determinazione dei parametri dell'orientamento interno (distanza principale, posizione del punto principale rispetto alle marche, distorsione radiale e tangenziale). Calibrazione delle camere professionali: vari metodi. [6 ore]
5. Camere per l'acquisizione di immagini digitali: video-camere (in particolare camere CCD); cenno agli *scanner*. Calibrazione delle camere con sensori CCD. [4 ore]
6. Orientamento esterno (relativo ed assoluto) di una coppia di fotogrammi stereoscopici. Struttura di un restitutore analogico e di un restitutore analitico. Restitutori semplificati. [4 ore]
7. Problema dell'appoggio topografico: procedimenti topografici e di triangolazione aerea. [4 ore]
8. Trattazione di problemi di fotogrammetria aerea, con particolare riguardo alla formazione di cartografia a grande e grandissima scala. Progettazione della carta e delle varie operazioni: piano di volo, operazioni di appoggio a terra, triangolazione aerea, strumenti ed organizzazione delle varie fasi, controlli e previsione dei costi Capitolati. Passaggio dal progetto alla realizzazione delle operazioni, con particolare riguardo alla restituzione ed al disegno. Collaudi ed analisi dei costi. [8 ore]
9. Trattazione di problemi di *close range photogrammetry*, con particolare riguardo al rilievo di monumenti e di fotogrammetria terrestre. Progettazione ed organizzazione delle operazioni di presa e di appoggio. Strumenti di presa e di restituzione specifici. Esempi di applicazione a vari settori dell'ingegneria, dell'architettura, dell'archeologia, della medicina, ecc. [8 ore]

10. Raddrizzamento ed ortoproiezione: principi geometrici ed analitici. Ingranditori, raddrizzatori ed ortoproiettori, analitici e digitali. Esempi di applicazione in cartografia e nel rilievo di monumenti. [8 ore]

11. Considerazioni sulla fotogrammetria digitale e sulle stazioni di lavoro fotogrammetriche digitali: alcuni esempi. [2 ore]

ESERCITAZIONI

1. Esame ed uso in laboratorio, di alcune strumentazioni di presa fotogrammetrica (*close-range photogrammetry*), quali camere terrestri, camere semimetriche e camere professionali. [4 ore]
2. Camere digitali: composizione di un sistema fotogrammetrico digitale, acquisizione di immagini e generalità sulle immagini digitali. Calibrazione. [4 ore]
3. Concetti per la progettazione di riprese, con vari tipi di camere; scelta di un monumento, sopralluogo e studio delle operazioni di presa. [8 ore]
4. Restitutori analitici: esame delle procedure di orientamento relativo ed assoluto. Utilizzo di strumentazione. [8 ore]
5. Acquisizione in campagna delle riprese fotogrammetriche, sviluppo e stampa. Operazioni di appoggio topografico e sviluppo dei calcoli. [8 ore]
6. Operazioni pratiche di restituzione analitica alla strumentazione, sino a pervenire al prodotto finale, come conclusione dell'operazione di rilievo. [8 ore]
7. Strumentazioni per raddrizzamento ed ortoproiezione: esame ed analisi delle procedure operative. [4 ore]
8. Effettuazione di alcuni programmi di calcolo, per la simulazione di fasi fotogrammetriche fondamentali. [16 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Manual of photogrammetry, American Society of Photogrammetry.

Testi ausiliari:

Handbook of non-topographic photogrammetry, American Society of Photogrammetry.
Kraus, *Fotogrammetria*, Levrotto & Bella, Torino.

ESAME

L'esame consiste in una prova orale che riguarda domande su argomenti trattati e la discussione di una tesina o di un programma di calcolo, sviluppati dallo studente.

R2010 Geofisica ambientale

Anno/periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Il corso intende fornire gli elementi relativi caratterizzazione fisica di atmosfera, acqua e suolo focalizzando l'attenzione sulle tecniche di misura e di elaborazione dei dati sperimentali.

Il corso si articola in una parte introduttiva generale sull'origine e la struttura del pianeta Terra e della sua atmosfera e in una seconda parte di analisi in dettaglio dei meccanismi di interazione fra atmosfera, acqua e suolo, con particolare attenzione ai problemi ambientali che derivano dall'inserimento delle attività umane all'interno di questi processi. Il corso comprende una parte relative ad esercitazioni pratiche in sito ed in aula, durante le quali si illustrano le apparecchiature geofisiche di misura e le modalità operative di indagine; si prevedono sperimentazioni pratiche in sito alle quali seguiranno elaborazioni eseguite in aula.

PROGRAMMA

Introduzione. Il sistema solare: origine dei pianeti e delle atmosfere. Struttura interna della Terra, proprietà reologiche di nucleo, mantello e crosta. Meccanica delle terre emerse: sismologia (microzonizzazione), misura dei sismi, rischio sismico, previsione e prevenzione. Campi naturali, origine e misura. [8 ore]

L'atmosfera terrestre. Suddivisione verticale dell'atmosfera, proprietà fisiche e chimismo; metodi e strumenti di misura. Misura dello strato limite. Bilancio radiativo; metodi e strumenti di misura. Termodinamica dell'atmosfera. Circolazione generale. [22 ore]

Elementi di meteorologia. Metodi e strumenti di misura. Modelli previsionali. [6 ore]

Elementi di climatologia. Paleoclimi (metodi di studio e di misura), evoluzione del clima, cause naturali ed antropiche. Effetto serra. Desertificazione. [6 ore]

Acqua in atmosfera, generalità (metodi e strumenti di misura). Le precipitazioni (metodi e strumenti di misura). [4 ore]

L'acqua. Acque interne e sotterranee; proprietà fisiche e misure, metodi di indagine nel sottosuolo. La prospezione di acque sotterranee con metodi elettrici ed elettromagnetici. [10 ore]

Oceani e mari. circolazione generale ed interazioni con l'atmosfera, interazione con le acque interne. Intrusione marina in falde costiere (metodi di misura). [4 ore]

Ghiacci e nevi. Caratterizzazione fisica e misure, problemi di stabilità. [2 ore]

Suolo e sottosuolo. Proprietà fisiche del suolo e tecniche di misura. Proprietà elastiche dei terreni e delle rocce. Determinazione della velocità delle onde sismiche. Proprietà elettriche delle rocce. Misure geoelettriche. Radioattività di rocce e minerali. Strumentazione di misura. [6 ore]

Sistemi fisici di misura e monitoraggio di inquinamento dei suoli e delle acque sotterranee. [2 ore]

Tecniche di miglioramento fisico dei suoli e di difesa delle acque sotterranee. [2 ore]

ESERCITAZIONI

Generalità sulle misure geofisiche. Caratteristiche generali della strumentazione. [4 ore]

Misure del campo gravitazionale e magnetico. Gravimetri e magnetometri. [8 ore]

Misure di conducibilità elettrica delle acque. [4 ore]

Le centraline di acquisizione dei dati meteorologici. [4 ore]

Misure geoelettriche: esempio di sondaggio elettrico e relativa elaborazione. [8 ore]

Principi di funzionamento di apparati sismici. Esempio di indagine sismica. [4 ore]

Esempi di misure elettriche ed elettromagnetiche per l'individuazione di fenomeni di intrusione salina e per il monitoraggio di suoli e acque sotterranee. [8 ore]

Modalità di misure delle caratteristiche della neve e dei ghiacci con georadar. [4 ore]

Elaborazione statistica dei dati; cenni di elaborazione di segnali geofisici. Misure in dominio di tempo e di frequenza. Correlazione e convoluzione di segnali. Spettri di frequenza. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Appunti e dispense forniti dal docente.

Testi ausiliari:

E. Carrara, A. Rapolla, N. Roberti, *Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici*, Liguori, Napoli, 1992.

T.E. Graedel, P.J. Crutzen, *Atmospheric change*, Freeman, New York, 1992.

J.P. Peixoto, A.H. Oort, *Physics of climate*, American Institute of Physics, New York, 1992.

W.M. Telford, L.P. Geldart, R.E. Sheriff, D.A. Keys, *Applied geophysics*, Cambridge Univ. Press, 1990.

R2281 Geologia applicata (ambientale)

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docenti: Massimo Civita, Gianfranco Olivero, Bartolomeo Vigna

Il corso fornisce le necessarie nozioni propedeutiche alla geologia applicata all'ambiente ed al territorio (litologia, stratigrafia, geologia strutturale, geomorfologia, rilevamento). Su tale piattaforma vengono, quindi, sviluppati gli argomenti prettamente tecnico-ingegneristici relativi all'esplorazione del sottosuolo, al miglioramento delle caratteristiche tecniche delle rocce, ai problemi di progettazione e di impatto di strade e invasi artificiali. Un'ampia parte del corso è dedicata ai problemi di interconnessione delle attività antropiche con le acque sotterranee, ai movimenti di massa ed ai grandi rischi geologici (pianificazione delle catastrofi, protezione civile, difesa dell'ambiente e delle sue risorse).

REQUISITI

Le materie propedeutiche principali sono: chimica, fisica, topografia, idraulica.

PROGRAMMA

Richiami di geologia generale e strutturale. [16 ore]

Struttura della Terra, litosfera e mantello; tettonica a zolle; rocce ignee: genesi, composizione, classificazione; vulcanismo, rocce effusive e piroclastiche; subduzione e meta-

morfismo; rocce metamorfiche: genesi, classificazione; rocce sedimentarie: genesi, classificazione; struttura geologica dell'Italia; tettonica: pieghe e faglie, stili tettonici.

Evoluzione geomorfologica e fisiografia del territorio. [4 ore]

Interazioni tra geodinamica interna, geodinamica esterna e trasformazioni antropiche dell'ambiente; azione morfologica delle acque incanalate, dei ghiacciai, del mare; della gravità, del vento; trasporto solido; i grandi rischi geo-ambientali.

Cartografia tematica integrata dei fattori fisiografico-ambientali. [4 ore]

Schema di cartografia tematica geologico-ambientale a livello regionale e locale; i GIS ed il loro impiego interattivo con le banche dati.

Tecniche e metodi di rilevamento e telerilevamento. [4 ore]

Rilevamento geologico-tecnico in campagna, sopralluoghi, misure; telerilevamento tradizionale: aerofotointerpretazione, supporti, coperture; telerilevamento con sensori da aereo e da satellite: bande, operazioni tra bande, interpretazione geologico-tecniche.

Esplorazione geologica del sottosuolo. [10 ore]

Tecniche invasive e non invasive; perforazioni geognostiche: metodi a percussione a cavo e ad aste, circolazione di fango diretta e inversa, metodi a percussione e rotopercussione, tipi di attrezzatura, punte di perforazione, rivestimenti provvisori e definitivi, manovre, avanzamento, carotaggio, campionamento; utilizzazione delle perforazioni nei diversi settori ingegneristici; presentazione dei dati; indagini geofisiche: tipologie, esecuzione, controllo e interpretazione dei rilievi geo-elettrici, geo-sismici ed elettromagnetici; presentazione dei dati; utilizzazione delle indagini geofisiche nei diversi settori ingegneristici.

Sfruttamento e salvaguardia delle risorse idriche sotterranee. [12 ore]

Ciclo idrogeologico e risorsa idrica; caratterizzazione idrogeologica delle rocce; principali parametri idrogeologici; modello concettuale di acquifero; complessi, strutture idrogeologiche, acquiferi; le sorgenti: tipologia, classificazione metodo di studio, modellizzazione, progettazione delle opere di captazione, salvaguardia; i pozzi: costruzione, prove, progettazione di campi-pozzi; salvaguardia; il rischio d'inquinamento degli acquiferi.

Problemi geologico-tecnici della dinamica dei versanti. [12 ore]

I movimenti di massa: fenomeni di intensa erosione e frane *p.d.*: classificazione, identificazione, cause predisponenti, cause scatenanti, velocità, verifica di stabilità; il rischio di frana.

Problemi geologico-tecnici delle infrastrutture di collegamento. [4 ore]

Generalità, problematiche comuni a strade, ferrovie, condotti, canalizzazioni; i tre livelli di progettazione; scelta del tracciato, prospezioni puntuali. Impatto ambientale delle vie di comunicazione: previsione e prevenzione; le infrastrutture dell'ambiente urbano e degli insediamenti industriali. Impatto ambientale sull'ambiente costruito e abitato: previsione e prevenzione.

Problemi geologico-tecnici dell'utilizzo del sottosuolo. [4 ore]

Gallerie, miniere e grandi scavi in sotterraneo: problemi geologici e idrogeologici di progettazione e realizzazione; impatto sulle risorse idriche sotterranee e sul soprassuolo: previsione e prevenzione.

Problemi geologico-tecnici connessi con la realizzazione degli invasi artificiali. [6 ore]

Tipologie delle dighe; studio dei problemi geologici e idrogeologici dell'invaso, durata

dell'invaso, interrimento, interventi; il caso Vajont; studio dei problemi geologici e tecnici della struttura di sbarramento; test geomeccanici e idrogeologici, schermi di iniezioni; opere di derivazione.

ESERCITAZIONI

Normalmente, le esercitazioni prevedono lo sviluppo pratico degli argomenti trattati a lezione. Non ci sono, volutamente, nette separazioni tra lezioni ed esercitazioni ed anche il numero di ore destinate a esse varia in funzione del calendario effettivo delle lezioni. Gli argomenti svolti nelle esercitazioni sono, pertanto:

Esame macroscopico e riconoscimento delle rocce ignee, piroclastiche, metamorfiche e sedimentarie, interpretazione delle carte geologiche, metodo di tracciamento delle sezioni geologiche analisi granulometriche, classifiche AGI e MIT, interpretazione. [12 ore]

Prove di laboratorio su campioni di rocce sciolte, semicoerenti e coerenti, prove di durezza. [4 ore]

Stabilità dei fronti di scavo, interventi preventivi e correttivi dei fenomeni di intensa erosione e delle frane. [6 ore]

Consolidamenti e miglioramenti delle caratteristiche fisico-meccaniche di rocce sciolte, semi coerenti e lapidee. [6 ore]

Prove *in situ* geomeccaniche e idrogeologiche. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

F. Ippolito, P. Nicotera, P. Lucini, M. Civita, R. de Riso, *Geologia tecnica*, 5. ed., ISEDI - UTET, Torino, 1975.

Testi ausiliari:

M. Civita, *Classificazione tecnica e identificazione pratica dei movimenti franosi*, Levrotto & Bella, Torino.

F. Calvino, *Lezioni di litologia applicata*, CEDAM, Padova.

G. Olivero, *Carte e sezioni geologiche: teorie ed esercizi*. (In preparazione).

J.I. Platt, *A series of elementary exercises upon geological maps*, 3rd ed., Murby, London.

ESAME

L'esame si basa su una prova scritta con domande predeterminate e due interrogazioni orali diverse, una delle quali imperniata sul riconoscimento delle rocce. La prova scritta viene effettuata alla metà circa del corso e vale come esonero per l'intero anno accademico. Essa può venire ripetuta, a richiesta, una sola volta per sessione di esami e cancella il voto precedentemente ottenuto. La prova ripetuta non dà più diritto all'esonero e rimane valida per la sola sessione nella quale viene sostenuta. È ammesso sostenere la prova scritta in un appello e l'orale in un altro ma sempre all'interno della stessa sessione d'esami (A, B o C).

R2282 Geologia applicata (tecnica)

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Giannantonio Bottino

La prima parte del corso riguarda la definizione di alcuni aspetti fondamentali di mineralogia, la classificazione e descrizione dei principali litotipi ed una rassegna dei principali fenomeni geologici; tutti questi argomenti, pur se trattati in estrema sintesi, sono da considerarsi fondamentali per la comprensione dei successivi argomenti applicativi.

La seconda parte illustra in maniera dettagliata i principali argomenti che fanno capo agli aspetti applicativi delle scienze geologiche. Essa comprende: l'analisi delle tecniche di esame del sottosuolo; metodologia di rilevamento e redazione di carte geologiche e tecniche; caratterizzazione tecnica e tecnologica di rocce e terreni; aspetti fondamentali di idrogeologia volti sia alla caratterizzazione della risorsa acqua e sia alla descrizione della interrelazione acqua - terreno; problematiche connesse alla messa a discarica di vari tipi di rifiuti; classificazione, studio e metodi di controllo di fenomeni di dissesto, sia connessi con la dinamica dei versanti che legati ad eventi di tipo alluvionale; metodologia di valutazione del rischio, per quanto concerne fenomeni franosi e sismici; aspetti geoapplicativi connessi alla progettazione e costruzione di dighe, strade e ferrovie, fondazioni.

PROGRAMMA

1. *Elementi di mineralogia.* [2 lezioni]

Caratteristiche fisico-chimiche dei principali minerali costituenti essenziali delle rocce. Metodi di studio: riconoscimento microscopico e diffrattometrico ai raggi X. Processi genetici, diagenesi, alterazione.

2. *Elementi di petrografia applicata.* [5 lez.]

Caratteristiche fisico-chimiche delle rocce in funzione della mineralogia, genesi, struttura e tessitura.

Principali caratteristiche tecniche delle rocce.

Prove di laboratorio per la caratterizzazione tecnica e tecnologica delle rocce.

Prove di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica di terreni e rocce sciolte.

Classificazione, caratteristiche mineralogiche, tessiturali e strutturali delle rocce magmatiche, sedimentarie e metamorfiche.

Idoneità dei vari litotipi ad essere impiegati come pietre ornamentali ed in vari campi dell'industria.

3. *Elementi di geologia.* [3 lez.]

Geodinamica interna, teoria della tettonica a zolle, fenomeni magmatici, elementi per la valutazione del rischio vulcanico.

Geodinamica esterna, modellamento morfologico legato all'azione eolica, dei ghiacciai e delle acque.

Ambienti sedimentari, definizione di sequenza di *facies* sedimentarie.

Geometria e caratteristiche fisiche dei corpi sedimentari (strati, lenti, banchi).

Suddivisioni stratigrafiche, cicli sedimentari, cronologia geologica.

Elementi di tettonica: pieghe, faglie, sovrascorrimenti e discordanze angolari.

4. *Indagini geologico-tecniche.* [4 lez.]

Metodologia per il rilevamento e la redazione di carte geologiche e tematiche.

Aereofotointerpretazione e *remote sensing* applicati all'analisi geologica e morfologica del territorio.

Rilevamento strutturale delle discontinuità degli ammassi rocciosi.

Sondaggi meccanici e prove *in situ* (Lugeon, penetrometriche e pressiometriche). Applicazioni di alcuni metodi di indagine geofisica alla prospezione geognostica.

5. *Fondamenti di idrogeologia applicata.* [6 lez.]

Porosità, permeabilità, acqua capillare, pellicolare e gravifica; legge di Darcy.

Bilancio idrogeologico, struttura idrogeologica.

Geometria della falda, vari tipi di falda in funzione delle caratteristiche geologicostrutturali e morfologiche.

Classificazione delle sorgenti in funzione della struttura idrogeologica e della portata.

Metodi di rilevamento di dati idrogeologici; stesura di carte idrogeologiche.

Tipi di opere di captazione di sorgenti; emungimento di una falda tramite pozzi.

Rischi connessi con lo sfruttamento delle risorse idriche: subsidenza ed inquinamento delle falde; elaborazione di carte della vulnerabilità.

Sistemi di protezione delle sorgenti e dei pozzi; valutazione delle aree di rispetto.

Aspetti normativi e costruttivi di impianti per la messa a discarica di rifiuti di vario tipo; sistemi di controllo delle dispersioni di sostanze tossiche e di interventi di disinquinamento.

6. *Problematiche geoapplicative connesse alla stabilità dei pendii.* [9 lez.]

Fenomeni di intensa erosione in funzione delle caratteristiche geolitologiche, morfologiche e climatiche.

Fattori predisponenti e cause scatenanti dei fenomeni franosi.

Classificazione delle frane in funzione delle caratteristiche morfologiche, litologiche e del tipo di cinematisimo.

Fenomeni franosi particolari: *creeping*, deformazioni gravitative profonde, paleofrane.

Metodi di studio di frane ed elaborazione dei dati rilevati; cartografia geologico-tecnica della franosità.

Metodologia per la valutazione del rischio in aree potenzialmente franose.

Criteri per la progettazione e tipologie di interventi preventivi ed a bonifica di fenomeni franosi.

7. *Cenni su fenomeni connessi ad eventi alluvionali.* [3 lez.]

Cenni di dinamica fluviale: portata e trasporto solido in funzione delle caratteristiche geomorfologiche e degli eventi meteorici.

Misure di prevenzione del rischio connesso con le piene fluviali e tipologie di interventi sui corsi d'acqua.

Sistemi di studio e controllo di colate detritiche; metodi di stabilizzazione di conoidi alluvionali.

8. *Aspetti geoapplicativi connessi con la progettazione di opere di ingegneria.* [5 lez.]

Interazione fra il terreno di fondazione ed i vari tipi di strutture; valutazione della capacità portante dei terreni.

Criteri di scelta dei diversi tipi di fondazione in funzione delle caratteristiche dei terreni; fondazioni su pendii instabili.

Elementi geologici che intervengono nella valutazione del rischio sismico; effetti che il sisma può indurre sulle fondazioni.

Tipi di diga in rapporto alle caratteristiche morfologiche e geologiche del sito.

Valutazione dell'idoneità di un bacino di ritenuta riguardo alle condizioni idrogeologiche ed alla stabilità dei versanti.

Aspetti geologico-tecnici connessi con lo studio e la progettazione di un tracciato stradale e ferroviario.

Valutazione dell'impatto di grandi ingegneristiche relativamente agli geologici e geomorfologici dell'ambiente.

ESERCITAZIONI

1. Analisi e riconoscimento macroscopico di campioni di rocce di vario tipo. [3 esercitazioni]
2. Esame ed interpretazione di carte geologiche e tecniche; elaborazione di profili geologici interpretativi. [4 eserc.]
3. Elaborazione di dati geologici e geognostici per la stesura di una relazione tecnica relativa ad un progetto di massima di un tracciato stradale ed un intervento a bonifica di fenomeni franosi. [4 eserc.]
4. Visite tecniche, sul terreno, per l'esame di fenomeni franosi con relativi interventi a bonifica, di aree interessate da eventi alluvionali e di sorgenti con relativi problemi di captazione. [3-4 intere giornate di escursione]

BIBLIOGRAFIA

Copia degli acetati presentati nelle lezioni sarà distribuita durante il corso.

Testi per approfondimenti:

- A. Desio, *Geologia applicata all'ingegneria*, Hoepli.
 J. Letourneur, *Géologie du Génie Civil*, Colin.
 F. Ippolito F. [et al.], *Geologia tecnica per ingegneri e geologi*, ISEDI.
 P.H. Rahn, *Engineering geology*, Elsevier.

ESAME

La prova di esame verrà svolta oralmente e verterà tutti gli argomenti trattati durante il corso. Nell'ambito della prova verranno discussi gli elaborati che ogni allievo avrà svolto durante l'anno e verrà altresì richiesto il riconoscimento e la descrizione di campioni di rocce.

R2283 Geologia applicata (territoriale)

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Giampiero Barisone

Il corso fornisce agli allievi le nozioni propedeutiche di mineralogia, litologia e geologia indispensabili per una buona comprensione della geologia applicata all'ingegneria. Vengono poi affrontati, sia pure a livello generale, argomenti prettamente tecnico-ingegneristici, come la caratterizzazione geomeccanica delle rocce tramite prove di laboratorio e *in situ*, l'impiego dei metodi geofisici, la tecnica dei sondaggi e delle perforazioni, il miglioramento *in situ* di rocce e terreni, la geologia applicata alle fondazioni, l'idrogeologia, i problemi di geologia applicata relativi alle grandi infrastrutture (strade, ferrovie, invasi artificiali, ecc.). Particolare rilievo è dato ai problemi connessi con la stabilità dei versanti ed alle implicazioni geologico-tecniche nella pianificazione ed uso del territorio.

PROGRAMMA

Struttura del globo terrestre; cenni di geodinamica (tettonica a zolle, geodinamica interna ed esterna) e di geologia strutturale (pieghe e faglie); cronologia geologica assoluta e relativa. [4 ore]

Principali minerali costituenti le rocce. [4 ore]

Genesi e classificazione delle rocce; processi geomorfologici; carte geologiche. [2 ore]

Caratteristiche fisiche e meccaniche di rocce e terreni; prove di laboratorio relative. [4 ore]

Rocce magmatiche: litotipi principali, composizione e caratteristiche. [2 ore]

- Rocce sedimentarie: litotipi principali, composizione e caratteristiche. [2 ore]
 Rocce metamorfiche: litotipi principali, composizione e caratteristiche. [2 ore]
 Principali impieghi delle rocce nelle costruzioni e requisiti richiesti. [2 ore]
 Rilevamento geologico tradizionale e strutturale; uso delle foto aeree e da satellite. [2 ore]
 Esplorazione geologico-tecnica del sottosuolo: indagini geofisiche; sondaggi meccanici; prove *in situ*. [4 ore]
 Miglioramento *in situ* di rocce e terreni. [6 ore]
 Metodi di scavo in rocce e terreni. [2 ore]
 Problemi geologico-tecnici relativi alle fondazioni; scelta delle tipologie di fondazione in funzione delle caratteristiche della struttura e dei terreni. [8 ore]
 Nozioni di idrogeologia: caratteristiche degli acquiferi in mezzi porosi e in mezzi fratturati. Falde acquifere, sorgenti e relative opere di presa. Aspetti geo-applicativi legati allo sfruttamento ed ai possibili inquinamenti (discariche, ecc.). [8 ore]
 Problemi geologico-tecnici nella progettazione delle grandi strutture di collegamento (strade, ferrovie, canali); scavi e rilevati; valutazione dell'impatto ambientale. [4 ore]
 Studio e classificazione dei fenomeni franosi (frane da crollo, scivolamenti planari e rotazionali, ribaltamenti, colamenti, ecc.); interventi a prevenzione e bonifica (attivi e passivi; drenaggi, metodi di rinforzo delle masse rocciose, interventi di protezione indiretta, ecc.); la stabilità dei versanti nella pianificazione territoriale (indagini, redazione ed uso di carte tematiche specifiche, ecc.). [14 ore]
 I contributi della geologia applicata alla pianificazione territoriale ad un corretto uso del territorio: carte tematiche e problematiche sismiche, idrologiche e relative all'inquinamento (discariche, ecc.). [8 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni che si svolgeranno in aula saranno dedicate alla illustrazione di rocce ed alla presentazione di casi reali relativi alle varie problematiche esaminate durante le lezioni. [30 ore]

ESERCITAZIONI SUL TERRENO (facoltative)

Sono previste un'esercitazione sul terreno (in Torino) per l'esame di rocce da costruzione e da decorazione poste in opera, e tre "viaggi di istruzione" (due di un giorno, uno di 2-3 giorni), anch'essi ovviamente facoltativi e subordinati alla messa a disposizione dei relativi contributi da parte della Facoltà.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

F. Ippolito, P. Nicotera, P. Lucini, M. Civita, R. De Riso, *Geologia tecnica*, ISEDI - Petrini, Torino.

M. Civita, *Classificazione tecnica e identificazione pratica dei movimenti franosi*, Levrotto & Bella, Torino.

Testi ausiliari:

P. Colombo P, *Elementi di geotecnica*, Zanichelli, Bologna.

A. Desio, *Geologia applicata all'ingegneria*, Hoepli, Milano.

G. Filliat, *La pratique des sols et fondations*, Moniteur, Paris.

R2414 **Gestione delle aziende estrattive** (Corso ridotto)

Anno/periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+1 (ore settimanali); 40+10 (nell'intero periodo)
Docente: Mario Pinzari

Si tratta di un corso monografico sulla gestione delle imprese estrattive di roccia ornamentale. L'Italia è la nazione *leader* del settore a livello mondiale, sia nella produzione che nella lavorazione dei marmi, nonché nella costruzione di macchine operative ed utensili specifiche. Obiettivo del corso, stante la limitatezza dello spazio didattico riservato, è mettere a disposizione degli allievi il percorso logico con le relative procedure di calcolo e valutazione per la gestione tecnica dell'impresa estrattiva.

PROGRAMMA

1. *La produzione mondiale delle rocce ornamentali.* [1 ora]

Paesi produttori ed utilizzatori; flussi *import export* (quantità e tipologie commerciali); aspetti logistici e politici. Evoluzione della struttura di produzione e lavorazione nel mondo.

2. *Normative.* [2 ore]

Classificazione merceologica dei marmi; la contrattazione internazionale e le normative di riferimento; legislazione diretta ed indiretta dello stato e delle regioni; documentazione amministrativa e progettuale, competenze amministrative ed *iter* autorizzativo della coltivazione.

3. *I giacimenti.* [5 ore]

Giacimento tecnico ed economico, disponibilità e proprietà, forma e dimensioni, rapporto con la morfologia, giacimento utile, coperture ed intercalari sterili. Giacimenti massivi e stratificati stato di fratturazione (discontinuità fisiche e potenziali, forma delle discontinuità, giaciture e famiglie, spaziature reali ed apparenti, tecniche di rilievo e modellizzazione), stato di qualità (litotipo classico, difetti di colore di massa e puntuali, difetti tecnici di massa e puntuali). Esempi di giacimenti importanti. Indicatori sintetici di calore: spaziatura media, parametro strutturale, indicatori fisici di massa.

4. *La coltivazione e la lavorazione.* [5 ore]

Cava e complesso estrattivo. Tipologia delle cave, metodi di coltivazione (splateamento su uno o più gradoni, fette verticali, grandi bancate e gradino basso), gerarchia dei volumi e spazi operativi (piazzali, gradoni rampe, piste, fronti), apertura delle cave e delle platee. Schema dei tagli principali e secondari, ritaglio. Tecnologie e tecniche di coltivazione (cenni sulle principali tecniche di taglio e movimentazione). Segherie e laboratori (schemi funzionali e principali tecnologie e tecniche di lavorazione).

5. *I prodotti di cava, di segheria e di laboratorio.* [5 ore]

Classificazione dei blocchi (blocchi da telaio, *standard*, sottomisura ed informi, caratteristiche tecniche, dimensionali, estetiche). Prodotti di segheria e laboratorio. Criteri e convenzioni per la valutazione dei prodotti. Prodotti di scarto di cava e di lavorazione.

6. *Organizzazione e gestione della produzione.* [5 ore]

Tecniche di programmazione dei lavori. PERT: attività elementari, connessioni, reticolo, e calcolo. Ciclo elementare di produzione. RSL, produttività tipica delle risorse e delle attività, risorse e catene, produttività della catena di risorse. Spazi funzionali delle attività.

7. *Dimensionamento delle cave e produttività.* [5 ore]

Catena degli spazi funzionali e produttività, dimensionamento del cantiere e della cava, produttività della cava. Pianificazione della coltivazione e piano di produzione.

8. *La resa in blocchi.* [1 ora]

Resa in volume e valore. Metodi di valutazione: indici sintetici e resa, calcolo diretto. Modellizzazione del giacimento: stato di fratturazione e stato di qualità. Simulazione della coltivazione: schemi di taglio al monte e valutazione delle alternative. Metodi di ottimizzazione per la simulazione del ritaglio e del calcolo della resa in blocchi (valore, guadagno e volumi).

9. *Politica produttiva d'impresa.* [2 ore]

Resa ed obiettivi produttivi. Struttura e processi di verticalizzazione. Costi diretti ed indiretti.

ESERCITAZIONI

Vengono trattati i punti 6, 7, ed 8. Per gli argomenti di cui al punto 8 vengono utilizzati *software* specifici.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Dispense fornite dal docente.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

Articoli distribuiti dal docente.

R2480 Giacimenti minerali

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+4 (ore settimanali)

Docente: Franco Rodeghiero

Il corso si propone di fornire le conoscenze di base sulle principali caratteristiche (forma, giacitura, mineralogia e contesto geologico) di corpi minerali di minerali metallici e minerali industriali e sui giacimenti di idrocarburi. Queste conoscenze possono essere utili durante l'applicazione delle metodologie di ricerca, valutazione e coltivazione dei giacimenti. Le esercitazioni saranno rivolte soprattutto all'osservazione dei fenomeni *in loco* sul terreno, al riconoscimento pratico di campioni di minerali utili e allo studio di cartografie tematiche.

REQUISITI. *Chimica, Mineralogia e petrografia, Litologia e geologia.*

PROGRAMMA

Concetti generali. [2 ore] Minerali metallici e minerali industriali. Ganga. Corpo minerario, tenore, *cut-off*. Riserve e risorse.

I corpi minerali secondo la forma, la giacitura e i rapporti con la roccia incassante.

[6 ore] Parametri giaciturali. Corpi discordanti con forma regolare. Corpi discordanti di forma irregolare. Corpi concordanti in rocce sedimentarie, vulcaniche e metamorfiche.

Tessiture dei minerali metallici e di ganga. [4 ore] Da riempimento di spazi vuoti; da sostituzione. Forma, dimensione, disposizione e grana dei cristalli.

Sequenze paragenetiche e zonalità dei corpi. [2 ore] Zoning epigenetico idrotermale, singenetico idrotermale, singenetico sedimentario. Scala dei fenomeni.

Alterazione della roccia incassante. [2 ore] Effetti chimici. Tipi di trasformazioni mineralogiche. Influenza della roccia incassante.

Metodologie di studio dei giacimenti. [4 ore] Inclusioni fluide. Geotermometri e geobarometri. Isotopi stabili. La campionatura. La microscopia in luce riflessa. Le analisi chimiche. Le carte geologiche e le carte metallogeniche; loro finalità e utilizzo.

Principali processi genetici dei giacimenti:

Processi crostali interni. [6 ore] Depositi magmatici; depositi idrotermali; depositi metamorfici. Descrizione di alcuni esempi italiani ed esteri.

Processi superficiali. [10 ore] Depositi esalativo-sedimentari (*sedex*); depositi sedimentari alloctoni; depositi sedimentari autoctoni; depositi residuali; depositi di arricchimento supergenico; depositi stratiformi legati a rocce sedimentarie; depositi a metalli di base legati agli strati, ospitati in rocce carbonatiche. Descrizione di alcuni esempi italiani ed esteri.

Cenni di geologia degli idrocarburi. [4 ore]

Composizione degli idrocarburi naturali. Origine e formazione del petrolio, migrazione e accumulo degli idrocarburi. Rocce madri, rocce serbatoio, rocce di copertura. Tipi di trappole. Esempi di situazioni geologiche in campi petroliferi italiani ed esteri.

Cenni sulla distribuzione delle province metallogeniche e la tettonica delle placche. [2 ore]

ESERCITAZIONI IN LABORATORIO. [20 ore]

Metodologie di studio in luce riflessa. Preparazione dei provini per microscopio. [2 ore]

Letture e discussione di carte metallogeniche e minerarie regionali. [6 ore]

Letture e discussione di articoli in inglese e/o francese, trattati da riviste scientifiche di argomento giacimentologico. Analisi e confronti delle terminologie. [2 ore]

Osservazione, descrizione e riconoscimento di campioni mineralizzati di interesse minerario su collezioni didattiche. [10 ore]

ESERCITAZIONI FUORI SEDE. [36 ore]

(sul terreno, con visita a giacimenti)

Esempi di giacimenti magmatici, disseminati e massivi.

Esempi di giacimenti idrotermali filoniani.

Esempi di giacimenti idrotermali, disseminati e a *stockwork*.

Esempi di giacimenti stratiformi e *strata-bound*, legati a sequenze sedimentarie.

Esempi di rocce madri bituminose: i *black shales*.

Esempi di giacimenti metamorfici: depositi di talco.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Appunti e schemi distribuiti durante il corso.

A. Evans, *Ore geology and industrial minerals: an introduction*, 3rd ed., Blackwell, Oxford, 1993.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

Colin J. Dixon, *Atlas of economic mineral deposits*, Chapman and Hall, London, 1979.

P. Zuffardi, *Giacimentologia e prospezione mineraria*, Pitagora, Bologna, 1986.

Memoria illustrativa della Carta mineraria d'Italia, Serv. Geol. d'Italia, Roma, 1975.
 P.W. Harben, R.L. Bates, *Geology of the nonmetallics*, Metal Bulletin Inc., New York, 1984.

P. Nicolini, *Gitologie et exploration minière*, Lavoisier, Paris, 1990.

ESAME

Prova pratica di riconoscimento campioni mineralizzati. Lettura e interpretazione di carte metallogeniche. Domanda di teoria e sulle esercitazioni eseguite sul terreno.

R2500 Idraulica ambientale

Anno:periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Sebastiano Sordo

Il corso si propone di fornire tutte quelle nozioni che non possono trovare spazio nel corso di *Idraulica* di base e negli altri corsi delle materie idrauliche fondamentali per gli indirizzi *Ambiente e Difesa del suolo*. Il programma comprende argomenti di idraulica fluviale, di costruzioni marittime e di diffusione e dispersione di inquinanti nei corpi d'acqua superficiali e sotterranei.

PROGRAMMA

Richiami di idraulica. [3 ore]

Impostazione euleriana e lagrangiana per lo studio del moto di un fluido; accelerazioni; equazioni di continuità e di stato.

Analisi dimensionale. [2 ore]

Grandezze fondamentali e dimensionalmente indipendenti; teorema di Buckingham e sue applicazioni.

Moti irrotazionali. [4 ore]

Teorema di Bernoulli esteso ai moti irrotazionali; moti irrotazionali piani; esempi di moti irrotazionali piani.

Il trasporto solido nei corsi d'acqua. [9 ore]

Dimensioni, curve granulometriche e peso specifico dei sedimenti; velocità di sedimentazione dei granuli; equazione di equilibrio per il moto incipiente; velocità critica di erosione; tensioni critiche di erosione; teoria di Shields per il moto incipiente; trasporto solido di fondo; trasporto solido in sospensione; trasporto solido totale; erosione alla base delle pile.

Resistenza al moto dei corsi d'acqua. [4 ore]

Morfologia degli alvei fluviali; formule per la valutazione delle resistenze; morfologia degli alvei torrentizi; formule per la resistenza al moto degli alvei montani.

Andamento planimetrico dei corsi d'acqua fluviali. [2 ore]

Meandri e loro dinamica; leggi di Fargue.

Modelli idraulici dei corsi d'acqua. [4 ore]

Modelli idraulici a fondo fisso; modelli idraulici fluviali a fondo mobile.

Moto ondoso. [14 ore]

Nozioni di oceanografia; onde di gravità regolari e onde di gravità irregolari; onde di gravità regolari secondo la teoria di Stokes ai vari ordini di approssimazione; onde cnoidali; propagazione dal largo alla riva; frangimento; riflessione; rifrazione.

Processi costieri. [6 ore]

Correnti litoranee; trasporto solido; modellamento trasversale.

Processi di diffusione e di dispersione nei corpi idrici sotterranei e superficiali. [6 ore]

Fenomeni di trasporto; equazione di diffusione-dispersione; metodi matematici per lo studio della dispersione di inquinanti nelle falde freatiche e artesiane. Dispersione di inquinanti nei corsi d'acqua.

ESERCITAZIONI

Nelle esercitazioni verranno trattati problemi pratici attinenti gli argomenti svolti a lezione. Più significativamente queste esercitazioni riguarderanno il trasporto solido di fondo, la modellistica dei processi di diffusione e dispersione nelle falde in moto permanente e vario e problemi di idraulica marittima.

BIBLIOGRAFIA

- E. Marchi, A. Rubatta, *Meccanica dei fluidi*, UTET, Torino, 1982.
 J. Bear, A. Verruijt, *Modeling groundwater flow and pollution*, Reidel, 1992.
 W. H. Graf, *Hydraulics of sediment transport*, McGraw-Hill, 1971.
 R. L. Wiegel, *Oceanographical engineering*, Prentice-Hall, 1964.

ESAME. L'esame è di tipo tradizionale, orale, e verterà sugli argomenti svolti a lezione nonché sugli elaborati delle esercitazioni.

R2510 Idraulica fluviale

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)
 Docente: Marcello Schiara

Il corso si propone di fornire le conoscenze per il corretto intervento sul territorio nell'ambito fluviale e torrentizio. Vi si espongono quindi i tradizionali criteri di progettazione delle opere di regimazione dei corsi d'acqua, criteri considerati attraverso un approccio che è inevitabilmente interdisciplinare. Il rispetto dell'ecosistema fluviale è evidentemente determinante nella definizione degli interventi sui corsi di acqua e su questi aspetti verte la filosofia del corso.

REQUISITI. *Idraulica.*

PROGRAMMA*Parte prima.* [10 ore]

La prima parte del corso è introduttiva e riguarda gli elementi di base del reticolo idrografico e la struttura idrogeomorfologica dell'idrosistema nonché i processi biotici che vi si sviluppano. I concetti fondamentali: idrosistema, attività antropica e interferenze con i processi naturali.

La rete idrografica del bacino imbrifero: contesto, caratteri delle zone di produzione, grandi bacini, evoluzione del bacino.

La struttura idro-geomorfologica degli idrosistemi: continuità e discontinuità, tipologie e dinamica dei tratti.

I processi biotici e i processi interni: produttori e produzioni primarie, invertebrati acquatici, popolazioni ittiche.

Gli scambi, interazioni ed evoluzioni in seno all'idrosistema.

Parte seconda. [6 ore]

La seconda parte riguarda i metodi di rilevamento fluviale quali mappe, idrometria, quote del fondo, portate liquide e solide, allo scopo di comprendere l'evoluzione del corso di acqua e le modalità con cui essa si è sviluppata in funzione delle esigenze antropiche: è la base per ogni successiva previsione.

Il rilevamento del corso d'acqua. I livelli: stazioni idrometriche, localizzazione, strumenti di misura. Il rilevamento del fondo fluviale: apparecchiature, precisione, banche dati. La misura delle portate liquide: metodologie di misura, correntometri. Scala delle portate.

Il trasporto solido: misura della portata solida al fondo, in sospensione, campionamento del materiale che costituisce il fondo dell'alveo.

Parte terza. [16 ore]

La terza parte, richiamati i fondamenti del moto vario e permanente e le formulazioni più utilizzate per il calcolo della portata solida negli alvei fluviali, è inerente alla modellistica numerica che consente di valutare, entro certi limiti, le conseguenze degli interventi antropici.

Il moto permanente negli alvei fluviali, calcolo dei profili di superficie libera.

Il moto vario e propagazione delle onde di piena (richiami).

Il trasporto solido: forme di fondo e resistenza al moto, formule per il calcolo (richiami).

I modelli numerici: regime di moto sul fondo mobile, soluzione alle differenze finite. Risposta qualitativa del corso d'acqua.

Parte quarta. [16 ore]

La quarta parte riguarda opere e metodi di intervento sui fiumi: regolarizzazioni del fondo, regolazioni dei livelli e delle portate in funzione degli obiettivi che ci si propone di raggiungere, come protezione dalle piene, navigabilità del corso d'acqua, produzione idroelettrica.

La regolarizzazione del fondo fluviale: interventi temporanei; interventi permanenti. Opere di canalizzazione: rettifiche, restringimenti, diversivi, scolmatori, aree alluvionali. Il controllo delle portate con il metodo dei serbatoi multipli. Il controllo dei livelli, canali navigabili e conche di navigazione.

Parte quinta. [8 ore]

La quinta parte tratta più specificatamente interventi e opere sui torrenti alpini, quali briglie e difese longitudinali, e i fenomeni localizzati di erosione e deposito.

I torrenti alpini: caratteristiche morfologiche dei bacini e del deflusso. Le opere di stabilizzazione, le briglie e le difese longitudinali, conoidi di deiezione.

Le opere di attraversamento degli alvei, erosioni delle pile di ponte.

ESERCITAZIONI, VISITE

Si sviluppano, sin dall'inizio del corso, sul calcolo del moto permanente negli alvei,

sulle formule per il calcolo delle portate solide, sulle evoluzioni del fondo erodibile. Il progetto di una diga e di una arginatura completano le esercitazioni. Durante il corso sono previste visite a opere idrauliche fluviali.

BIBLIOGRAFIA

Il materiale didattico, quali testi in fascicoli, copie dei trasparenti presentati nelle lezioni, sarà distribuito nel corso delle lezioni. La bibliografia di riferimento per i necessari approfondimenti futuri sarà illustrata e distribuita durante il corso.

ESAME. La verifica dell'apprendimento è prevista orale, con presentazione delle esercitazioni svolte.

R2530 **Idrogeologia applicata**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docenti: Massimo Civita, Gianfranco Olivero, Bartolomeo Vigna

L'idrogeologia applicata è una moderna disciplina policomposita, le cui solide basi matematiche poggiano sulle scienze della Terra e sulle discipline idrauliche, laddove l'edificio culturale è costituito da metodologie integrate, di tipo quantitativo, comuni ad altre discipline ingegneristiche (geotecnica, geomeccanica, geognostica, geofisica, geochimica, fluidodinamica, idrologia, meteorologia, ecc.). Gli obiettivi di questa disciplina comprendono lo studio delle acque sotterranee come risorsa primaria rinnovabile, la quantizzazione e la definizione della qualità di essa su base territoriale e finalizzata alle diverse utenze idrorichiedenti, la sua vulnerabilità all'inquinamento ed al depauperamento quantitativo, la progettazione dello sfruttamento razionale di essa; la previsione delle interazioni tra acque del sottosuolo e le trasformazioni naturali e antropiche dell'ambiente; la progettazione dei relativi interventi di protezione e recupero.

REQUISITI. Le materie propedeutiche principali sono geologia applicata, idraulica, chimica, idrologia tecnica.

PROGRAMMA

I sistemi idrologico-idrogeologici e la dinamica globale delle acque. [2 ore]

Approccio sistemico "scatola nera" allo studio dei diversi ambienti idrici interconnessi (bacino imbrifero, bacino idrogeologico, acquiferi); processi ricarica - discarica; concetto di risorsa idrica, bilancio globale.

Genesis, distribuzione delle acque sotterranee e caratteristiche idrogeologiche delle rocce. [8 ore]

Porosità totale, volume rappresentativo elementare; modello concettuale di un corpo idrico sotterraneo; permeabilità assoluta, trasmissività, coefficiente di immagazzinamento, porosità utile, diffusivi, gradiente idraulico; velocità delle acque sotterranee e dispersione cinematica; permeabilità relativa, identificazione dei complessi idrogeologici.

Sistemi idrogeologici semplici e complessi. [6 ore]

Geometria delle strutture idrogeologiche; tipi di acquiferi, elementi idrostrutturali e condizioni al contorno; strutture idrogeologiche a livello continentale, regionale, comprensoriale e locale; sistemi complessi; interazione tra sistemi idrogeologici e con le acque superficiali.

Rilevamenti, prospezioni e misure idrogeologiche. [8 ore]

Supporti topografici, cartografia numerica, preparazione di *database* per l'uso dei GIS

(Geographical Information System); fonti di informazioni sul territorio; metodologie di approccio e di rilevamento idrogeologico a seconda della geomorfologia dell'ambiente-obiettivo; concetti di prospezione, censimento, misura e monitoraggio; applicazioni del telerilevamento all'idrogeologia; apparecchiature, metodi e tecniche di rilevamento piezometrico; per le misure di portata; per la misura della velocità e della direzione del flusso sotterraneo; per la stima delle grandezze idrometeorologiche; per la identificazione idrogeochimica e qualitativa delle acque sotterranee.

Ricostruzione e morfologia della superficie piezometrica degli acquiferi. [4 ore]

Metodi di costruzione dei reticoli di flusso e interpretazione "per parti"; le principali configurazioni ed il loro significato; analisi quantitativa e valutazione delle portate sotterranee.

Le captazioni verticali (pozzi) e le prove in situ sugli acquiferi. [14 ore]

Ubicazione corretta, metodi di scavo e condizionamento dei pozzi; scelta del tipo, della lunghezza e della posizione dei tubi-filtro; autosviluppo, espurgo; problemi di impatto causato da pozzi malcostruiti o abbandonati; tipi di prova (prove di pozzo, SDT; prove di acquifero, APT; prove multiscopo, MPAT; prove puntuali su piezometri); scelta del sito, preparazione del pozzo pilota, organizzazione e strumentazione delle prove; esecuzione delle prove; idrodinamica degli acquiferi sotto pompaggio (modelli in regime stazionario ed in regime transitorio); interpretazione delle prove di pozzo (curva caratteristica, efficienza, portata critica, portata di esercizio); interpretazione delle prove di acquifero (calcolo della trasmissività, conducibilità idraulica e del coefficiente di immagazzinamento, acquiferi ideali, liberi, semiconfinati, con drenaggio ritardato, ecc.); calcolo del raggio del cono di depressione; progettazione di un campo-pozzi; uso dei pozzi per il controllo temporaneo in corso d'opera, per i sistemi di *dewatering* e per il recupero di acquiferi inquinati; delimitazione delle aree di salvaguardia delle captazioni per pozzi.

Studio e captazione delle sorgenti normali. [12 ore]

Classificazione gestionale e idrogeologica delle sorgenti; idrodinamica degli acquiferi alimentanti una sorgente; studio dell'area di alimentazione e dell'area di emergenza; strumentazione delle emergenze; riserve regolatrici, riserve geologiche; la risorsa sorgiva: valutazione modellistica sulla base della curva di svuotamento dei sistemi; calcolo dei volumi immagazzinati, tasso di rinnovamento, tempo di sostentamento, tempo di rinnovamento, etc.; le opere di presa normali e speciali; due casi di studio completo di grandi sorgenti italiane; delimitazione delle aree di salvaguardia delle captazioni di acque sorgive.

Elementi di idrogeochimica e qualità delle acque sotterranee. [4 ore]

Le analisi idrogeochimiche di *routine*; elaborazione delle analisi, rapporti ionici caratteristici; *facies* chimica; qualità di base e qualità finalizzata; diagrammi interpretativi di cartografia della qualità.

Previsione e prevenzione dall'inquinamento delle acque sotterranee. [6 ore]

Genesi, tipologie e meccanismi d'inquinamento; fonti puntuali e diffuse; la capacità di attenuazione dell'insaturo e del suolo; diffusione molecolare e cinematica, diluizione; il concetto di vulnerabilità degli acquiferi; il "rischio" di inquinamento: previsione e prevenzione su aree estese; le reti di monitoraggio; interventi di recupero ambientale e di acquiferi vulnerati.

Cartografia tematica idrogeologica. [6 ore]

Rappresentazione di situazioni idrogeologiche e situazioni di impatto, carte idrogeologiche, idrochimiche, carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento; cartografia tematica tradizionale e cartografia numerica (GIS).

ESERCITAZIONI

Normalmente, le esercitazioni prevedono lo sviluppo pratico degli argomenti trattati a lezione. Non ci sono, volutamente, nette separazioni tra lezioni ed esercitazioni ed anche il numero di ore destinate a esse varia in funzione del calendario effettivo delle lezioni. Gli argomenti svolti nelle esercitazioni sono, pertanto: identificazione dei limiti di una struttura idrogeologica reale, redazione della carta idrogeologica, calcolo del bilancio idrogeologico inverso mediante modello numerico; tracciamento del reticolo di flusso di un acquifero reale a partire da dati piezometrici; interpretazione di prove di pozzo e di acquifero; elaborazione di dati idrogeochimici. [45 ore, in totale]

Nei limiti del possibile, verranno svolte 2-3 escursioni didattiche con durata giornaliera. [12-18 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Attualmente nessuno. Nel corso di lezioni ed esercitazioni viene preventivamente distribuito un corposo materiale iconografico ed illustrativo che viene facilmente integrato dagli allievi. Per alcune parti del programma, vengono fornite dispense.

Testi ausiliari:

M. Civita, *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica*, Pitagora, Bologna, 1994.

P. Celico, *Prospezioni idrogeologiche. Vol. I e II*, Liguori, Napoli, 1986.

C.W. Fetter, *Applied hydrogeology*, 3rd ed., Macmillan, New York, 1994.

ESAME. L'esame si basa su due interrogazioni diverse ed ha come riferimento i testi scritti e gli elaborati delle esercitazioni che devono essere consegnate al titolare del corso all'inizio di ogni appello.

R2625 Impianti dell'industria di processo + Tecnica della sicurezza ambientale (Corso integrato)

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali); 60+36 (nell'intero periodo)

Docenti: Mario Patrucco, Vito Specchia (collab.: Guido Saracco, Giancarlo Carosso)

Il corso ha lo scopo di illustrare la struttura tecnologica di base di un qualunque insediamento industriale, dalla quale possano derivare fenomeni di impatto ambientale sia momentanei sia continui, ed inoltre di descrivere le metodologie con cui può diventare possibile definire procedimenti e mezzi, tecnici ed organizzativi, atti a raggiungere obiettivi di sicurezza negli impianti produttivi, nei confronti dei lavoratori e della collettività.

PROGRAMMA**Impianti dell'industria di processo**

Stabilimento industriale: organizzazione e logistica; struttura, servizi generali (centrale termica; distribuzione acqua, centrale frigorifera; produzione di aria compressa; acqua di raffreddamento) e reti di distribuzione; servizi ausiliari (movimentazione e stoccaggio materie prime e prodotti; manutenzione); infrastrutture (impianto antincendio; fognature ed impianti di trattamento effluenti). [10 ore]

Operazioni fondamentali nell'industria di processo

Comminuzione; formazione di aerosol; gorgogliamento di gas in liquidi; miscelazione (miscelatori statici e per paste; tini agitati). [2 ore]

Processi di separazione fra due fasi: separazioni solido / solido (vagliatura; separazione eolica; separazione ad umido; separazione magnetica); separazioni liquido / gas (snebbiamento o demistaggio); separazioni solido / gas (separatori meccanici; lavatori ad umido). [4 ore]

Sedimentazione; flottazione; filtrazione; centrifugazione. [2 ore]

Trasporto dei fluidi: pompe e compressori; eiettori; pompe ad anello liquido. [2 ore]

Scambio di calore: scambiatori *shell-and-tube*, a piastre; a spirale; a lamelle. [2 ore]

Operazioni di scambio di materia: assorbimento; adsorbimento; lisciviazione; scambio ionico; estrazione liquido / liquido. [4 ore]

Operazioni di scambio simultaneo di calore e materia: distillazione; condizionamento; concentrazione per evaporazione; cristallizzazione; essiccamento. [3 ore]

Trattamento degli effluenti gassosi: abbattimento degli ossidi di zolfo e di azoto; impianti di incenerimento. [2 ore]

Trattamento degli effluenti liquidi: trattamenti biologici (fanghi attivi; filtri percolatori; biodischi; nitrificazione e denitrificazione; rimozione del fosforo; digestione anaerobica); ozonazione; processi a membrana semipermeabile; trattamenti di tipo chimico (ossidazione dei cianuri; riduzione del cromo esavalente). [4 ore]

Trattamento dei fanghi: ispessimento; stabilizzazione; disidratazione; riscaldamento sotto pressione; ossidazione ad umido; incenerimento. [1 ora]

Tecnica della sicurezza ambientale

Sicurezza: definizione del problema nei suoi diversi aspetti: sicurezza del lavoro (antifortunistica, igiene del lavoro, ergonomia e psicologia del lavoro), [4 ore]
sicurezza nei confronti di terzi. [2 ore]

Condizioni di sicurezza di un sistema: affidabilità, rischio e criteri di individuazione del livello di sicurezza, [2 ore]

tecniche di valutazione del rischio; [4 ore]

tecniche di contenimento del rischio. [2 ore]

Aspetti normativi in materia di sicurezza del lavoro e qualità ambientale: norme nazionali e disposti comunitari. [3 ore]

Inquinanti: limiti tecnici, principi di rilevamento e riduzione; [2 ore]
significato del controllo strumentale. [2 ore]

Emissioni ed immissioni nell'ambiente esterno: tecniche di rilevamento e principi di contenimento. [2 ore]

ESERCITAZIONI. Vengono illustrati alla lavagna, anche con la partecipazione diretta degli allievi, esempi sia di dimensionamento di apparecchiature e di progettazione degli impianti illustrati a lezione, sia di procedure viste nel corso delle lezioni.

BIBLIOGRAFIA. Poiché gli argomenti trattati a lezione sono contenuti in più di un testo, si consiglia l'uso delle fotocopie messe a disposizione all'inizio delle lezioni, integrate con gli appunti presi durante le lezioni stesse.

R2661 **Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 1**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2 (ore settimanali)

Docente: Fulvia Chiampo

Il corso si occupa delle tecnologie e dei processi utilizzati per il trattamento degli effluenti aeriformi e dello smaltimento dei rifiuti solidi e dei fanghi. Il programma è pertanto indirizzato agli aspetti impiantistici e processistici sia costruttivi che gestionali, tenendo conto dei criteri di scelta fra le varie possibili opzioni di trattamento e della legislazione vigente.

PROGRAMMA

Inquinamento dell'aria

Principali classi di inquinanti. Legislazione relativa all'inquinamento atmosferico. Inquinamento atmosferico in ambienti di lavoro. Inquinamento da odori e tecnologie di trattamento. Biofiltri. [4 ore]

Apparecchiature per la depolverazione a secco: camere a gravità, separatori ad urto e inerziali, cicloni, separatori dinamici, filtri a maniche, separatori elettrostatici. [6 ore]

Apparecchiature per la depolverazione ad umido: cicloni, camere a *spray*, torri a riempimento, lavatori a Venturi e ad eiettore. [4 ore]

Apparecchiature per la separazione del particolato liquido, di gas e di vapori. [4 ore]

Incenerimento diretto, termico, catalitico. [2 ore]

Processi per la rimozione di NO_x e SO_x . [4 ore]

Microinquinanti organici clorurati. [2 ore]

Smaltimento dei rifiuti solidi

Legislazione vigente. Inceneritori per rifiuti solidi urbani e industriali. Pirolisi. [6 ore]

Discariche controllate. Produzione di biogas e di percolato da discariche per RSU. [6 ore]

Trattamenti di stabilizzazione-solidificazione per rifiuti tossico-nocivi. [2 ore]

Compostaggio. Apparecchiature per il trattamento dei rifiuti solidi: trituratori, separatori, trasportatori. [4 ore]

Riciclaggio e recupero di RSU: carta e cartone, vetro, alluminio, plastica, materiali metallici, pneumatici. Produzione di RDF. [8 ore]

Bonifiche di siti contaminati. Valutazione di Impatto Ambientale. [6 ore]

ESERCITAZIONI

Calcoli relativi al dimensionamento di apparecchiature per il trattamento degli effluenti inquinanti gassosi. [8 ore]

Calcolo di un camino. [4 ore]

Calcolo relativo ad una discarica per RSU (durata, produzione di biogas, produzione di percolato, etc.). [4 ore]

Sono previste visite presso discariche consortili per RSU, impianti di compostaggio, impianti per il trattamento di rifiuti solidi industriali. Tali visite sono parte integrante del corso.

BIBLIOGRAFIA

R.M. Bethea, *Air pollution control technology: an engineering analysis point of view*, Reinhold, 1978.

G. Tchobanoglous, H. Theisen, S.A. Vigil, *Integrated solid waste management*, McGraw-Hill, 1993.

R2662 Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 2

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali); 50+50 (nell'intero periodo)
 Docente: Vito Specchia

Il corso si occupa dei processi e delle tecnologie usate per il trattamento degli effluenti liquidi e sviluppa gli aspetti costruttivi e gestionali, tenendo conto dei criteri di scelta fra le varie possibili opzioni di trattamento. Sono considerate inoltre le possibilità di inquinamento secondario derivante dalle operazioni di depurazione, nonché le implicazioni economiche connesse con le tecnologie di trattamento.

PROGRAMMA

Caratteristiche chimico-fisico-biologiche dell'acqua naturale; parametri di inquinamento: effetti ecotossicologici e sulla salute umana; legislazione italiana; disciplina per la definizione dei limiti di accettabilità degli scarichi. [6 ore]

Potere di autodepurazione dei corsi d'acqua; eutrofizzazione. [2 ore]

Acqua primaria: tipi; consumi industriali. Acqua per generatori di vapore; acqua addolcita; acqua demineralizzata; dissalazione dell'acqua. [5 ore]

Produzione di acqua per uso idropotabile. [2 ore]

Pretrattamenti degli effluenti liquidi: grigliatura; disoleatura; dissabbiatura; sollevamento; polmonazione; equalizzazione. [4 ore]

Trattamenti primari degli effluenti liquidi: correzione del pH; sedimentazione; coagulazione-flocculazione; flottazione. [4 ore]

Trattamenti secondari degli effluenti liquidi. [19 ore, in totale]

Trattamenti biologici: cenni di biologia applicata; [2 ore]

ossidazione aerobica mediante impianti a fanghi attivi, filtri percolatori, biodischi, letti annegati e letti fluidizzati; [8 ore]

nitrificazione-denitrificazione e rimozione biologica del fosforo; [3 ore]

digestione anaerobica. [4 ore]

Trattamenti chimici: ossidazione dei cianuri; riduzione del cromo esavalente; abbattimento del mercurio. [2 ore]

Trattamenti terziari degli effluenti liquidi: adsorbimento; filtrazione con letti a sabbia; sterilizzazione; ozonazione; processi a membrana semipermeabile. [5 ore]

Trattamenti dei fanghi: ispessimento; disidratazione; riscaldamento; ossidazione ad umido; incenerimento; messa a dimora in discarica. [3 ore]

ESERCITAZIONI

Vengono illustrati alla lavagna, anche con la partecipazione diretta degli allievi, esempi di dimensionamento di apparecchiature e di progettazione degli impianti di trattamento illustrati a lezione; ciò anche ai fini della preparazione della prova scritta di esame.

BIBLIOGRAFIA

Poiché gli argomenti trattati a lezione sono contenuti in più di un testo, si consiglia l'uso delle fotocopie messe a disposizione all'inizio delle lezioni, integrate con gli appunti presi durante le lezioni stesse. Possibili letture sono:

L. Masotti, *Depurazione delle acque: tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto*, Calderini, Bologna, 1987.

H.S. Azad, *Industrial pollution control handbook*, McGraw-Hill, New York, 1971.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta ed in una prova orale, la seconda va sostenuta immediatamente dopo la prima. Durante la prova scritta non è consentito consultare alcun testo né appunti (tutte le informazioni tecniche ed i dati necessari per lo svolgimento sono forniti nel testo d'esame). L'ammissione alla prova orale richiede il raggiungimento della sufficienza nella prova scritta. La prova orale consta di due distinte domande sugli argomenti sviluppati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Il voto finale è pari alla media della valutazione sia dello scritto, sia delle due domande orali.

R2680 Impianti e cantieri viari

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Guido Caposio (collab.: Gianfranco Boffa)

Il corso è rivolto agli studenti che propendono per un indirizzo di tipo applicativo. Al fine di un esame sistematico e di approfondimento sui temi del settore, vengono sviluppati quegli aspetti e problematiche del processo produttivo comuni a tutti i cantieri per la realizzazione di infrastrutture viarie (stradali, ferroviarie, aeroportuali).

Tali aspetti e problematiche si possono inquadrare in quattro tipologie di base: leggi e norme, gestione, materiali, sistemi operativi. La trattazione della materia inoltre fa sempre specifico riferimento ai contratti del settore, nonché agli aspetti finanziari ed economici.

REQUISITI. *Scienza delle costruzioni, Tecnica delle costruzioni, Costruzione di strade, ferrovie, aeroporti.*

PROGRAMMA**1. Introduzione al corso.** [2 ore]

Il programma e lo svolgimento delle lezioni, delle esercitazioni e degli esami.

Tesi di laurea e le visite in cantiere.

Le figure responsabili del processo produttivo nelle varie fasi: di finanziamento, progettuali, costruttive, di verifica e collaudo.

2. Modelli di organizzazione razionale del lavoro. [10 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

La simulazione dell'esecuzione con le tecniche lineari.

La simulazione dell'esecuzione con le tecniche reticolari (metodo deterministico e stocastico) attraverso lo sviluppo delle fasi di pianificazione e programmazione:

analisi del progetto, scomposizione in sottoprogetti, pacchetti di lavoro, attività;

studio dei vincoli;

rappresentazione grafica della rete e numerazione del reticolo;

calcolo della durata delle attività in base a risorse tecniche illimitate; calcolo del reticolo (eventi, attività, scorrimenti);

determinazione dei percorsi critici, sub-critici, ipercritici;

decisioni.

Ottimizzazione delle risorse tecniche: confronto tra le risorse (materiali, manodopera, sistemi operativi) programmate e le risorse disponibili con e/o bilanciamento delle stesse (eliminazione delle anomalie).

Traduzione in date calendario e lancio delle attività.

Livelli di simulazione.

Controllo dell'attuazione del piano, uso degli scorrimenti.

Decisioni e operatività in aree ipercritiche.

3. *Ottimizzazione delle risorse economiche.* [4 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

Il costo dell'opera attraverso l'analisi dei prezzi.

Il piano finanziario.

Il flusso di cassa preventivo.

La scoperta finanziaria e bilanciamento delle risorse economiche.

La redditività dell'investimento o la valutazione dei costi / benefici.

Il pagamento del prezzo dell'opera.

Il confronto tra bilancio a preventivo e bilancio a consuntivo.

4. *I materiali da costruzione: il cantiere del calcestruzzo cementizio.* [12 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

Tipologie e caratteristiche primarie del calcestruzzo cementizio (*cls*) (resistenza, lavorabilità, durabilità, economicità).

Tipologie e caratteristiche di accettazione dei materiali costituenti: leganti cementizi aggregati, acqua, additivi.

Progetto (*mix design*) delle ricette di *cls*, con ottimizzazione mediata di una o più caratteristiche primarie:

curve granulometriche ideali di massima densità;

definizione della curva granulometrica reale a scarto minimo dalla curva ideale (attraverso il metodo del semplice);

determinazione delle percentuali in massa degli aggregati;

determinazione della massa dell'acqua (di presa, di bagnatura, di saturazione) in base al contenuto di umidità degli aggregati;

determinazione delle masse degli aggregati e dei volumi occupati dagli stessi nel volume unitario di *cls* finito.

I controlli sul prodotto fresco:

prelevamento di campioni di *cls* fresco e finito in cantiere;

preparazione, stagionatura, forma e dimensioni dei provini di *cls*;

determinazione del quantitativo di cemento, della granulometria e della consistenza.

I controlli sul prodotto finito (prove distruttive, semi-distruttive, non distruttive):

prove di compressione;

determinazione della resistenza caratteristica;

il metodo combinato Sonreb (velocità degli ultrasuoni e indice di rimbalzo dello sclerometro);

la prova di estrazione;

la prova di carico con valutazione preventiva del grado di vincolo della struttura.

Il *cls* preconfezionato.

Gli impianti per aggregati e per il *cls*.

Impianti di estrazione, selezione e accumulo degli aggregati;

impianti di produzione del *cls*;

mezzi di trasporto e di distribuzione del *cls*.

Il laboratorio di cantiere.

L'analisi di prezzo del volume unitario di *cls*.

5. *I materiali da costruzione: il cantiere del conglomerato bituminoso.* [12 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

Pacchetto multistrato della sovrastruttura stradale: funzioni degli strati, classificazione, caratteristiche reologiche e prestazionali delle miscele (dati di progetto).

Tipologie e caratteristiche di accettazione (fisiche, fisico-chimiche, meccaniche, granulometriche e geometriche) dei materiali costituenti: leganti bituminosi, aggregati, *filler*, additivi.

Progetto (*mix design*) delle miscele in prima approssimazione.

Scelta del tipo di bitume e di aggregato;

curve granulometriche ideali di massima densità fuso granulometrico, curva granulometrica ideale (con numero vuoti residui opportuni);

determinazione della curva granulometrica reale;

determinazione della percentuale di legante con il metodo dei vuoti e della superficie specifica;

determinazione della massa delle singole classi di aggregato e bitume;

Impasti di prova.

Controllo delle ipotesi progettuali.

Progettazione in seconda approssimazione (metodo di ottimizzazione Marshall).

Gli impianti per i conglomerati bituminosi.

Tipologie, componentistica e funzionamento degli impianti di produzione;

mezzi di trasporto, per la stesa e la compattazione;

Controlli e il laboratorio di cantiere.

La manutenzione delle infrastrutture viarie.

L'analisi di prezzo del volume unitario di conglomerato bituminoso.

Macchine da cantiere e sistemi operativi. [10 ore]

Aspetti legislativi, contrattuali.

Classificazione per operazione e funzione delle macchine da cantiere per infrastrutture viarie.

Scelta del sistema operativo ottimale.

Produttività e minimo costo di produzione nel tempo disponibile da programma lavori.

Costi orari fissi e di esercizio.

Ammortamento; interessi, assicurazioni e tasse carburante, lubrificanti e olii, filtri, riparazioni; operatore;

valore residuo;

Produzione oraria delle macchine ed impianti:

apripista, caricatori, escavatori idraulici, livellatrici, ruspe, compattatori, mezzi di trasporto;

mezzi e impianti di sollevamento;

Uso dei "performance handbook" delle macchine movimento terra.

Analisi di prezzo unitario del movimento di terra.

7. La pratica amministrativa e contabile per la condotta delle opere pubbliche. [4 ore]

Aspetti legislativi.

Modalità di esecuzione di un'opera pubblica (o.p.).

Modi di scelta del contraente.

La formazione e la esecuzione del contratto.

La risoluzione delle controversie.

8. La prevenzione infortuni. [4 ore]

Aspetti legislativi.

I piani di sicurezza.

Le responsabilità in cantiere degli attori del processo produttivo.

Gli enti di controllo.

ESERCITAZIONI

Molte esercitazioni richiedono l'uso di elaboratore PC. Le esercitazioni vengono sviluppate da gruppi di lavoro costituiti da 4-5 allievi.

Progetto di mescole di conglomerato cementizio di massima densità. [12 ore]

Prova di carico e collaudo statico. [8 ore]

Organizzazione di un cantiere con la tecnica PERT comprensiva dell'ottimizzazione delle risorse (manodopera, sistemi operativi). [18 ore]

Studio di un'offerta con verifica dei prezzi. [8 ore]

Progetto di mescole di conglomerato bituminoso. [8 ore]

Contabilità lavori. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Il docente mette a disposizione degli studenti una copia dei seguenti documenti:

dispense sui principali argomenti del corso;

leggi, normative, regolamenti di riferimento;

fotocopia di tutti i traslucidi proiettati durante il corso delle lezioni.

Testi per approfondimenti:

G.M. Golinelli, *Il PERT, una nuova tecnica di pianificazione e controllo dei programmi di lavoro* (Collana CRESME), Giuffrè, Milano.

M. Collepari, *Scienza e tecnologia del calcestruzzo*, Hoepli, Milano.

G. Tesoriere, *Strade, ferrovie, aeroporti*, UTET.

P. Ferrari, F. Giannini, *Ingegneria stradale*, ISEDI.

Caterpillar Tractor Co., *Caterpillar performance handbook*.

Fiat Hitachi SpA, *Fiat Hitachi performance handbook*, stampato da Grafica Dessì, Torino.

A. Valentinetti, *La pratica amministrativa e contabile nella condotta di opere pubbliche*, Vannini, Brescia.

O. Mainetti, *Guida pratica delle opere pubbliche*, Hoepli, Milano.

A. Cianfione, *L'appalto di opere pubbliche*, Giuffrè, Milano.

ANCE, *Codice usuale dei lavori pubblici*, EdilStampa, Roma.

F. Rossi, F. Salvi, *Manuale di ingegneria civile*, Cremonese, Roma.

ESAME

Gli argomenti d'esame si atterranno alla materia trattata durante lo svolgimento delle lezioni ed esercitazioni. Durante l'anno ciascuna esercitazione verrà valutata.

Il giudizio verrà dunque espresso in base al voto di media delle esercitazioni (peso 1/3) e dal voto di interrogazione orale (durata di 30-45 minuti). La valutazione terrà conto principalmente della maturità "professionale" conseguita sui vari argomenti del corso.

R6134 Impianti minerari

(Corso ridotto)

Anno: periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+1+1 (ore settimanali); 45+10+10 (nell'intero periodo)
 Docente: Giulio Gecchele

Scopo del corso è di fornire metodologie per un corretto progetto ed esercizio delle macchine e degli impianti utilizzati nell'industria estrattiva o nei lavori civili in genere. È quindi analizzato l'impiego di fonti di energia diverse da quella elettrica e vengono trattati gli impianti di trasporto, il microclima nell'ambiente di lavoro, l'eduzione delle acque, l'illuminazione dei lavori sotterranei ed a giorno. Il corso si svolge attraverso lezioni, esercitazioni, laboratori, visite di istruzione ed un tirocinio pratico (facoltativo).

PROGRAMMA

1. Tipi di energia non elettrica. Aria compressa, energia meccanica, comandi idraulici.
2. Trasporti. Elementi costruttivi, criteri di impiego degli impianti di trasporto continuo, su rotaia e su ruote gommate.
3. Ventilazione. Microclima dell'ambiente di lavoro, fattori inquinanti, impianti di ventilazione.
4. Eduzione. Difesa dalle acque nei cantieri, impianti di eduazione.
5. Illuminazione. Criteri di progettazione e di gestione degli impianti di illuminazione dei cantieri.

ESERCITAZIONI. Le esercitazioni vertono sull'applicazione specifica della materia svolta a lezione e sull'analisi in aula e sul posto di impianti installati.

LABORATORI. I laboratori vertono sulla misura delle caratteristiche dei vari impianti.

R2800 Impianti speciali idraulici

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)
 Docente: Marcello Schiara

Il corso si propone di fornire le conoscenze necessarie per la progettazione degli impianti di irrigazione e di drenaggio dei terreni. Sono parte del corso le reti di distribuzione dell'acqua, sia a superficie libera che in pressione, e gli apparecchi per la misura e la regolazione di portate e livelli.

REQUISITI. *Idraulica.*

PROGRAMMA

Parte prima. [8 ore]

La prima parte del corso è introduttiva e riguarda gli elementi di pedologia del terreno agrario, di movimento dell'acqua nel terreno non-saturo e di fisiologia delle piante.

Gli elementi fondamentali: proprietà fisiche del terreno agrario.

La statica e la dinamica della fase liquida nel terreno non-saturo.

Il movimento dell'acqua nel terreno non-saturo: equazioni del moto, infiltrazione. Elementi di fisiologia delle piante.

Parte seconda. [8 ore]

La seconda parte è volta a definire i fabbisogni idrici colturali, attraverso il concetto di evapotraspirazione potenziale di riferimento, e quindi il calendario di distribuzione irrigua.

I fabbisogni idrici colturali: evapotraspirazione potenziale di riferimento, metodi di Doorenbos e Pruitt, coefficienti colturali.

Il calendario irriguo: bilancio idrico del terreno, calendario flessibile a domanda, calendario rigido.

Parte terza. [16 ore]

La terza parte sviluppa in dettaglio le modalità con cui l'acqua irrigua può essere distribuita alle colture.

I metodi di irrigazione: per scorrimento, per sommersione, per aspersione, goccia a goccia.

Parte quarta. [16 ore]

La quarta parte riguarda la progettazione delle reti di distribuzione dell'acqua irrigua nei comprensori, reti che possono essere in pressione oppure a superficie libera. La trattazione relativa alle opere di regolazione e misura delle acque vi è sviluppata in dettaglio così come la modellistica delle reti.

Le reti di distribuzione in pressione: dimensionamento, verifica e simulazione di funzionamento con metodi numerici, misura delle portate e delle pressioni con apparecchi registratori.

Le reti di distribuzione a superficie libera: dimensionamento dei canali, regime di moto nella rete e sua simulazione di funzionamento con algoritmi computerizzati.

Le strutture idrauliche per la misura e la regolazione delle acque irrigue.

Parte quinta. [8 ore]

La quinta parte sviluppa teoria e metodi di drenaggio delle acque dai terreni agrari.

Il drenaggio dei terreni: sue funzioni in ambito irriguo, sistemi di drenaggio.

Il progetto dei tubi di drenaggio per il controllo della falda, portate di progetto.

Il progetto dei canali di drenaggio: strutture per realizzarli, stazioni di pompaggio.

Il drenaggio per il controllo della salinità del terreno.

ESERCITAZIONI

Si iniziano con ampie applicazioni della teoria delle correnti a superficie libera (trattata nel corso di *Idraulica*) affinché sia fugata qualsiasi incertezza, essendo la conoscenza di tale argomento di fondamentale importanza. Seguono la progettazione di un apparecchio di misura della portata in corrente a superficie libera, il dimensionamento di un bacino di dissipazione idraulica per correnti veloci, la flessibilità di un nodo idraulico, dimensionamento di un filtro sottostante la protezione del fondo a valle di una struttura. Completa le esercitazioni il progetto di un impianto di irrigazione e associato calendario irriguo oppure quello di un impianto di drenaggio.

LABORATORIO

Nel laboratorio sono sviluppate esercitazioni pratiche relative a un misuratore di portata, quello progettato in sede di esercitazione teorica, e a una rete di canali a superficie libera in cui gli organi di regolazione consentono una ampia sperimentazione sulle diverse condizioni di moto.

Durante il corso sono previste visite ai consorzi irrigui dell'area padana e, se in funzione dei finanziamenti è possibile, anche ad opere di particolare importanza all'estero.

BIBLIOGRAFIA

Il materiale didattico, quali testi in fascicoli, copie dei trasparenti presentati nelle lezioni saranno distribuiti nel corso delle lezioni. La bibliografia di riferimento per i necessari successivi approfondimenti sarà illustrata e distribuita durante il corso.

ESAME. La verifica dell'apprendimento è prevista orale, con presentazione delle esercitazioni svolte.

R2840 Indagini e controlli geotecnici

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Otello Del Greco (collab.: Claudio Oggeri)

Nel corso sono trattati i temi inerenti le attività di indagine e le misure che devono accompagnare la pratica professionale in campo geotecnico. In questo ambito il progettista non ha conoscenza aprioristica delle condizioni strutturali di formazioni naturali, delle caratteristiche intrinseche del loro comportamento (resistenza, deformabilità, azione dell'acqua, etc.) e, infine, dell'interazione tra le formazioni e opere di ingegneria (fondazioni, opere di sostegno, scavi a giorno e in sotterraneo, etc.). Per tali ragioni le attività di indagine e, più in generale, quelle sperimentali sono parte integrante di un progetto in campo geotecnico.

PROGRAMMA

Il corso può essere suddiviso in sei capitoli che devono essere considerati come la successione logica del processo di conoscenza del comportamento di una struttura in campo geotecnico. Gli argomenti trattati nei capitoli sono i seguenti:

1. *Aspetti generali delle indagini e misure geotecniche.*

Considerazioni sui metodi di progetto in campo geotecnico e sulla relativa necessità di indagini sperimentali; modalità esecutive delle indagini in fasi diverse dal processo esecutivo; organizzazione di una campagna di indagini geotecniche; cenno alle norme di legge che richiedono indagini e relazioni geotecniche.

2. *Fondamenti delle misure in campo geotecnico.*

Definizioni di precisione, accuratezza, risoluzione, etc.; errori nell'esecuzione di misure, cause e rimedi; principio generale di funzionamento dei trasduttori; trasduttori di tipo meccanico, idraulico-pneumatici, elettrici (resistivo, potenziometrico, induttivo, a corda vibrante, magnetostrittivo, etc.); sistemi di acquisizione, trasmissione, archiviazione e trattamento dei dati di misure.

3. *Rilievi geostrutturali per la descrizione quantitativa delle discontinuità presenti nella massa rocciosa.*

Finalità dei rilievi, modalità esecutive generali (metodi oggettivo e soggettivo), modalità del rilievo di singoli parametri (giacitura, spaziatatura, persistenza, rugosità, etc.); interpretazione dei dati rilevati per il riconoscimento di potenziali instabilità e per la stima dei parametri di comportamento delle discontinuità.

4. *Misure dello stato di tensione naturale nelle formazioni rocciose.*

Utilità delle misure ai fini progettuali; descrizione dei principi alla base dei diversi metodi per la misura dello stato di tensione naturale; approfondimento del metodo con rilascio di tensioni e uso di rosette estensimetriche e del metodo della stimolazione idraulica; esame dei dati ottenuti in casi reali.

5. *Misure di controllo.*

Finalità delle misure di controllo in fase di progetto, esecutiva e di gestione di un'opera in campo geotecnico; organizzazione di un sistema di misure di controllo; funzionamento, installazione e uso di strumenti per misure di spostamenti (distometri, estensimetri, inclinometri, assestimetri, etc.), di forze, di pressioni (celle pressiometriche, piezometri); interpretazione delle misure.

6. *Esame di alcuni casi reali di studi geotecnici, con riferimento particolare alle attività di indagine e misure: strutture a giorno e in sotterraneo.*

ESERCITAZIONI. Esame diretto di trasduttori e strumenti di misura, prove di funzionamento in laboratorio; esecuzione in sito di uno o due rilievi geostrutturali e successiva elaborazione e interpretazione dei dati rilevati.

BIBLIOGRAFIA

Gli studenti usufruiscono di materiali didattici messi disposizione dal docente, in assenza di un testo specifico. Approfondimenti possono ottenersi con i seguenti testi:
 T.H. Hanna, *Field instrumentation in geotechnical engineering*, Trans Tech Publ, 1985.
 M. Grecchi, *Geoelettronica*, Ghedini, 1987.
 J. Dunnycliff, *Geotechnical instrumentation for monitoring field performance*, Wiley, 1988.

ESAME. L'esame si svolge in un'unica fase e in forma unicamente orale, per una durata di circa 45 minuti. Le domande rivolte allo studente tendono ad appurare le sue capacità di sintetizzare le nozioni apprese ed a svilupparne le applicazioni.

R2900 Ingegneria degli acquiferi

Anno:periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Antonio Di Molfetta

Il corso si propone di fornire le conoscenze tecnico-scientifiche indispensabili per una corretta gestione delle risorse idriche sotterranee. Questo obiettivo viene raggiunto attraverso la classificazione dei sistemi acquiferi sulla base della loro proprietà e del comportamento idraulico, la determinazione dei parametri caratteristici, la scelta delle opere di captazione, i criteri e gli strumenti di gestione ottimale delle risorse idriche, finalizzati ad evitare fenomeni di degrado quali-quantitativo, gli interventi di recupero e salvaguardia delle risorse, la definizione del quadro normativo di riferimento.

PROGRAMMA

Il ciclo idrologico dell'acqua ed il ruolo delle risorse idriche sotterranee. La definizione di un sistema acquifero: funzione immagazzinamento e funzione trasporto. Classificazione degli acquiferi. [8 ore]

L'acquifero come sistema idrodinamico. Soluzioni dell'equazione di diffusività in regime stazionario e in regime variabile per gli acquiferi confinati, semiconfinati e con superficie libera. Raggio di drenaggio istantaneo e raggio di influenza. [8 ore]

Metodologie di realizzazione delle opere di captazione. Scelta del metodo di perforazione in relazione alle caratteristiche idrogeologiche del sito e agli obiettivi dell'opera. Completamento e sviluppo di un pozzo. Altre opere di captazione. [6 ore]

Caratterizzazione di un sistema acquifero mediante prove *in situ*. Determinazione della tipologia idraulica, dei parametri idrodinamici e di eventuali limiti mediante l'esecuzione e l'interpretazione di prove di falda in acquiferi confinati, semiconfinati e non confinati. Cause di deviazione dal comportamento ideale e protocolli d'interpretazione. Determinazione delle caratteristiche produttive delle opere di captazione: efficienza idraulica. Ottimizzazione delle condizioni di funzionamento di un sistema di approvvigionamento idrico. [10 ore]

Caratteristiche del sistema di approvvigionamento idrico italiano. Riserve e risorse idriche. Prelievo massimo consentito. Gestione ottimale delle risorse idriche ed effetti negativi indotti da una gestione scorretta. Limiti e potenzialità dei modelli impiegati per lo studio dei problemi di flusso e di gestione delle risorse idriche. [8 ore]

Origine e tipologia dei fenomeni di inquinamento a carico delle risorse idriche sotterranee. Trasporto e dispersione di un inquinante solubile e non reattivo in falda. Determinazione dei parametri di dispersività. Metodologie per il disinquinamento degli acquiferi. [7 ore]

Metodologie per la determinazione della vulnerabilità di un acquifero. Valutazione del rischio di inquinamento. La protezione delle opere di captazione idropotabile: determinazione delle aree di salvaguardia e delle opere di monitoraggio. La protezione delle risorse idriche sotterranee nei lavori di ingegneria. Il quadro normativo di riferimento. [7 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula sono rappresentate da esempi di interpretazione di dati reali, per lo più concernenti la caratterizzazione dei sistemi acquiferi e il comportamento produttivo delle opere di captazione. Vengono inoltre impostati un progetto di massima per la realizzazione di un pozzo ad uso potabile e la determinazione delle aree di salvaguardia di un campo pozzi.

ESERCITAZIONI SUL CAMPO

Durante il corso vengono effettuate, nello *hinterland* torinese, due esercitazioni pratiche della durata di una giornata ciascuna, consistenti nella realizzazione di due prove di pompaggio, una delle quali destinata a valutare l'efficienza idraulica di un pozzo, l'altra la tipologia idraulica e i parametri idrodinamici di un acquifero.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Appunti del corso.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

E. Custodio, M.R. Llamas, *Hydrologia subterranea*, 2 vol., Omega, Barcelona, 1983.

C.W. Fetter, *Applied hydrogeology*, MacMillan, New York, 1994.

ESAME. L'esame si svolge mediante una prova scritta ed una orale. Per accedere all'esame è necessario aver consegnato le esercitazioni, svolte durante l'anno, almeno 10 giorni prima della prova.

R2910 Ingegneria degli scavi

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Renato Mancini (collab.: Marilena Cardu)

Il corso è inteso a fornire:

le conoscenze di base sulle tecniche di scavo in rocce ed in terre (a cielo aperto, in sotterraneo, subacqueo);

i criteri per la scelta delle macchine e dei mezzi per l'esecuzione di lavori di scavo;

le regole per l'impostazione e conduzione di tali lavori in modo tecnicamente corretto e sicuro;

una guida per la progettazione e organizzazione dei lavori di scavo.

REQUISITI. *Elementi di meccanica teorica e applicata, Fisica 1 e 2.*

PROGRAMMA

Tipologia dei lavori di scavo, finalità, caratteristiche rilevanti dei mezzi in cui si sviluppano (rocce, terre).

Scavo in roccia mediante esplosivi: esplosivi e mezzi d'innescio, loro caratteristiche e prestazioni; criteri per il calcolo delle cariche in diverse configurazioni geometriche, negli scavi a cielo aperto ed in sotterraneo; macchine per la perforazione dei fori da mina e relativi utensili; smarino; organizzazione del cantiere, norme di sicurezza.

Scavo in roccia con mezzi meccanici, a giorno ed in sotterraneo: macchine, loro prestazioni e criteri di scelta in funzione del tipo di roccia e delle finalità del lavoro; previsione delle produttività e dei consumi in diverse situazioni tipo.

Tecniche particolari per l'escavazione di marmi, graniti e altre pietre da decorazione, pavimentazione, copertura: spacco con uso controllato dell'esplosivo; taglio meccanico; altri metodi.

Scavo in terre, a cielo aperto: macchine, loro prestazioni e criteri di scelta; condizioni di sicurezza, con particolare riferimento alla stabilità delle macchine e dello scavo; organizzazione del cantiere. Scavi sotterranei in terra, scavo di pozzi di grande diametro in terreni difficili ed altre operazioni speciali: scavo con marciavanti, con scudi, con fango bentonitico.

Scavo subacqueo: draghe ad azione continua e ciclica, loro prestazioni e campi di impiego; abbattimento subacqueo con esplosivi. Sondaggi e trivellazioni, a carotaggio ed a distruzione in rocce e terre: macchine e loro campi di impiego, criteri di scelta, organizzazione del cantiere.

ESERCITAZIONI

Progettazione di sistemi di brillamento.

Progettazione di volate di mine per abbattimento a cielo aperto.

Progettazione di volate per lo scavo di gallerie.

Progettazione di operazioni di distacco di blocchi di pietra ornamentale.

Studio meccanico e previsione di prestazioni e consumi di macchine per lo scavo di gallerie.

Studio meccanico e previsione di prestazioni e consumi di macchine per il taglio di rocce.

Studio meccanico e controllo della stabilità durante il ciclo di macchine per movimento terre.

Studio meccanico e previsione di prestazioni e consumi di un sistema di dragaggio.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Dispense, in corso di preparazione.

Testi ausiliari:

Sono consigliati di volta in volta per particolari approfondimenti testi disponibili nella biblioteca del dipartimento.

ESAME. Prova scritta (questionario + brevi esercizi) seguita da colloquio.

R2920 Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Antonio Di Molfetta (collab.: Raffaele Romagnoli)

Il corso si propone di fornire le conoscenze fondamentali per la definizione di un progetto ottimale di coltivazione di giacimenti di idrocarburi, sia liquidi che gassosi. Tale obiettivo viene raggiunto attraverso la conoscenza del comportamento termodinamico dei fluidi, delle caratteristiche produttive delle rocce serbatoio e dei pozzi, dei metodi per la valutazione delle riserve e dei fattori di recupero, delle metodologie di analisi dei parametri caratteristici della coltivazione, dei processi di recupero assistito.

REQUISITI. *Meccanica dei fluidi nel sottosuolo.*

PROGRAMMA

Caratteristiche dei giacimenti di idrocarburi in rocce a porosità intergranulare ed in rocce fessurate. Proprietà fisiche dei fluidi di giacimento e metodi di correlazione numerica con i parametri termodinamici. Comportamento di fase degli idrocarburi. [10 ore]

Il ruolo delle pressioni capillari nei giacimenti di idrocarburi. Permeabilità relative ed effettive. Compressibilità equivalente dei sistemi roccia-fluido. Classificazione dei giacimenti di idrocarburi. Meccanismi di produzione. [6 ore]

Caratteristiche del flusso transitorio e stabilizzato di idrocarburi liquidi e gassosi nei mezzi porosi: regime di pressione in pozzi eroganti da aree di drenaggio di forma generica. Calcolo dell'entrata d'acqua in giacimento per effetto di una generica legge di coltivazione. [10 ore]

Valutazione delle caratteristiche produttive dei pozzi e delle formazioni mediante l'interpretazione di prove di pozzo: prove di produttività, prove di risalita della pressione, prove di declino, prove di interferenza. Caso di pozzi ad olio e a gas. [10 ore]

Le equazioni della coltivazione. Influenza dei parametri di lavoro sul recupero finale. Previsione del comportamento futuro dei giacimenti. Correlazioni tempo, pressione media, portata, produzione cumulativa.

Principali metodi di valutazione delle riserve originariamente in posto e delle riserve recuperabili. [18 ore]

Metodi di recupero assistito nei giacimenti di olio. L'iniezione d'acqua come metodo principale di recupero assistito. Valutazione del fattore di recupero ottenibile mediante spiazzamento olio-acqua.

Altri metodi di recupero assistito: metodi convenzionali, metodi termici, spiazzamento miscibile con gas e anidride carbonica, *chemical flooding*.

Indici per la valutazione economica di un progetto di coltivazione. [11 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono costituite da esempi di interpretazione di dati rilevati sul campo e da progetti di coltivazione di giacimenti di diversa tipologia.

Tre esercitazioni riguardano il calcolo delle proprietà dei fluidi e dei sistemi roccia-fluido mediante applicazione delle correlazioni numeriche.

Due esercitazioni trattano il calcolo della pressione media di giacimenti e dell'entrata d'acqua durante la coltivazione.

Tre esercitazioni sono costituite da interpretazioni di prove di pozzo sia a gas, che a

olio. Tre esercitazioni trattano casi di coltivazione di giacimenti di diversa tipologia. Due esercitazioni affrontano la problematica della valutazione delle riserve di idrocarburi. L'ultima esercitazione, infine, affronta lo studio di uno spiazzamento acqua-olio, come applicazione di una metodologia di recupero assistito.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Appunti del corso.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

G.L. Chierici, *Principi di ingegneria dei giacimenti petroliferi*, 2 vol., AGIP, 1989. (Il testo viene consegnato gratuitamente agli allievi iscritti).

J.S. Archer, C.G. Wall, *Petroleum engineering : principles and practice*, Graham & Trotman, 1986.

L.P. Dake, *Fundamentals of reservoir engineering*, Elsevier, 1978.

ESAME. L'esame si svolge mediante una prova orale, per accedere alla quale è necessario aver consegnato le esercitazioni, svolte durante l'anno, almeno 10 giorni prima della prova.

RA160 Ingegneria della sicurezza antincendio

Anno: periodo 5:2

Docente: Giulio Gecchele

[Programma 1995/96 non ricevuto in tempo per la stampa]

R6140 Ingegneria sanitaria-ambientale

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+3 (ore settimanali)

Docente: da nominare

Il corso ha lo scopo di porre i fondamenti per gli studi di ingegneria destinati a salvaguardare l'ambiente ed a prevenirne il degrado, analizzando fonti e trasferimento degli inquinanti ed effetti dell'inquinamento. Particolare risalto viene dato ai problemi delle acque primarie e di rifiuto, dei rifiuti in genere ed alla bonifica dei suoli in caso di contaminazione.

REQUISITI. *Elementi di ecologia.*

PROGRAMMA

Generalità. [4 ore]

L'ingegneria ambientale e la tutela dell'ambiente; elementi di ecotossicità; biodegradabilità e persistenza degli inquinanti; effetti acuti e cronici dell'inquinamento.

Fenomeni di inquinamento. [8 ore]

Aria: fenomenologia e scala dell'inquinamento atmosferico (locale, regionale e globale); fonti di emissione fisse e mobili; prodotti della combustione; caratterizzazione delle emissioni; cenni di trasporto e diffusione degli inquinanti in atmosfera.

Acqua: inquinamento delle acque naturali, superficiali e profonde; cenni di autodepurazione dei fiumi e di eutrofizzazione dei bacini a debole ricambio; inquinamento del mare.

Suolo: inquinamento del suolo e suoi effetti; siti contaminati (discariche, aree industriali, rilasci cronici nel sottosuolo).

Acque primarie. [8 ore]

Caratteristiche delle acque naturali; analisi delle acque; acque aggressive e incrostanti; requisiti delle acque di approvvigionamento per uso industriale, potabile e agricolo. Trattamenti delle acque primarie: potabilizzazione delle acque superficiali; addolcimento; dissalazione; disinfezione.

Acque di rifiuto. [8 ore]

Analisi delle acque di rifiuto; trattamento delle acque di rifiuto: trattamenti preliminari, rimozione della sostanza organica biodegradabile, rimozione dei nutrienti, trattamenti di affinamento, trattamenti di reflui industriali (detossificazione, trattabilità biologica); riutilizzo delle acque depurate nell'industria e nell'agricoltura; trattamento dei fanghi di depurazione (stabilizzazione, disidratazione, essiccamento termico); condotte di scarico a mare.

Rifiuti solidi urbani. [8 ore]

Composizione merceologica; caratteristiche chimico-fisiche; produzione dei rifiuti; raccolta differenziata; recupero e riciclaggio; trasformazione in composti; termodistruzione; recupero di energia dai rifiuti; discarica controllata.

Rifiuti speciali. [6 ore]

Classificazione dei rifiuti speciali; rifiuti speciali tossici e nocivi; recupero e riciclaggio di materiali dai rifiuti; trattamento e smaltimento dei rifiuti speciali tossici e nocivi (inertizzazione, termodistruzione, discarica controllata).

Bonifica dei suoli contaminati. [6 ore]

Tecniche di indagine e campionamento; criteri di qualità dei suoli; classificazione delle tecniche di risanamento (*in situ*, *on site*, *off site*); tecniche di isolamento; processi chimico-fisici; processi biologici.

Trattamento delle emissioni gassose. [6 ore]

Tecnologie di rimozione del materiale particolato (depolveratori meccanici, elettrostatici, a tessuto e ad umido), assorbimento, adsorbimento, conversione termica e catalitica.

ESERCITAZIONI. [42 ore]

Le esercitazioni verranno svolte parte in aula e parte in laboratorio, essendo previste comunque anche visite a impianti industriali.

R3080 Litologia e geologia

Anno: periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Gianfranco Olivero

Il corso è finalizzato alla comprensione dei fenomeni, geologici, tettonici e geomorfologici, che sovrintendono alla formazione ed alla modellizzazione delle rocce cristalline, lapidee o incoerenti. Viene acquisita la capacità di riconoscere e classificare le rocce, parallelamente allo studio della loro genesi ed alla loro evoluzione chimico-fisica. Vengono altresì forniti gli elementi necessari per leggere ed interpretare le carte geologiche ed per tracciare, a partire da esse, delle sezioni geologiche significative.

REQUISITI

Sono richieste le nozioni fornite dai corsi di *Chimica, Fisica 2, Topografia*.

PROGRAMMA

Genesi del pianeta Terra. [4 ore]

La nascita della Terra e l'abbondanza relativa degli elementi che costituiscono il nostro pianeta in relazione alla loro distribuzione statistica nel Sistema solare e nell'universo. Concetti di differenziazione gravitativa della Terra primordiale, con formazione del nucleo e del mantello, e di progressivo riscaldamento del pianeta per migrazione verso l'esterno di elementi radioattivi e/o bombardamento meteoritico.

Genesi della crosta terrestre. [6 ore]

Concetto di differenziazione magmatica del mantello superiore e formazione della crosta litosferica. Analisi del gradiente geotermico primordiale ed attuale. Brevi cenni sui metodi di datazione assoluta dell'età delle formazioni rocciose, dopo la formazione della litosfera. Commento dettagliato delle varie fasi dell'evoluzione della crosta terrestre, dalla comparsa dei primi fossili all'attuale; suddivisione della storia terrestre in ere e periodi e collocazione cronologica delle varie orogenesi riconosciute.

Tettonica a zolle e dinamica crostale. [6 ore]

Grande spazio viene riservato al commento della tettonica a zolle cristalline, con lo studio dei margini in espansione (genesi dei magmi basici) e di quelli in collisione ed in subduzione (genesi dei sismi profondi e dei magmi acidi). Concetti di rischio sismico e vulcanico, in Italia e nella zone tettonicamente e magmaticamente più attive della Terra. Distribuzione ed abbondanza relativa delle varie rocce all'interno della litosfera; nozioni basilari di mineralogia e di petrografia.

Le rocce cristalline e del mantello superiore. [20 ore]

Studio delle rocce magmatiche dal punto di vista classificatorio ed in relazione al loro contenuto mineralogico ed al tipo di magma dal quale derivano. Studio delle rocce sedimentarie, etichettate sulla base della loro posizione entro un bacino di sedimentazione ed all'energia ambientale in gioco al momento della loro deposizione. Analisi dettagliate delle rocce detritiche sciolte, classificate sulla base delle analisi granulometriche (si vedano le esercitazioni). Concetto di diagenesi delle rocce incoerenti. Studio delle rocce metamorfiche, interpretate alla luce del rapporto pressione litosferica - temperatura all'interno della zolla litosferica che le ha generate.

Tettonica orogenetica. [4 ore]

Commento degli eventi tettonici responsabili della fratturazione, del ripiegamento e dell'impilamento in strutture complesse delle rocce cristalline e del mantello superiore all'interno di un orogeno. Concetti di finestra tettonica, di falde tettoniche e di sovrascorrimento.

Il Quaternario ed i processi geomorfologici. [6 ore]

Principali fenomeni geomorfologici responsabili della modellizzazione delle formazioni rocciose e dei depositi sciolti plio-quadernari; alternanza di glacialismo ed epoche interglaciali, azione erosiva e di deposito dei corsi d'acqua, genesi delle conoidi detritiche ed alluvionali.

L'Italia dal punto di vista geologico. [4 ore]

Il corso si conclude con un esame, a grande scala, della distribuzione delle rocce sul territorio italiano e delle loro caratteristiche in rapporto ad un qualsiasi intervento antropico di tipo ingegneristico sul territorio.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono quasi interamente dedicate alle tecniche grafiche necessarie per tracciare una sezione geologica a partire da una carta geologica completa. Vengono inoltre illustrate le modalità di estrapolazione di contatti stratigrafici al di sotto di coltri vegetali, detritiche od opere antropiche, al fine di ottenere carte geologiche attendibili delle strutture geologiche subaffioranti. Alcune esercitazioni, infine, sono riservate all'interpretazione di analisi granulometriche di rocce sedimentarie sciolte ed al tracciamento delle relative curve cumulative. [25 ore]

LABORATORIO

Riconoscimento macroscopico delle principali rocce cristalline ignee, sedimentarie e metamorfiche su campioni rocciosi selezionati. Lettura ed interpretazione delle carte geologiche ufficiali del territorio italiano alla scala 1 : 100 000 e 1 : 50 000. [25 ore]

BIBLIOGRAFIA

Marchetti [et al.], *La Terra ieri ed oggi*, La Nuova Italia.

Casati, *Scienze della Terra*, CLUED.

Accordi & Palmieri, *Il globo terrestre e la sua evoluzione*. Zanichelli.

Press & Siever, *Introduzione alle scienze della Terra*. Zanichelli.

Olivero, *Carte e sezioni geologiche : teoria ed esercizi* (in preparazione).

Platt, *A series of elementary exercises upon geological maps*, Murby, London.

ESAME

L'esame consiste in una prova scritta, una pratica ed un colloquio orale.

La prova scritta è inerente gli argomenti trattati durante le esercitazioni (sezioni geologiche e vagliature granulometriche) ed è sostenibile: mediante un esonero di fine corso (validità un anno) o una volta per sessione di esami (e non per appello): quest'ultima prova, indipendentemente dall'esito, annulla automaticamente l'eventuale votazione riportata nell'esonero annuale ed ha validità limitata per la sola sessione nella quale viene sostenuta.

Prova pratica: riconoscimento, classificazione, genesi e possibili impieghi delle più comuni rocce cristalline.

Prova orale: lettura ed interpretazione di carte geologiche ufficiali italiane e straniere. Colloquio di geologia generale come da programma delle lezioni.

N.B.: è concesso sostenere la prova scritta in un appello e le prove pratica ed orale in un altro, ma sempre nell'ambito della stessa sessione di esami (A, B, o C).

R3090 Localizzazione dei sistemi energetici

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Evasio Lavagno

Il corso si propone di analizzare le metodologie e le procedure di localizzazione di impianti, infrastrutture e sistemi energetici con particolare attenzione rivolta alle soluzioni tecnologiche di salvaguardia ambientale. La scelta tra soluzioni alternative, a parità di servizi resi, viene impostata sulla base di un approccio di tipo sistemico, che si pone obiettivi di razionalizzazione tecnico-economica ed ambientale. Viene sviluppata una applicazione progettuale con caratteristiche di studio di fattibilità.

REQUISITI. *Fisica tecnica, Macchine, (Energetica e sistemi nucleari).*

PROGRAMMA

1. *Elementi di ecologia e di energetica.* [8 ore]
(gli argomenti segnati con * verranno sviluppati principalmente per gli studenti che non hanno seguito il corso di *Energetica e sistemi nucleari*).
- 1.1. Elementi di ecologia *
Gli ecosistemi. Gli elementi costitutivi dell'ambiente naturale e i principali cicli materiali nell'ambiente naturale. Le perturbazioni naturali e antropogeniche.
- 1.2. Le forme e le trasformazioni dell'energia *
Le forme dell'energia. Le trasformazioni dell'energia: spontanee, reversibili, irreversibili. Energia, exerergia, anergia. Analisi energetica di processi e sistemi: metodi, modelli e applicazioni.
- 1.3. Cenni storici e scenari per il futuro *
I contributi delle varie forme primarie al soddisfacimento dei fabbisogni; fonti primarie, risorse, riserve; processi di trasformazione; fabbisogni energetici ed usi finali. Evoluzione storica dei consumi; descrizione di alcune situazioni nazionali caratteristiche; previsioni e scenari. La situazione italiana nel contesto europeo.
- 1.4. L'approccio sistemico all'analisi dei sistemi energetici.
I cicli energetici: le fonti primarie e quelle rinnovabili. L'energia nucleare. I combustibili fossili: carbone, olio, gas naturale. I combustibili secondari: i prodotti delle trasformazioni del carbone e della biomassa. Il ciclo dell'idrogeno.
2. *Gli impianti, i cicli ed i sistemi energetici.* [20 ore]
- 2.1. Impianti e sistemi per la produzione di energia elettrica e di energia termica.
I processi di combustione (richiami). Caldaie, turbine a vapore e a gas, motori alternativi; cicli combinati; celle a combustibile. Impianti nucleari. La produzione combinata di energia elettrica e termica. Le pompe di calore.
- 2.2. Schemi di impianto.
Descrizione di alcune schemi particolarmente significativi in merito alle soluzioni tecnologiche adottate per la riduzione dell'impatto e del rischio ambientali.
- 2.3. Valutazioni qualitative e quantitative dei rilasci di esercizio e dei rilasci incidentali.
Tecniche di controllo e riduzione delle emissioni
- 2.4. La prevenzione del rischio.
- 2.5. Le infrastrutture necessarie per la gestione dei cicli energetici.
Il vettore dell'energia e le reti energetiche. Le interconnessioni sovranazionali.
- 2.6. Il ciclo completo del combustibile e l'impatto ambientale complessivo.

3. *Il contesto normativo in merito ai processi di localizzazione dei sistemi energetici e agli standards ambientali.* [8 ore]
 - 3.1. Norme e procedure della legislazione nazionale ed internazionale. Gli *standards* di qualità ambientale. Normativa USA, CEE ed italiana.
 - 3.2. Analisi critica di alcuni casi rilevanti di processi localizzativi. Le localizzazioni di impianti elettronucleari.
4. *Analisi di impianti e sistemi energetici.* [24 ore]
 - 4.1. Definizione dei parametri di valutazione. In termini di validità: tecnologica, energetica, socio-economica, territoriale, ambientale. Le analisi costi / benefici.
 - 4.2. Criteri e metodi per la valutazione delle alternative. La modellazione dei sistemi energetici. Modelli integrali. Modelli per la valutazione delle alternative di localizzazione. Le procedure per la scelta e la qualificazione dei siti: l'esperienza nucleare.
 - 4.3. Energia e aree urbane. La pianificazione energetica territoriale. Le aree urbane. La zonizzazione territoriale.

ESERCITAZIONI. Le esercitazioni e le attività del laboratorio didattico consistono nello sviluppo di casi concernenti diversi sistemi energetici, produttivi e/o territoriali. Verrà sviluppata una applicazione a livello di studio di fattibilità.

BIBLIOGRAFIA. Verrà messo a disposizione materiale di documentazione e verranno forniti riferimenti bibliografici.

ESAME. Il colloquio di esame comprende la discussione degli elaborati di esercitazione e laboratorio.

R3114 **Macchine**

(Corso ridotto)

Anno/periodo 3:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 3+1 (ore settimanali)

Docente: Salvatore Mancò

Combinando concetti di termodinamica e fluidodinamica, il corso tratta i principali sistemi di conversione dell'energia. Esso illustra inoltre i principi di funzionamento e i metodi per la previsione delle prestazioni degli impianti per la generazione di potenza. I contenuti del corso consentono altresì agli allievi di valutare le interazioni con l'ambiente dei sistemi di produzione e trasformazione dell'energia.

REQUISITI. Fisica, chimica, idraulica, fisica tecnica.

PROGRAMMA

1. *Termodinamica e fluidodinamica.*

L'equazione di continuità. Principio di conservazione dell'energia per i sistemi chiusi e aperti. Il secondo principio della termodinamica. Termodinamica di un flusso compressibile. Stato di ristagno. Velocità del suono e numero di Mach. Flusso unidimen-

sionale e stazionario in un condotto funzionamento di un ugello convergente e convergente-divergente. L'equazione della quantità di moto e del momento della quantità di moto in un sistema aperto: l'equazione di Eulero per le turbomacchine. Le trasformazioni di compressione e espansione. Definizioni di rendimento della trasformazione.

2. *Turbomacchine.*

Turbopompe. Classificazione. Prevalenza potenza assorbita rendimenti. Le turbopompe centrifughe. Moto del fluido e triangoli di velocità. Curve caratteristiche. NPSH. Curve caratteristiche adimensionali. Leggi di similitudine. Numero di giri caratteristico. Turbopompe assiali. Moto del fluido e triangoli di velocità. Curve caratteristiche. Accoppiamento circuito esterno pompa. Instabilità di funzionamento. Pompe collegate in serie e in parallelo. Pompe multistadio.

Turbine idrauliche. Classificazione. Caduta utilizzabile potenza rendimenti. Numero di giri caratteristico. Turbine ad azione e a reazione. La turbina Pelton.

Turbocompressori. Classificazione. Lavoro di compressione e rendimenti. Compressori centrifughi. Principio di funzionamento. Curve caratteristiche. Mappa di un compressore in coordinate adimensionate. Similitudine. Instabilità di funzionamento: pompaggio e stallo. Turbocompressori assiali. Compressori multistadio.

3. *Termochimica.*

Reazioni di combustione. Calore di reazione e potere calorifico. Temperatura adiabatica di combustione. Dissociazione.

4. *Impianti di potenza.*

Turbine a gas. Cicli ideali. Cicli rigenerativi. Cicli con inter-refrigerazione e ricombustione. Cicli reali. Rendimento e consumo specifico di combustibile. Previsione delle prestazioni in condizioni di progetto. Combustione e combustori. Controllo turbine a gas aeronautiche e industriali. Cicli aperti e chiusi. Impianti mono-albero e bi-albero.

Impianti a vapore. Cicli di Rankine e Hirn. Potenza, rendimento e consumo specifico di combustibile. Metodi per aumentare il rendimento degli impianti. Rigenerazione. Impianti a ricupero totale e parziale. Cicli combinati gas / vapore.

Motori alternativi a combustione interna. Confronto cicli Sabathè, Otto e Diesel. Ciclo limite. Motori a 2 e 4 tempi. Descrizione motori a combustione interna: motori ad accensione comandata e ad accensione per compressione. Curve caratteristiche. Coefficiente di riempimento. Rendimento meccanico. Coppia e pressione media effettiva. Potenza e consumo specifico di combustibile. Caratteristica meccanica. Combustione nei motori ad accensione comandata. Caratteristica di regolazione. Detonazione. Combustibili. Emissioni e marmitta catalitica. Combustione nei motori Diesel. Caratteristica di regolazione. Combustibili. Emissioni e metodi di riduzione.

ESERCITAZIONI

1. Applicazioni di termodinamica;
2. applicazioni di fluidodinamica;
3. progetto di sistemi di pompaggio;
4. previsioni delle prestazioni di turbocompressori;
5. calcolo delle prestazioni di impianti di turbine a gas in condizioni di progetto;
6. calcolo delle prestazioni di impianti a vapor d'acqua in condizioni di progetto;
7. esercizi sui motori a combustione interna.

Le esercitazioni sono costituite da esercizi che rispecchiano per quanto possibile la realtà con relativi risultati. Gli esercizi vengono risolti in aula e commentati.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Appunti del docente

Cornetti, *Macchine a fluido*, Il Capitello, Torino.

Testi ausiliari:

Catania, *Complementi di macchine*, Levrotto & Bella, Torino.

Cohen, *Gas turbine theory*, Longman, London.

Dixon, *Fluid mechanics : thermodynamics of turbomachinery*, Pergamon, Oxford.

White, *Fluid mechanics*, McGraw-Hill, New York.

ESAME

Esame orale. A fine corso gli allievi possono sottoporsi ad un'accertamento scritto sul programma di esercitazioni della durata di 2 ore e senza possibilità di consultare testi. Il risultato della prova che contribuisce per metà al voto finale potrà essere utilizzato per un anno.

R3342 Meccanica delle rocce 2

Anno: periodo 5:2

Docente: da nominare

Il corso fornisce una visione aggiornata dei fondamenti della meccanica e dell'ingegneria delle rocce. Dopo un approfondito esame delle caratteristiche di comportamento fisico meccanico delle rocce e degli ammassi rocciosi sono passati in rassegna i principali metodi di calcolo e dimensionamento delle opere. La prima parte del corso riguarda la descrizione qualitativa e quantitativa degli ammassi rocciosi. Sono descritti nel dettaglio i metodi di indagine (con rilevamento in superficie ed in foro ed altre tecniche in sito) e di classificazione, le prove di laboratorio ed in sito. Viene quindi dedicata particolare attenzione alla simulazione del comportamento meccanico degli ammassi rocciosi, in accordo ai concetti della meccanica dei mezzi continui e discontinui. La seconda parte del corso illustra i fondamenti dei metodi progettuali (di tipo empirico, analitico, numerico osservazionale) delle strutture in roccia e dei relativi mezzi di sostegno rinforzo e stabilizzazione, con particolare riguardo a pendii naturali e fronti di scavo gallerie e cavità sotterranee, problemi minerari e riguardanti il territorio.

REQUISITI

È consigliabile aver sostenuto gli esami di *Scienza delle costruzioni* e di *Geotecnica*.

PROGRAMMA

1. Descrizione qualitativa e quantitativa degli ammassi rocciosi e delle discontinuità. [8 ore]
2. Metodi di indagine diretta degli ammassi rocciosi. [6 ore]
3. Metodi di classificazione degli ammassi rocciosi. [6 ore]
4. Prove di laboratorio sulla roccia intatta. [6 ore]
5. Prove di laboratorio su giunti e discontinuità. [6 ore]
6. Prove in sito (deformabilità, resistenza meccanica, permeabilità, stato tensionale originario). [6 ore]
7. Metodi di simulazione del comportamento meccanico degli ammassi rocciosi (continuo e discontinuo leggi sforzo deformazione, leggi di resistenza scelta e quantificazione dei parametri). [6 ore]
8. Metodi progettuali e di dimensionamento delle opere (empirico, equilibrio limite,

- tensioni-deformazioni, osservazionale). [6 ore]
9. Pendii naturali e fronti di scavo. [8 ore]
 10. Gallerie e cavità sotterranee. [10 ore]
 11. Problemi speciali (fondazioni di dighe e grandi strutture, problemi minerari e riguardanti l'ambiente e il territorio. [4 ore]

ESERCITAZIONI

1. Richiami sullo stato di deformazione e di tensione nell'intorno di un punto. [4 ore]
2. Richiami sull'utilizzo del metodo dei cerchi di Mohr per la rappresentazione dello stato di tensione piano nell'intorno di un punto. [4 ore]
3. Metodi di rappresentazione grafica delle discontinuità. Analisi dei dati del rilievo su ammassi rocciosi. [2 ore]
4. Utilizzo dei metodi RMR e Q di classificazione degli ammassi rocciosi. [2 ore]
5. Leggi sforzo-deformazione e criteri di resistenza. Esempi di utilizzo. [2 ore]
6. Metodi di analisi di stabilità di pendii per condizioni di scivolamento planare. [2 ore]
7. Metodi di analisi di stabilità di pendii per condizioni di scivolamento tridimensionale. [2 ore]
8. Uso dei metodi di equilibrio limite e di classificazione per il dimensionamento dei sistemi di rinforzo / stabilizzazione di gallerie e cavità sotterranee. [2 ore]
9. Uso del metodo delle linee caratteristiche per l'analisi della statica di gallerie. [2 ore]

LABORATORIO. Esecuzione di prove di: (a) compressione uniassiale e triassiale, (b) taglio diretto. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

G. Barla, *Meccanica ed ingegneria delle rocce* (in preparazione).

Il materiale didattico (testi in fascicoli copie degli acetati presentati nelle lezioni e nelle esercitazioni) sarà distribuito di volta in volta ed anticipatamente prima del relativo svolgimento in aula.

Testi ausiliari:

J.C. Jaeger, N.G.W. Cook, *Fundamentals of rock mechanics*, Chapman and Hall, 1969, London.

E. Hoek, E.T. Brown, *Underground excavations in rock*, Inst. Mining Metallurgy, London, 1980 (nuova edizione).

E. Hoek, J.W. Brady, *Rock slope engineering*, Inst. Mining Metallurgy, London, 1981 (nuova edizione).

B.H.G. Brady, E.T. Brown, *Rock mechanics for underground mining*, 1985.

G. Barla, Conferenze di meccanica ed ingegneria delle rocce, Edizioni MIR, 1986, 1988, 1990, 1992, 1994. (Disponibili presso COREP), per singoli capitoli indicati durante il corso.

ESAME

1. A completamento dell'attività svolta in sede di esercitazione e/o laboratorio sarà richiesto di svolgere esercizi e/o rapportini di studio, da consegnare alle date di volta in volta indicate.
2. È prevista una prova di metà semestre. Il superamento di questa prova con un voto positivo (definito sulla base della distribuzione dei voti nella classe) comporta l'esonero, per l'esame finale, della parte di programma svolta sino a quel momento ed indicata.
3. E' prevista una prova finale, scritta ed orale. Questa consiste in (a scelta dello studente):
 - svolgimento di uno studio individuale a casa (2-3 giorni);
 - compito scritto in classe.

R 3595 **Mineralogia e petrografia + Caratterizzazione tecnologica delle materie prime** (Corso integrato)

Anno: periodo 2:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali); ++4 (nell'intero periodo)

Docenti: Angelica Frisa Morandini, Franco Rodeghiero

La prima parte del corso ha finalità propedeutiche, proponendosi cioè di fornire le conoscenze fondamentali di mineralogia e petrografia necessarie per accedere allo studio delle discipline di carattere naturalistico-applicativo.

La seconda parte ha lo scopo di impartire le principali nozioni sulle proprietà tecniche delle materie prime minerali interessanti la tecnologia moderna, con particolare attenzione alla loro valutazione quantitativa con metodi unificati di prova.

REQUISITI. *Chimica, Fisica 1.*

PROGRAMMA

Mineralogia e petrografia

1. Cristallografia morfologica. [6 ore]

Abbondanza degli elementi nella crosta terrestre. Dimensioni ioniche, coordinazione. Stato cristallino e stato amorfo. Anisotropia e isotropia. Il reticolo cristallino, cella elementare. Reticoli di Bravais. Operatori di simmetria. Leggi della cristallografia morfologica. Gruppi, sistemi e classi di simmetria. Forme cristalline semplici.

2. Proprietà fisiche dei minerali. [2 ore]

Colore, lucentezza, sfaldatura e frattura, durezza, massa volumica, solubilità, fusibilità, proprietà magnetiche, radioattività, conducibilità termica ed elettrica, piezoelettricità, fluorescenza. Forma, germinazione.

3. Modificazioni fisiche e chimiche dello stato solido. [2 ore]

Polimorfismo, isomorfismo; esempi di miscele isomorfe.

4. Cenni di ottica cristallografica. [2 ore]

Propagazione della luce dei cristalli. Monorifrangenza e birifrangenza. Indicatrici ottiche. Il microscopio polarizzatore da mineralogia.

5. Cenni di analisi dei minerali. [2 ore]

Metodologie. Microscopia, diffrattometria, microanalisi.

6. Mineralogia sistematica. [8 ore]

La classificazione cristallografica delle specie minerali. Elementi, leghe, solfuri, aloidici, ossidi e idrossidi, carbonati, borati, solfati, wolframati, fosfati, vanadati, silicati.

7. I principali usi dei minerali. [2 ore]

Minerali industriali e minerali metalliferi.

8. Classificazione petrografica delle rocce. [6 ore]

Rocce magmatiche, rocce sedimentarie, rocce metamorfiche. Cenni sulle origini, composizione, principi di classificazione e criteri descrittivi.

Caratterizzazione tecnologica delle materie prime

1. *Introduzione al corso.* [1 ora]

Importanza ed evoluzione della normativa tecnica.

2. *Determinazione delle proprietà fisiche di minerali e rocce.* [4 ore]

La massa volumica. La porosità. Il comportamento all'acqua. Il coefficiente di dilatazione lineare termica.

3. *Determinazione delle caratteristiche meccaniche.* [10 ore]

La resistenza a compressione. La resistenza a trazione indiretta mediante flessione. Il modulo elastico. La resistenza all'urto. La durezza alla scalfittura e all'impronta: misure qualitative e quantitative, macro- e micro-durezza. La resistenza all'usura.

4. *Valutazione della durezza delle rocce.* [6 ore]

Fattori attivi e passivi. Meccanismi fisici di degrado. Meccanismi chimici di degrado. Le prove di invecchiamento accelerato.

5. *Pulitura e protezione delle pietre in opera.* [3 ore]

Metodi di pulitura chimici, meccanici e con acqua. Protezione e protettivi.

6. *La lavorabilità delle rocce.* [2 ore]

Saggi tecnologici per la valutazione della perforabilità, macinabilità e segabilità.

7. *La lavorazione delle rocce ornamentali.* [6 ore]

La segazione al telaio. Gli utensili diamantati e le macchine a disco. La lucidatura e le lucidatrici.

8. *Determinazione di proprietà di insiemi di grani.* [12 ore]

L'esame granulometrico e rappresentazioni grafiche dei risultati. Determinazione di coefficienti di forma. Determinazione di requisiti tecnici di aggregati e di pietrischi per massiccata.

ESERCITAZIONI

Esempi di descrizione pratica di campioni mineralogici mediante l'utilizzo di collezioni didattiche. [6 ore]

Esempi di descrizione pratica di campioni di rocce mediante l'utilizzo di collezioni didattiche. [6 ore]

LABORATORIO

Confezionamento di un preparato in sezione sottile. [2 ore]

Osservazioni di sezioni sottili di rocce al microscopio polarizzatore. [2 ore]

Saggi per la determinazione della massa volumica e dell'assorbimento d'acqua. [2 ore]

Saggio di compressione. [2 ore]

Saggio di flessione statica e dinamica. [2 ore]

Esecuzione di misure di microdurezza Knoop. [4 ore]

Saggio di misura per attrito radente. [2 ore]

Esame granulometrico per staccatura e rappresentazione dei risultati. [4 ore]

Determinazione di coefficienti di forma di aggregati per calcestruzzo e pietrischi per massiccata. [4 ore]

ESERCITAZIONI FUORI SEDE

Visita ad una cava di minerali industriali; [4 ore]

visita ad una cava di rocce ornamentali; [4 ore]

visita ad un impianto di lavorazione di rocce ornamentali. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Appunti e schemi distribuiti dai docenti.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

A. Mottana, R. Crespi, G. Libario, *Minerali e rocce*, Mondadori, Milano, 1981.

F. Press, R. Siever, *Introduzione alle scienze della Terra*, Zanichelli, 1989 (Cap. 3, 11, 14, 16).

E.M. Winkler Stone, *Properties durability in man's environment*, 2nd ed., Springer, Wien, 1975.

ESAME

Per essere ammesso a sostenere l'esame lo studente deve presentare relazioni scritte delle esercitazioni di laboratorio, la cui valutazione influisce nella determinazione del voto. L'esame consiste in una prova pratica di campioni di minerali e rocce ed in quattro domande relative a: mineralogia teorica; petrografia; caratterizzazione e lavorazione di rocce ornamentali; caratterizzazione di aggregati e di pietrischi.

R3790 Modellistica e controllo dei sistemi ambientali

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Basilio Bona

Il corso vuole fornire un'introduzione metodologica alla modellistica, identificazione, controllo e ottimizzazione dei sistemi dinamici, con particolare, ma non esclusiva, attenzione alle applicazioni in campo ambientale, gestione del territorio, gestione delle risorse, ecc.

Lo scopo che ci si prefigge è quello di fornire allo studente una conoscenza a livello introduttivo di questi temi, in modo da consentirgli di interagire con altri specialisti nei diversi settori della gestione e pianificazione ambientale.

REQUISITI. Matematica di base, equazioni differenziali e alle differenze; vettori, matrici e calcolo vettoriale; basi e spazi vettoriali; *Fisica 1 e 2*.

PROGRAMMA

1. Modellistica. [6 ore]

Che cosa sono i modelli e a che cosa servono; obiettivi del modellatore e classi di modelli: analisi dei dati, pianificazione, previsione, gestione e controllo. Esempi.

2. Sistemi dinamici rappresentati in variabili di stato. [10 ore]

Che cos'è lo stato, l'ingresso e l'uscita di un sistema dinamico; proprietà dei sistemi: a tempo continuo e discreto, lineari e non lineari, a parametri concentrati e a parametri distribuiti. Esempi.

3. Sistemi lineari continui e discreti. [16 ore]

Proprietà di stabilità, controllabilità e osservabilità; equazioni dinamiche in variabili di stato. Esempi.

4. Descrizione ingresso-uscita dei sistemi lineari continui e discreti. [14 ore]

Cenni alla trasformata di Laplace e alla trasformata Z. Risposta all'impulso e al gradino; funzione di trasferimento; modello ARMA. Esempi.

5. Identificazione dei sistemi e stima dei parametri. [8 ore]

Cenni delle problematiche di identificazione, stima e validazione di modelli a partire da dati reali, con particolare riferimento ai modelli ARMA. Esempi.

6. Problemi di ottimizzazione. [12 ore]

Generalità su programmazione matematica, programmazione lineare, teoria delle decisioni, problemi multiobiettivo, teoria dei giochi, ottimizzazione combinatoria. Esempi.

7. Sistemi non lineari. [12 ore]

Definizione, equilibri multipli, stabilità dell'equilibrio, linearizzazione, cicli limite e loro stabilità. Esempi.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula svolgeranno esempi numerici illustrativi delle metodologie spiegate a lezione, con particolare attenzione a quegli aspetti che saranno argomento dell'esame.

Si presenteranno due o tre problemi, anche complessi, legati ad aspetti di gestione ambientale (inquinamento, gestione delle risorse, ecc.), la cui soluzione dipende dalla soluzione di sottoproblemi più semplici, di varia natura: modellistica, stima dei parametri, validazione, ricostruzione, predizione, controllo, programmazione matematica, decisioni multiobiettivo o multidecisore, ecc.

Si coinvolgerà attivamente lo studente nell'impostazione delle soluzioni, considerandosi più importante sviluppare la capacità di collegare e integrare diverse metodologie, rispetto al raggiungimento di una soluzione matematica del problema.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Non esiste un testo di base di *Modellistica e controllo* per studenti in Ingegneria per l'ambiente e il territorio. Si utilizzeranno gli appunti delle lezioni, che verranno distribuiti durante l'anno. Si potrebbe sperimentare il testo di

Paul Doucet e Peter B. Sloep, *Mathematical modeling in the life sciences*, Prentice Hall, 1992; questo, pur orientato ad un pubblico più generale (biologi, medici, chimici, ecc.) presenta in modo adeguato gli aspetti di base della teoria dei sistemi e della modellistica.

Testi ausiliari:

Introduction to environmental engineering [BCI 92.523]: interessante, argomenti generali, modelli dinamici di alcuni processi caratteristici.

Introduction to environmental science [BCI 84.453]: generico, pochi modelli dinamici.

Environmental modeling [BCI 53.120]: raccolta non recente di lavori di autori vari, molti modelli dinamici.

R3860 Opere in sotterraneo

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: Sebastiano Pelizza (collab.: D. Peila)

Il corso si propone di sviluppare i criteri di utilizzazione del sottosuolo per ricavarvi spazi di interesse sociale, anche in rapporto alle problematiche ambientali e di pianificazione e gestione del territorio, e di impartire nozioni sulla progettazione ed esecuzione delle grandi opere in sotterraneo di vario tipo, ivi comprese le coltivazioni minerarie per vuoti, le caverne e le gallerie d'interesse civile.

REQUISITI. *Geologia applicata, Principi di geotecnica.*

PROGRAMMA

Lo spazio sotterraneo quale fattore di salvaguardia ambientale. [2 ore]

Gli spazi sotterranei: esempi di utilizzazione nel mondo. [8 ore]

Vantaggi, diretti ed indiretti e problemi. [4 ore]

Problematiche generali per l'uso dei vuoti in sotterraneo (compatibilità ambientale, problemi fisiologici e psicologiche, aspetti legali amministrativi e di sicurezza). [4 ore]

Principali opere sotterranee: [16 ore]

cavità naturali,

caverne (per lo stoccaggio degli idrocarburi, per usi idroelettrici, per altri usi),

gallerie

pozzi

coltivazioni minerarie

riuso di vuoti minerari

depositi di rifiuti in sotterraneo

parcheggi in sotterraneo

depositi di merci varie

abitazioni, centri sportivi, ricreativi e sociali

Linee progettuali per caverne e gallerie. [8 ore]

Indagini preliminari geologiche e geotecniche. [3 ore]

Metodi di calcolo per le verifiche di stabilità. [8 ore]

Metodi ed attrezzature per lo scavo e la costruzione. [2 ore]

Misure di controllo in corso d'opera. [3 ore]

Programmazione dei lavori e gestione degli aspetti contrattuali. [3 ore]

Sicurezza ed igiene ambientale. [2 ore]

ESERCITAZIONI

Dimensionamento di una caverna mediante metodi di calcolo numerico. [4 ore]

Progetto di una coltivazione di calcare in sotterraneo per camere e pilastri in vista del riuso dei vuoti residui. [4 ore]

Progetto degli strumenti di misura per il controllo di una caverna. [4 ore]

Definizione dei diagrammi di Gantt per una galleria autostradale a due canne. [4 ore]

Analisi delle dispersioni termiche per un impianto sportivo in sotterraneo e confronto con una struttura analoga a giorno. [4 ore]

Dimensionamento di bullonature. [4 ore]

Visite tecniche a cantieri. [8 + 8 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Appunti scritti del corso saranno distribuiti durante le lezioni, assieme alle indicazioni di articoli specifici per il perfezionamento dei temi trattati.

Testi ausiliari, per approfondimenti:

J. Carmody e R. Sterling, *Underground space design : a guide to subsurface utilization and design for people in underground space*, New York, Van Nostrand Reinhold, 1993.
B.N. Whittaker e R.C. Frith, *Tunnelling : design, stability and construction*, IMM, 1990.

ESAME

La valutazione sarà eseguita con un esame scritto ed uno orale.

Durante il corso si terranno due scritti di controllo della preparazione con esonero di validità annuale.

È richiesta da parte degli allievi la presentazione del testo delle esercitazioni svolte. Il voto di esame terrà conto anche della qualità degli elaborati.

R 3904 Petrografia

(Corso ridotto)

Anno/periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 2+2 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Il corso si propone di fornire le nozioni fondamentali sui processi petrogenetici, i criteri classificativi e nomenclaturali delle rocce e le conoscenze necessarie alla diagnosi delle rocce mediante esami macroscopici e microscopici. Le esercitazioni in laboratorio, su collezioni didattiche, e sul terreno, sugli elementi descrittivi delle rocce nella loro giacitura reale, saranno parte integrante del corso.

REQUISITI. *Chimica.*

PROGRAMMA

Le rocce magmatiche. [2 ore]

Vulcanismo e plutonismo. Elementi principali della petrologia del magmatico. Serie magmatiche.

Descrizione e classificazione delle rocce magmatiche. [2 ore]

Nomenclatura delle rocce intrusive e delle rocce effusive. Triangolo di Streckeisen. Diagrammi silice - alcali.

Le rocce sedimentarie. [2 ore]

Il ciclo sedimentario. Ambienti e processi di sedimentazione. Rocce detritiche, carbonatiche e di sedimentazione chimica. Concetto di *facies* sedimentaria. Diagenesi e autigenesi.

Descrizione e classificazione delle rocce sedimentarie. [2 ore]

Nomenclatura delle ruditi, delle psammiti e delle psefiti. Triangolo compositivo di Folk delle areniti. Classificazione delle rocce carbonatiche secondo Folk e secondo Duhnam. Le dolomie, le selci, le evaporiti. Le rocce piroclastiche.

Le rocce metamorfiche. [2 ore]

Tipi e natura del metamorfismo. Minerali e paragenesi. Zoneografia e *facies* metamorfiche. Deformazioni strutturali connesse con il metamorfismo.

Descrizione e classificazione delle rocce metamorfiche. [2 ore]

Nomenclatura delle rocce metamorfiche secondo la loro derivazione da rocce preesistenti e secondo il grado metamorfico. Nomenclatura delle rocce metamorfiche di contatto.

LABORATORIO. [12 ore]

Descrizione dei litotipi macroscopici su campioni di collezioni didattiche.
Descrizione di litotipi al microscopio su sezioni sottili di collezioni didattiche.

ESERCITAZIONI SUL TERRENO. [30 ore]

Osservazione dei caratteri giacitureali, tessitureali e mineralogici direttamente sugli affioramenti, relativamente a rocce dei seguenti domini:
rocce magmatiche intrusive basiche e acide;
rocce magmatiche intrusive acide e intermedie;
rocce sedimentarie detritiche, carbonatiche, evaporitiche;
rocce metamorfiche di metamorfismo regionale;
rocce metamorfiche di contatto.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Appunti e schemi distribuiti durante il corso.

A. Mottana, R. Crespi, G. Liborio, Minerali e rocce, Mondadori, 1993.

Testi ausiliari:

W.S. Mackenzie, C. Guildford, *Atlante dei minerali costituenti le rocce in sezione sottile*, Zanichelli, 1992.

B.W.D. Yardley, W.S. Mackenzie, C. Guildford, *Atlante delle rocce metamorfiche e delle loro microstrutture*, Zanichelli, 1992.

A.E. Adams, W.S. Mackenzie, C. Guildford, *Atlante delle rocce sedimentarie al microscopio*, Zanichelli, 1992.

ESAME

Domande teoriche sui processi petrogenetici e sui criteri classificativi delle rocce (orale). Riconoscimento e descrizione di campioni macroscopici e di sezioni sottili di rocce (scritto).

R3920 Pianificazione e gestione delle aree metropolitane

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercit., laboratori: 4+4+(2) (ore settimanali); 50+50+10 (nell'intero periodo)
Docente: Enrico Desideri

[Testo del programma da "Guida 1994/95"]

Il corso ha lo scopo di approfondire la tematica urbanistica della pianificazione dei sistemi urbani complessi e di approfondire il concetto di gestione dei servizi a scala sovracomunale o metropolitana anche alla luce della recente legge 142/90 sul riordnamento delle autonomie locali.

Il corso è organizzato in specifici moduli costituiti da lezioni in aula, da sopralluoghi e da esercitazioni ponendo l'attenzione, in particolare, di volta in volta su uno o più esempi significativi.

PROGRAMMA

Introduzione all'analisi dei sistemi urbani, l'organizzazione del territorio, l'analisi della città nelle sue componenti strutturali, ai luoghi rilevanti per architettura e funzioni, al reticolo delle comunicazioni, al tessuto edilizio e al verde.

Il concetto di gerarchia territoriale, teoria dei *central places* di Christaller, teoria economica di Losch, teoria classica della localizzazione di Von Thunen, Loria, Weber.

L'uso dei modelli nello studio delle interazioni nelle aree urbane e nella pianificazione urbanistica delle aree urbane. Il modello di Lokshman e Hansen per l'area metropolitana di Baltimora ed il modello di Lowry per l'area metropolitana di Pittsburg.

Funzionamento e sviluppi della città metropolitana, il concetto di soglia di sviluppo, momenti critici dello sviluppo e interventi strategici.

Il controllo e la gestione dell'area metropolitana. Gli utenti della città, le autorità locali ed il controllo dello sviluppo urbano, piano di assetto, piano di intervento e sistema di osservazione degli *standards* di qualità prestabiliti dal piano.

I servizi metropolitani o a livello sovracomunale, i consorzi per l'offerta di integrati, le aziende speciali, esperienze nelle realtà italiane ed estere.

BIBLIOGRAFIA

Durante il corso saranno messe a disposizione degli allievi dispense settoriali del corso: di volta in volta sarà fornita ampia bibliografia per l'approfondimento dei singoli temi.

R3970 Principi di geotecnica

Anno: periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Otello Del Greco (collab.: Claudio Oggeri, Anna Maria Ferrero)

Il corso si propone di fornire gli elementi per la comprensione dei fenomeni fisici alla base dei problemi geotecnici, cioè di tutti quei problemi che riguardano la stabilità di strutture che coinvolgono formazioni naturali costituite da rocce e/o terreni. Ciò richiede quindi la descrizione dei problemi stessi, l'analisi dei parametri che li condizionano, lo studio per la determinazione di tali parametri, lo studio dei metodi per l'analisi rigorosa dei problemi e dei rimedi tecnici atti ad assicurare la stabilità delle strutture. Il corso è rivolto principalmente agli studenti il cui indirizzo non è prevalentemente geotecnico.

PROGRAMMA*1. Caratterizzazione geotecnica di rocce e terreni intesi come materiali.*

Definizione delle proprietà fisiche e meccaniche di tali materiali e loro determinazione con prove di laboratorio; criteri di resistenza; leggi di comportamento; classificazioni tecniche.

2. Studio del comportamento delle formazioni naturali.

Caratteristiche delle discontinuità delle masse rocciose; uso delle proiezioni stereografiche per rappresentarne le giaciture, prove in sito per la caratterizzazione di masse (prove di deformabilità, prove penetrometriche, prove di taglio in sito); cenno alla determinazione dello stato di tensione naturale; presenza ed effetti dell'acqua nelle formazioni naturali; classificazione delle formazioni geologiche al fine della realizzazione di gallerie.

3. Elementi per lo studio di strutture.

Analisi di problemi geotecnici con metodi analitici (soluzioni analitiche, modelli numerici, metodo dell'equilibrio limite) e con metodi analogici (mediante classificazioni tecniche delle masse naturali). Stato di sollecitazione in una piastra forata con differenti condizioni al contorno e con diverse leggi di comportamento del mezzo. Stato di sollecitazione in formazioni stratificate. Analisi del superamento delle resistenze in un mezzo continuo e in un mezzo stratificato. Impiego del metodo dell'equilibrio limite per l'analisi di stabilità di pendii in masse rocciose e di terre. Esame dei metodi e delle tecniche di intervento per la stabilizzazione di strutture geotecniche (modifica delle geometrie delle strutture; metodi di sostegno mediante scogliere, gabbionate, muri cellulari, terra armata etc.; iniezioni di leganti; bullonaggio attivo e passivo).

4. *Cenno ad alcuni problemi geotecnici nell'esecuzione di attività estrattive.*

Stabilità di fronti di scavo a giorno; aspetti geotecnici connessi alla scelta di un metodo di coltivazione in sotterraneo (per vuoti, per frana, con ripiena); colpi di tensione; subsidenza; discariche minerarie.

ESERCITAZIONI. Esecuzione di prove di laboratorio per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche di rocce e terreni. Esercizi di calcolo per l'analisi di stabilità nell'intorno di scavi in sotterraneo, di scavi a giorno e di pendii naturali.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

Testo di appunti appositamente preparati per il corso, riguardanti le sue prime due parti.

Testi ausiliari:

E. Hoek, J.W. Bray, *Rock slope engineering*, Inst. Mining & Metallurgy, London, 1981.

E. Hoek, E.T. Brown, *Underground excavations in rock*, Inst. Mining & Metallurgy, London, 1980.

B.H.G. Brady, E.T. Brown, *Rock mechanics for underground mining*, Allen & Unwin, London, 1985.

ESAME

L'esame può essere sostenuto secondo due modalità alternative. La prima prevede l'esecuzione di due prove scritte parziali, ciascuna sostenuta al termine delle corrispondenti unità degli argomenti trattati nelle lezioni ed esercitazioni; ad esse segue un colloquio orale conclusivo con domande volte ad appurare la capacità dello studente di applicare e correlare le nozioni apprese nell'interpretazione di problemi reali. La seconda modalità d'esame prevede una prova scritta ed una orale da sostenersi in un'unica soluzione nelle sessioni regolari di esame.

R4000

Principi di ingegneria chimica ambientale

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 52+26 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Bernardo Ruggeri

Il corso ha come obiettivo l'applicazione dei principi di ingegneria chimica all'analisi delle problematiche che un inquinante incontra dopo l'immissione nell'ambiente. Per contro esso vuole introdurre lo studente alla comprensione delle problematiche di trasporto e reazione che governano il dimensionamento e le prestazioni degli impianti ambientali. Particolare enfasi è posta all'analisi delle reazioni chimiche e biochimiche nei processi di recupero di aree compromesse da sostanze tossiche utilizzando l'approccio sistemico.

PROGRAMMA

Fondamenti. [4 ore]

Sostanze tossiche ed elementi di tossicologia; inquinamento e "destino" degli inquinanti; norme e regolamenti: struttura e funzioni; politica ambientale: risoluzione dei conflitti mediante applicazione di una corretta analisi tecnologica.

Termodinamica. [4 ore]

Equilibrio chimico in sistemi complessi; equilibri di superficie e ripartizione.

Trasporto. [4 ore]

Fenomenologie di trasporto in diverse matrici ambientali: aria, acqua, solidi.

Reazione. [8 ore]

Ingegneria delle reazioni chimiche ambientali: approcci teorici, progetto di esperimenti, analisi dei dati principi della catalisi fotochimica e delle reazioni disperse.

Biologia. [6 ore]

Elementi di biologia, microbiologia ed ingegneria delle reazioni biologiche ambientali; interazioni ambientali tra matrici e popolazioni microbiche complesse: sinergia e competizione.

Analisi di sistemi. [4 ore]

Metodi e strategie per la minimizzazione di inquinanti nell'ambiente: approccio sistematico nell'analisi dei cicli di produzione, analisi del ciclo di "vita" di beni e prodotti.

Principi. [6 ore]

Principi delle tecnologie per la limitazione di inquinanti in flussi di aria: riduzione di particelle sospese, sostanze gassose, vapori; acqua: trattamenti meccanici, chimico-fisici, biologici; solidi: raccolte differenziate e valorizzazione, trattamenti biologici e termici.

Matrici tossico-nocive. [8 ore]

Treatments chimico-fisici: elettrocinetici, ultrafiltrazione, estrazione con solventi, desorbimento a bassa temperatura, preevaporazione, raggi X e UV, assorbimento, adsorbimento; stabilizzazione-solidificazione chimica, fisica, termica, polimerica; verifica: termica, chimica; trattamenti biologici: aerobici, anaerobici, misti.

Principi di bonifica ambientale. [8 ore]

Tecniche sperimentali e simulazione per la stima di aree compromesse (falde e terreni); trattamenti: meccanici, chimico-fisici, *bioremediation*.

ESERCITAZIONI. Saranno eseguiti degli esercizi di calcolo finalizzati alla comprensione dei principi esposti nelle lezioni teoriche.

BIBLIOGRAFIA

Appunti dalle lezioni.

M.D. La Greca, P.L. Buckingham, J.C. Evans, *Hazardous waste management*, McGraw-Hill, 1994.

G. Tchobanoglous, H. Theisen, S.A. Vigil, *Integrated solid waste management*, McGraw-Hill, 1993.

V.V. Kafarov, *Wastless chemical processing*, Mir, 1985.

R 4030 **Processi biologici industriali**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 56+28 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppe Genon

Il corso si propone di chiarire i concetti di base, e successivamente illustrare i principali procedimenti industriali, i quali utilizzino microrganismi allo scopo di ottenere la produzione di composti chimici di base, alimenti, biomasse. In tal senso, ad una prima parte di carattere generale concernente i meccanismi fondamentali fisici, chimici e biologici dell'ingegneria biochimica, ed i relativi modelli di interpretazione, segue una seconda parte più applicativa e tecnologica, volta ad illustrare dal punto di vista dello schema di processo le operazioni più importanti della microbiologia industriale.

REQUISITI. È propedeutico al corso l'apprendimento dei necessari fondamenti di chimica industriale e di principi di ingegneria chimica.

PROGRAMMA

Premesse di microbiologia.

Caratteristiche dei microrganismi di interesse industriale, tipi, composizione, crescita, adattamento. [4 ore]

Meccanismi di utilizzo energetico e di trasformazione metabolica. [3 ore]

Ingegneria biochimica.

Cinetica dei processi biologici, azione di inibitori, cinetica di crescita delle biomasse, relazioni tra cinetica e trasferimento di materia. [8 ore]

Funzionamento di reattori continui, discontinui, semicontinui con o senza ricircolo. [5 ore]

Trasferimento di ossigeno in reattori aerati, con agitazione meccanica, operanti con ricircolo. Problemi di agitazione. *Scale-up* delle prestazioni. [10 ore]

Sterilizzazione termica del liquido culturale, mantenimento della sterilità, sterilizzazione dell'aria. [4 ore]

Particolarità costruttive dei reattori, sistemi di misura e di controllo. [6 ore]

Trattamento finale del liquido culturale, definizione dei costi di fermentazione. [4 ore]

Tecnologie applicative.

Produzione di metaboliti primari (etanolo, acidi organici), di enzimi, di antibiotici. [6 ore]

Principi generali dell'ossidazione biologica, trattamento delle acque di scarico, concetto dell'età del fango, trattamenti anaerobici a biomasse sospese e fissate. [6 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni prevedono il calcolo di dimensionamento di apparecchiature e la definizione dello schema di processo di tecnologie microbiologiche. Più in dettaglio, esse trattano i seguenti argomenti:

processi metabolici e considerazioni bioenergetiche; [4 ore]

cinetica di processi biologici; [6 ore]

dimensionamento dei sistemi di trasferimento dell'ossigeno; [8 ore]

definizione di uno schema di processo e costi; [4 ore]

dimensionamento processistico di sistemi di depurazione. [6 ore]

BIBLIOGRAFIA

S. Aiba, A.E. Humphrey, N.F. Millis, *Biochemical engineering*, 1973.

H.J. Rehm, G. Reed, *Biotechnology. Vol. 1 e 3*, 1983.

G. Genon, *Processi biologici industriali*, CLUT, 1993.

R4100 Produzione e trasporto degli idrocarburi

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Riccardo Varvelli (collab.: Raffaele Romagnoli)

Il corso si propone di fornire le conoscenze fondamentali per la definizione di una strategia ottimale di produzione dai giacimenti di idrocarburi sia liquidi che gassosi. Tale obiettivo viene raggiunto attraverso la conoscenza del mercato mondiale delle fonti di energia, delle caratteristiche produttive delle rocce serbatoio e dei pozzi, dei metodi per ottimizzare la vita produttiva dei pozzi e i fattori di recupero dai giacimenti, delle metodologie di intervento in pozzo e di progettazione di interventi di recupero assistito su scala di giacimento.

REQUISITI. Meccanica dei fluidi nel sottosuolo, tecnica della perforazione petrolifera.

PROGRAMMA

Caratteristiche e dinamica del mercato mondiale della energia, ed analisi specifica del mercato mondiale di greggio, gas naturale e derivati petroliferi. Principi fondamentali di macro- e micro- economia riguardanti la commercializzazione di greggi e di semilavorati e la gestione di imprese in campo petrolifero. [31 ore]

Il ruolo dei paesi detentori della maggior quantità di riserve petrolifere e dei maggiori produttori mondiali di idrocarburi. Sinergie, campi di comune convenienza, possibili elementi di contrasto e disaccordo, politiche mondiali e nazionali di risparmio energetico e/o di espansionismo ed aggressività commerciale. [10 ore]

Compagnie contrattiste che eseguono interventi in pozzo di correzione, manutenzione, verifica, riqualificazione, conversione e chiusura mineraria dell'opera. [6 ore]

Valutazione delle caratteristiche produttive dei pozzi e delle formazioni mediante l'interpretazione dei dati di produzione disponibili. Ottimizzazione delle campagne di raccolta ed elaborazione dei dati. Componentistica delle batterie di produzione. [8 ore]

Attrezzature e metodologie per prolungare la vita produttiva dei pozzi petroliferi introducendo energia in pozzo per favorire il sollevamento di colonne fluide di idrocarburi: *gas lift*, elettropompe centrifughe sommerse, cavalletti di pompamento. Trattamento del greggio a testa pozzo e tecniche di esecuzione della separazione di fase in più stadi. Deidratazione del gas e abbattimento di sostanze dannose o inerti presenti negli idrocarburi di giacimento. Ottimizzazione dei regimi produttivi e gestione della coesistenza in offshore di attività contemporanee di ricerca e di produzione degli idrocarburi. [10 ore]

Regimi di trasporto in condotte orizzontali di gas e olio: stazioni di ricompressione e di pompaggio; terminali petroliferi su terraferma ed in mare, stoccaggio degli idrocarburi a terra ed in contenitori sottomarini, trasporto via mare (navi metaniere) e linee generali progettuali di metanodotti intercontinentali. Misure e controlli da effettuarsi nell'ambito di un piano di manutenzione e gestione di reti di *pipelines*. [10 ore]

ESERCITAZIONI. [45 ore]

Le esercitazioni sono costituite da esempi di interpretazione di dati rilevati sul campo e da progetti di ottimizzazione della produzione da giacimenti di diversa tipologia.

Si sviluppa una analisi mondiale di tipo ABC dei principali detentori di riserve e dei principali produttori mondiali di idrocarburi.

Si analizza la struttura, la gestione e la lettura del bilancio di aziende ed industrie operanti nel mondo petrolifero.

Si comparano metodi alternativi di sollevamento artificiale in pozzi petroliferi, evidenziandone i rispettivi rapporti costi / benefici.

Si esegue lo sviluppo grafico di attrezzature impiegate per la esecuzione dei completamenti e per interventi di misura e controllo a fondo pozzo.

ESERCITAZIONI IN CANTIERE O SUL CAMPO

È in programma la esecuzione di un paio di visite tecniche annuali presso una unità di produzione o trattamento degli idrocarburi, e presso un cantiere navale di costruzione. collaudo e varo di piattaforme semisommersibili o di navi di perforazione per utilizzo delle medesime nel mare del Nord o nel mare Mediterraneo. È assolutamente consigliata la esecuzione di un tirocinio pratico a terra o in mare che prevede la stesura di una relazione scritta finale, che costituisce elemento di valutazione.

BIBLIOGRAFIA

G.L. Chierici, *Principi di ingegneria dei giacimenti petroliferi*, 2 vol., 1989, AGIP.

J.S. Archer, C.G. Wall, *Petroleum engineering : principles and practice*, Graham & Trotman, 1986.

K.E. Brown, *Artificial oil production principles*, 3 vol., Pennwell, Tulsa, 1974.

R. Varvelli, *Completamento di un pozzo petrolifero*, Giorgio, Torino, 1982.

ESAME

L'esame si svolge mediante due prove scritte ed una prova orale finale. Per accedere alla quale è necessario aver consegnato le esercitazioni, svolte durante l'anno, e la relazione scritta del tirocinio pratico, svolto in coda al semestre di frequenza, almeno 10 giorni prima della prova.

R4390 **Prospezione geomineraria**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 56+40+40 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Federico Mastrangelo

Il corso si prefigge la finalità di fornire all'allievo una preparazione di base sull'ormai vastissima problematica della ricerca mineraria analizzandone sistematicamente i molteplici aspetti, a partire da quelli economici, per poi analizzare le varie metodiche impiegabili, sino a giungere alla definizione e valutazione tecnica ed economica del giacimento, senza dimenticare infine gli aspetti connessi alle problematiche di impatto ambientale e di recupero del territorio a coltivazione avvenuta.

I temi generali che verranno discussi risultano quindi i seguenti: aspetti economici (aleatorietà, rischio, dinamicità temporale del concetto di giacimento minerario) dell'attività di ricerca mineraria, sua programmazione con individuazione dei criteri generali per la sua suddivisione in fasi, significato della conoscenza geologica e metallogenica regionale, impiego delle tecniche di prospezione alluvionale, di quelle geofisiche e geochimiche, esplorazione del giacimento (campionatura e cubatura), analisi della coltivabilità, e valutazione tecnico-economica del giacimento, recupero all'ambiente.

REQUISITI

Sono ovviamente essenziali nozioni di mineralogia, petrografia, giacimenti minerali.

PROGRAMMA

Ruolo e significato della prospezione nell'industria mineraria.

Caratteristiche di aleatorietà dell'attività di ricerca, strategie economiche e tecniche d'approccio (teoria dei giochi, legge di rovina del giocatore), ruolo dello Stato e ruolo dell'imprenditore privato, differenziazione e convergenza delle rispettive finalità. Minimizzazione delle perdite mediante il ricorso al grafo prosiegua - abbandono. Analisi di alcuni possibili programmi di ricerca applicabili a situazioni diverse.

Richiami di giacimentologia e metallogenesi, con particolare riguardo alle correlazioni tra giacimenti e contesti geo-strutturali.

Fase documentale.

Documentazione topografica, geologica e giacimentologica di base; le varie fonti utilizzabili. Fotointerpretazione e telerilevamento da piattaforma aerea e da satellite. Documentazione geomineraria. Redazione della documentazione preliminare sulle potenzialità metallogeniche di una regione.

Fase strategica.

Metodi specifici di telerilevamento, prospezione alluvionale nelle sue varie tecniche. Prospezione geochimica strategica sulle acque, sui suoli, sulle rocce, richiami di prospezione geofisica. Esempi di applicazioni

Fase tattica.

Prospezione geochimica tattica sulle acque, sui suoli residuali e non, sulle rocce, cenni di prospezione biogeochimica e geobotanica. Integrazione particolare in questa fase tra tecniche geochimiche e geofisiche.

Studio della mineralizzazione.

Rilievo speditivo, lavori di accertamento in superficie, valutazione dell'indizio, schedatura e carta degli indizi.

Esplorazione nel sottosuolo.

Sondaggi, loro tipologia, maglia di sondaggio; lavori di diretto accesso, loro progettazione in funzione della successiva coltivazione. Rilievi in sottterraneo durante l'attività estrattiva: campionatura, metodi, utilizzazione dei campioni, tenori; cubatura, metodi, classificazione delle riserve; la valutazione tecnica del giacimento ed i vari metodi; cenno alle tecniche geostatistiche.

Analisi economica della coltivabilità, i criteri possibili (casi estremi: Hoskoldt ed Eldridge)

Cenni alle problematiche di VIA e di recupero ambientale.

Valutazione finale tecnico-economica del giacimento.

ESERCITAZIONI

Esame di documenti cartografici di vario tipo, problemi di stratimetria, stime di tenori e cubature. Esercitazioni di campagna (rilievo geologico speditivo, prospezione minerale alluvionale, prospezione radiometrica); rilievo di mineralizzazioni affioranti.

R4470 **Recupero delle materie prime secondarie**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Carlo Clerici

Dopo una presentazione generale delle problematiche riguardanti la produzione dei rifiuti, il corso intende illustrare i principi, le tecnologie e gli schemi operativi per il recupero di materiali utili dai rifiuti, sia urbani che di origine industriale, allo scopo di formare specialisti nel campo progettuale e gestionale del trattamento di tali materie prime secondarie.

PROGRAMMA

1. Generalità sui rifiuti: la nozione di rifiuto, la definizione legislativa, il ciclo dei rifiuti, vantaggi e svantaggi del recupero.
2. Classificazione dei rifiuti: rifiuti urbani e assimilabili, rifiuti speciali, rifiuti tossico-nocivi.
3. Introduzione ai processi di trattamento dei rifiuti, basati essenzialmente su separazioni di carattere fisico; campionatura, esame delle proprietà fisiche degli insiemi di grani.
4. Le tecnologie della comminuzione: frantumatori a mascelle, rotativi, ad impulso, trituratori a cilindri ecc.; la macinazione in molini a tamburo rotante e di tipo speciale.
5. La vagliatura e la classificazione industriale in mezzo fluido: griglie, *trommel*, vibrovagli, classificatori in corrente d'aria o d'acqua.
6. I metodi di separazione di grani o particelle di diverse proprietà fisiche o di superficie: le separazioni per densità, la flottazione, le separazioni basate su proprietà magnetiche, elettriche, ottiche, meccaniche ed elastiche, morfologiche.
7. I rifiuti solidi urbani: costituenti e problemi connessi al riciclo, la produzione e l'evoluzione composizionale.
8. Tecnologie per il recupero di materie prime secondarie dai rifiuti solidi urbani. Il recupero di energia: le discariche (biogas) e l'incenerimento. La trasformazione in composti: compostaggio del tal quale e di materiali provenienti da raccolta differenziata. I processi basati sulla separazione dei costituenti: le separazioni sul tal quale. La raccolta differenziata e la sua importanza nella gestione integrata dei rifiuti.
9. I processi di trattamento e nobilitazione dei materiali di recupero. carta e cartoni, vetro, plastiche, alluminio. Requisiti di qualità dei prodotti recuperati.
10. I rifiuti speciali: generalità; esempi di processi di trattamento: le sabbie da fonderia, le macerie, le scorie di origine metallurgica, le discariche di attività estrattive, ecc.

ESERCITAZIONI

1. Progettazione di un impianto di trattamento di macerie per la produzione di granulati: definizione del ciclo di trattamento, proporzionamento delle macchine, disegno dell'impianto, calcolo del costo di trattamento. [8 ore]
2. Scelta di un sito per discarica di rifiuti solidi urbani: un esempio realizzato in un consorzio di comuni. [8 ore]

LABORATORIO

(suddivisione in squadre di circa 10 persone)

1. Classificazione dei rifiuti contenenti amianto. [4 ore]
2. Determinazioni pratiche di campionatura. [2 ore]
3. Esame granulometrico di un campione di rifiuto. [2 ore]
4. Trattamento di scoria d'altoforno per il recupero di prodotti ferrosi. [8-12 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento: Appunti forniti dal docente.

Testo ausiliario:

G. Bressi, F. Becchis, A.L. De Cesaris, *La raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani ed assimilabili*, Istit. per l'ambiente, Milano, 1992.

ESAME. Scritto e orale.

R4550 Ricerca operativa

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2+(2) (ore settimanali)

Docente: Maria Franca Norese (collab.: Gabriella Balestra)

Il corso intende introdurre diverse famiglie di metodi, adatti anche a problematiche diverse dalla scelta ottimale, ed analizzare utilizzi reali di strumenti della ricerca operativa in ambiti organizzativi. Il problema della modellizzazione di una situazione problematica e della validazione dei modelli, introdotto all'inizio del corso, sarà ripreso via via in relazione alle diverse famiglie di metodi.

PROGRAMMA**1. Ruolo e compiti della ricerca operativa.**

Approcci tecnico-operativi e strumenti metodologici. Processi di decisione, di aiuto alla decisione e di modellizzazione / validazione. Metodi quantitativi di ottimizzazione

2. Programmazione lineare.

Caratteristiche generali dei modelli; condizioni di linearità; struttura di un programma lineare; modelli di produzione, assegnazione, miscelazione e trasporto, modelli multi-periodali e misti; analisi di convessità; algoritmo del simpleso matriciale; metodo del simpleso classico e revisionato e sua interpretazione geometrica ed economica; teoria della dualità; analisi postottimale e parametrica.

3. Programmazione intera e mista.

Esempi di problemi classici, famiglie principali di metodi, metodo *branch and bound*, metodo di Balas, metodo di Gomory.

4. Problemi a struttura speciale.

Metodo del trasporto classico, assegnazione e trasferimento. Analisi multicriteri.

5. Approcci operativi ai problemi multiobiettivi / multicriteri.

Teoria dell'utilità multiattributi, metodi diretti ed indiretti per calcolare funzioni di utilità, metodi di ricerca del "miglior compromesso" tra obiettivi conflittuali (famiglie principali di metodi).

6. Modellizzazione multicriteri.

Processo di modellizzazione; problematiche di scelta, ordinamento e cernita; azioni, dimensioni e criteri; famiglia coerente di criteri; soglie e tipi di criteri; pesi ed importanza relativa dei criteri; relazione di surclassamento, surclassamento deterministico e fuzzy.

7. Metodi Electre.

Caratteristiche comuni e quadro comparativo. Metodi Electre I, II, III e IV.

8. *Problematica di cernita e segmentazione.*

Caratteristiche generali dei metodi, metodo Moscarola e Roy, metodo *n-tomic*. Introduzione ad altre famiglie di metodi

9. *Ottimizzazione su grafi e reticoli.*

Concetti generali e definizioni. Metodi di ricerca di circuiti e di nucleo. Albero minimo. Cammini ottimali. Flussi in un reticolo, metodo di *max flusso / min taglio*.

10. *Tecniche euristiche.*

Concetti generali. Famiglie principali di metodi (*simulated annealing*, algoritmi genetici, *tabu search*).

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni, almeno due ore settimanali, comprenderanno esercizi relativi agli argomenti trattati a lezione, relativamente ai punti 2 [5 esercitazioni], 3 [2], 4 [1], 7 [2], 8 [2] e 9 [1].

LABORATORIO

Sono previste esercitazioni di laboratorio informatico (presso il LEP) con presentazione ed uso di SW su almeno tre classi di metodi (punti 2 e 3, 5, 7 e 8). Per il laboratorio informatico si prevede l'articolazione in squadre e l'assistenza ai gruppi dopo le presentazioni.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

A. Ostanello, *Appunti del corso di ricerca operativa (programmazione lineare)*, CELID, Torino, 1983.

Dispense di Ricerca operativa (a cura di A. Ostanello), disponibili presso la CELID e comprendenti *Elementi di programmazione lineare intera*, *Metodi multicriteri e Ottimizzazione su grafi e reticoli*.

Appunti e documenti distribuiti durante le lezioni.

Testi ausiliari:

A. Colomi, *Elementi di ricerca operativa*, Zanichelli, Bologna, 1988.

H.A. Taha, *Operations research : an introduction*, Maxwell Macmillan, 1992.

ESAME

Nella I sessione ordinaria e nella III sessione (relativamente ad un solo appello) l'esame comprenderà:

una prova scritta (relativa agli argomenti sviluppati nelle esercitazioni) e, se superata la prima, una prova orale sugli argomenti trattati nei punti 1, 5, 6, 9 e 10. Ciascuna prova incide per circa il 50 % sul voto finale. Una raccolta di testi d'esame assegnati in passato è disponibile presso la segreteria didattica del dipartimento di Sistemi di produzione ed economia dell'azienda.

Nella II sessione ordinaria e nella III sessione (relativamente agli appelli senza scritto) l'esame sarà costituito da una prova orale su tutti gli argomenti trattati a lezione.

R4560 Rilevamento geologico tecnico

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 2+6 (ore settimanali)

Docente: Giampiero Barisone

Il corso, a carattere eminentemente pratico, è basato in maniera assolutamente predominante sulle esercitazioni sul terreno; in esso ci si propone di affrontare da un punto di vista tecnico-pratico le problematiche illustrate sotto l'aspetto teorico in corsi precedenti.

REQUISITI

Geofisica applicata, Principi di geotecnica, Litologia e geologia o Geologia applicata.

PROGRAMMA

Il rilevamento geologico-tecnico per la pianificazione territoriale: aspetti e modalità a seconda della scala operativa e delle finalità perseguite. [2 ore]

Ricerca, acquisizione controllo dati (cartografici, geologici, idrologici, territoriali, ecc.). [1 ora]

Carte tematiche di maggior impiego ed utilità: tipo di dati rappresentabili, grado di affidabilità, impegno economico e temporale richiesto, ecc. [2 ore]

Integrazione dati tramite aereofotointerpretazione. [2 ore]

Controlli ed integrazioni sul terreno; indagini in situ ed in laboratorio significative ed economicamente eseguibili. [3 ore]

Il rilevamento geologico-tecnico per la progettazione di grandi infrastrutture o di interventi sul territorio: scale operative, aspetti e modalità a seconda delle finalità perseguite. [2 ore]

Ricerca, acquisizione, controllo dati eventualmente già disponibili. [1 ora]

Integrazione dati tramite foto aeree; controlli ed integrazioni sul terreno. [2 ore]

Indagini *in situ* ed in laboratorio (geofisiche, geomeccaniche, ecc.): scelta del tipo e della densità in funzione delle specifiche problematiche da affrontare e del grado di rischio collegato. [5 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni si svolgeranno in massima parte sul terreno (in aula solo per quanto riguarda interpretazione e restituzione dei dati acquisiti), e avranno come tema conduttore lo studio dell'idoneità di un sito per una qualche utilizzazione specifica (ad es., realizzazione di un tronco stradale, o di una discarica, o di un insediamento urbano).

È altresì previsto un "viaggio di istruzione" (durata 2-3 giorni), ovviamente facoltativo, e la cui effettuazione sarà subordinata, oltre che all'adesione degli studenti, alla concessione dei relativi contributi da parte della Facoltà.

BIBLIOGRAFIA. Appunti dalle lezioni.

ESAME. Solo orale, con specifico riferimento allo studio effettuato sul terreno ed alle scelte operate per il suo corretto svolgimento.

R4740 Sicurezza e analisi di rischio

Anno:periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali); 90+20 (nell'intero periodo)

Docente: Giovanni Del Tin (collab.: Andrea Carpignano)

Il corso si propone di fornire gli elementi conoscitivi e gli strumenti operativi per l'analisi di sicurezza di impianti e sistemi complessi attraverso le metodologie deterministiche e probabilistiche.

L'obiettivo è quello di fornire al futuro professionista una adeguata cultura tecnico-scientifica nel campo della sicurezza, utile ai fini della progettazione degli impianti e della relativa compatibilità ambientale, nonché della pianificazione di emergenza in situazioni incidentali.

REQUISITI

Sono nozioni propedeutiche quelle impartite nei corsi di *Fisica tecnica*, *Termodinamica applicata*, *Fluidodinamica*. Sono altresì richieste conoscenze di base concernenti le caratteristiche costruttive e funzionali dei più comuni componenti e sistemi dell'impiantistica industriale.

PROGRAMMA

Generalità. [6 ore]

Generalità sulla sicurezza e l'analisi di rischio. Definizione, valutazione e accettabilità del rischio. L'analisi di rischio quale strumento di supporto per la Valutazione di Impatto Ambientale e per la pianificazione del territorio, rischio d'area. Rischi connessi all'impiantistica industriale, piani di emergenza interna ed esterna, normativa vigente in materia di sicurezza industriale. Rischi connessi alle attività di trasporto.

Analisi fenomenologica dell'evoluzione degli eventi incidentali e relative conseguenze. [40 ore]

Identificazione degli eventi incidentali, interni all'azienda, rilevanti per la sicurezza delle aziende e dell'ambiente circostante.

Termine di sorgente: trattazione fenomenologica, identificazione dei possibili tipi di rilascio, modelli per la stima dell'entità del rilascio.

Fenomeni di incendio: trattazione fenomenologica, classificazione, modelli per la valutazione delle conseguenze, misure di salvaguardia.

Fenomeni di esplosione: trattazione fenomenologica, classificazione, modelli per la valutazione delle conseguenze, misure di salvaguardia.

Dispersione di inquinanti nell'ambiente: trattazione fenomenologica, identificazione dei meccanismi di trasporto, modelli per la stima delle concentrazioni.

Stima dei danni: vulnerabilità dell'uomo, delle strutture e dell'ambiente.

Identificazione e studio degli eventi di provenienza esterna: eventi naturali (terremoti, inondazioni, frane) ed eventi causati da altre attività industriali.

Algebra degli eventi e calcolo probabilistico. [4 ore]

Algebra degli eventi, utilizzo dell'algebra degli eventi nell'analisi di affidabilità. Definizione di *cut set* e *minimal cut set*. Teoria delle probabilità, teoremi sul calcolo probabilistico, teorema di Bayes. Utilizzo dei teoremi di calcolo probabilistico ai fini dell'analisi di affidabilità.

Analisi di affidabilità di sistemi. [20 ore]

Definizione di componente e sistema. Definizione di affidabilità e disponibilità. Determinazione empirica dell'affidabilità di componenti non riparabili. Tasso di guasto e densità di guasto non condizionata. Distribuzioni. Analisi di sistemi di componenti

non riparabili: parallelo, serie, logica maggioritaria, *stand-by*. Riparabilità di componenti. Analisi di sistemi con componenti riparabili, parametri affidabilistici che caratterizzano i componenti riparabili, calcolo dell'indisponibilità di componenti riparabili, valutazione empirica di affidabilità e disponibilità per componenti riparabili. Calcolo dell'indisponibilità e dell'affidabilità di un sistema mediante *minimal cut set*. Componenti sottoposti a *test*, calcolo del periodo di *test* ottimale, politiche di *test* per sistemi serie e parallelo. Indici di criticità.

Metodologie per l'analisi di affidabilità e sicurezza. [20 ore]

Schema metodologico dell'analisi di sicurezza. Metodologie speditive e metodologie dettagliate. Identificazione degli eventi iniziatori (HAZOP, FMECA, ecc.) ed esempi applicativi. Analisi dei sistemi (*fault tree*, Markov, blocchi di affidabilità). Cause comuni di guasto. Analisi di sequenze incidentali (*event tree*, metodologie dinamiche, alberi fenomenologici). Analisi di vulnerabilità. Strumenti informatici per l'analisi di sicurezza.

ESERCITAZIONI. [20 ore]

Agli allievi è proposta un'esercitazione pratica che consiste nell'analisi di sicurezza di un sistema industriale complesso o di un sistema di trasporto ai fini della determinazione dell'impatto ambientale che si avrebbe in caso di incidente. L'esercitazione richiede l'applicazione delle metodologie trattate nelle varie parti del corso.

BIBLIOGRAFIA

M.D. Shooman, *Probabilistic reliability: an engineering approach*, Mc Graw-Hill, 1969.

A. Villemeure, *Sureté de fonctionnement des systèmes industriels*, Eyrolles, Paris, 1988. *Guidelines for chemical process quantitative risk analysis*, Center for Chemical Process Safety of the AIChE, New York, 1989.

Methods for the calculation of physical effects, The Netherlands Organization of Applied Scientific Research (TNO), Voorburg, 1988.

Methods for the determination of possible damage, The Netherlands Organization of Applied Scientific Research (TNO), Voorburg, 1989.

R4750 **Sicurezza e difesa ambientale nell'industria estrattiva**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+3 (ore settimanali); 75+30+10 (nell'intero periodo)

Docente: Mario Patrucco

Il corso tratta i problemi di analisi e costruzione della sicurezza del lavoro in ambienti industriali per quanto concerne le metodiche operative e le attrezzature utilizzate, e della protezione dell'ambiente esterno da immissione di inquinanti. Vengono analizzati - dal punto di vista tecnico e con riferimento alle normative - gli aspetti di prevenzione infortuni, valutazione e miglioramento delle condizioni igienico-ambientali ai posti di lavoro, ed i problemi di rilevamento e controllo di immissioni ed emissioni.

PROGRAMMA

1. La sicurezza del lavoro: definizione del problema nei suoi diversi aspetti: antinfortunistica, igiene del lavoro, ergonomia e psicologia del lavoro; costruzione della sicurezza e responsabilità degli operatori ai vari livelli. [8 ore]

2. Analisi delle condizioni di sicurezza di un sistema: affidabilità, fattori di rischio e criteri di individuazione del livello di sicurezza. Fattori (controllabili e non) che influiscono sul carico di lavoro: naturali, tecnici ed umani. [20 ore]
3. Aspetti normativi in materia di sicurezza del lavoro e qualità ambientale: analisi e criteri di corretta applicazione dei supporti normativi nazionali, delle direttive comunitarie e delle principali norme e raccomandazioni straniere. Organismi di controllo. [6 ore]
4. Infortuni sul lavoro: analisi – *a posteriori* – delle cause dirette ed indirette di accadimento, finalità e procedure di valutazione statistica del fenomeno infortunistico, procedure, mezzi e tecniche di prevenzione. [6 ore]
5. Problemi di igiene ambientale: valutazione delle condizioni di comfort e di rischio di danno per la salute ai posti di lavoro; definizione ed analisi delle condizioni di disturbo in ambienti di vita:
 - 5.1. misura (procedura e significato), prevenzione e protezione per inquinanti fisici e chimici in ambiente di lavoro (microclima, rumore, vibrazioni, polveri e gas, cenni ai rischi derivanti da radiazioni ionizzanti); [25 ore]
 - 5.2. procedure di rilevamento e tecniche di riduzione di emissioni ed immissioni nell'ambiente esterno. [10 ore]

ESERCITAZIONI

Vengono sviluppate applicazioni di procedure viste nel corso delle lezioni; è inoltre proposto lo sviluppo di "tesine" su argomenti di specifico interesse dell'allievo (quindi, a seconda dell'indirizzo / orientamento). Sono previste esercitazioni fuori sede presso laboratori, unità produttive e cantieri, per una visione diretta delle procedure e delle soluzioni impiantistiche discusse.

LABORATORIO. Misura di agenti inquinanti l'ambiente industriale ed esterno.

BIBLIOGRAFIA

Poiché gli argomenti trattati a lezione sono contenuti in più di un testo, si consiglia l'uso del materiale messo a disposizione dal docente, integrato con i propri appunti.

ESAME. L'esame consiste in una prova scritta di ammissione ed un orale, vertenti sugli argomenti sviluppati nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Il voto finale terrà conto anche della qualità delle "tesine".

R5430 **Tecnica della perforazione petrolifera**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 5+3 (ore settimanali)

Docente: Raffaele Romagnoli

Il corso si propone di fornire le conoscenze tecnico-scientifiche indispensabili per una corretta programmazione ed esecuzione dei pozzi petroliferi. Questo obiettivo viene raggiunto attraverso la conoscenza tecnologica di batterie e strumentazione accessoria, delle caratteristiche del circuito idraulico del fango, degli strati da attraversare e del giacimento petrolifero medesimo.

Si vuole fornire al futuro ingegnere una anteprima sulle difficoltà e i processi decisionali che occorre rapidamente affrontare durante la vita di cantiere, allorché qualunque emergenza può presentarsi in qualunque istante delle 24 ore. In particolare, si vuol

sviluppare l'attitudine al controllo idraulico dei fenomeni in pozzo ed alla previsione delle loro possibili evoluzioni e conseguenze. Attenzione speciale viene dedicata al problema dello smaltimento dei reflui di perforazione e della normalizzazione dei fanghi.

REQUISITI

Ingegneria degli scavi, Disegno, Elettrotecnica, Idraulica, Meccanica dei fluidi.

PROGRAMMA

Organizzazione dei cantieri di perforazione; evoluzione della configurazione di un pozzo a terra e a mare dall'innesto fino alla esecuzione del completamento. [8 ore]

Operazioni di perforazione *rotary*: tipi di impianti esistenti, batteria, attrezzature ausiliarie e colonne di rivestimento, funi, organi di avvolgimento e controllo dei fenomeni di fatica ed usura. [12 ore]

Perforazione orientata, tecniche di stabilizzazione delle traiettorie, controlli e nuove tecnologie di esecuzione rapida. Controllo del rapporto costi / benefici. [6 ore]

Proprietà dei fluidi impiegati per trasporto e sollevamento dei detriti di perforazione: controlli, simulazioni e modellizzazioni dei comportamenti reologici ed idraulici. Valutazione delle proprietà (in laboratorio) e impiego dei risultati in programmi di calcolo automatico impiegati per la previsione in tempo reale dei comportamenti in pozzo. [12 ore]

Composizione, additivi e correttivi dei fanghi di perforazione e delle malte da cemento impiegate nella industria petrolifera. Ottimizzazione dei sistemi di spinta del fango e del circuito idraulico, inclusi gli ugelli presenti sullo scalpello. Caratterizzazione e potenzialità dell'effetto getto. Novità tecnologiche a proposito di scalpelli PDC. [10 ore]

Andamento delle pressioni statiche e motrici in pozzo, con riferimento particolare a pressioni interstiziali e di fratturazione durante qualunque manovra od operazione eseguita od eseguibile. Manovre necessarie per mantenere preventivamente il controllo del pozzo in formazioni in sovrappressione e per ripristinarlo dopo incidenti idraulici di svariati tipi. Manovre estreme di taglio batteria e/o abbandono rapido dell'impianto. Apparecchiature di sicurezza del pozzo. *Preventers* a gasasse trancianti: limiti e problemi di impiego pratico. [10 ore]

Dispositivi e norme di sicurezza per l'esercizio ottimale dell'impianto; problemi di ambienti chimicamente o fisicamente aggressivi; problemi di manutenzione e controlli periodici di attrezzature e strutture presenti. [6 ore]

Ottimizzazione della perforazione *offshore* e dello sviluppo dei giacimenti fuori costa: cenni ad attività contemporanee di perforazione e produzione. [6 ore]

Teste pozzo sottomarine: studio progettuale per ottimizzarne la funzionalità in funzione degli scopi della attività di ricerca in corso di svolgimento. *Risers* di perforazione e componentistica per lo svolgimento della perforazione petrolifera in mare, e in zone artiche. [6 ore]

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni in aula sono costituite da esempi di interpretazione di dati reali, per lo più concernenti la ottimizzazione di batterie di perforazione, circuiti idraulici e impianti

di produzione, trasformazione ed impiego dell'energia. Sono in programma tavole grafiche aventi come oggetto la rappresentazione delle teste pozzo e dei pertinenti sistemi di sicurezza, e lo sviluppo degli andamenti spazio-temporali delle pressioni durante la esecuzione di manovre idrauliche.

ESERCITAZIONI SUL CAMPO

Durante il corso sono in programma visite tecniche ad impianti di perforazione petrolifera siti nella pianura padana o a scuole e centri di formazione di tecnici specializzati nell'esercizio ed impiego di impianti ed attrezzature di perforazione.

BIBLIOGRAFIA

P.L. Moore, *Drilling practices manual*, Pennwell, Tulsa, 1995.

W.C. Goins, R. Sheffield, *Blowout prevention*, Gulf Publishing Co., 1983.

ESAME

L'esame si svolge mediante una prova scritta ed una orale. È consigliata (ma facoltativa) la esecuzione di un tirocinio pratico in cantiere, corredata da relazione scritta. Per accedere all'esame finale occorre consegnare tale relazione almeno 8 giorni prima.

R5440 **Tecnica della sicurezza ambientale**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 70+25 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Norberto Piccinini (collab.: Italo Mazarino, Guido Sassi)

Nel quadro dell'ampio significato dei termini "rischio" e "sicurezza", il corso intende fornire gli strumenti per individuare le pericolosità nelle varie attività e definire procedimenti, tecnici od organizzativi, per raggiungere obiettivi di sicurezza. Il corso intende inoltre trasferire le valutazioni dei rischi in processi decisionali per una corretta progettazione e per una attenta gestione dei rischi imprenditoriali od ambientali.

REQUISITI

Sarebbe opportuno che l'allievo avesse superato un insegnamento di impianti.

PROGRAMMA

1. Incidenti e rischi nelle attività umane. [6 ore]

Infortuni sul lavoro e malattie professionali. Evoluzione dei concetti di "rischio" e "sicurezza". Scale e parametri per valutazioni di tollerabilità dei rischi. Le valutazioni di impatto ambientale. *Environmental audits*.

2. Pericolosità di prodotti ed operazioni industriali. [20 ore]

Tossicità delle sostanze chimiche. Reazioni di combustione ed esplosive. Elementi di protezione contro gli incendi. Rischi legati all'uso dell'energia elettrica.

3. Metodi di studio dei rischi nelle attività antropiche (impianti industriali e grandi opere infrastrutturali). Metodi basati sul giudizio ingegneristico (indici di rischio, *safety audits, check list*). Approccio storico a mezzo banche dati incidenti. [4 ore]

Valutazioni probabilistiche dei rischi. [16 ore]

– Metodi per l'individuazione delle pericolosità di origine interna agli impianti (analisi di operabilità, Hazop, analisi dei guasti e loro effetti; FMEA).

- Valutazione della risposta di un impianto al verificarsi di un guasto per mezzo di alberi logici e decisionali (diagramma delle sequenze incidentali, albero degli eventi, albero dei guasti, diagramma logico cause - conseguenze).
- Stima della frequenza di eventi incidentali (risoluzione di alberi logici).
- Analisi di sequenze incidentali di tipo dinamico.

4. *Principi e metodi dell'affidabilità tecnologica.* [8 ore]

Affidabilità di un componente, di sistemi operativi (in serie o in parallelo, a logica maggioritaria), di sistemi in attesa di intervento. Anche dati affidabilità. Analisi di sistemi tramite catene di Markov.

5. *Valutazione degli errori umani.* [2 ore]

Cause e tipi di errore umano. Modelli e dati per la stima dell'affidabilità umana.

6. *Danni all'ambiente.* [14 ore]

Uso irrazionale delle risorse, cattiva gestione del suolo e dei reflui (solidi, liquidi e gassosi).

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni consistono nella preparazione di relazioni tecniche dai differenti contenuti. Gli argomenti trattati dovranno quindi essere presentati in modo schematico evitando la forma colloquiale. Per la loro stesura si dovranno seguire i principi di massima contenuti nel volume *Saper comunicare: cenni di scrittura tecnico scientifica*, pubblicato dall'Ateneo nel 1993. In particolare, in ogni relazione dovrà essere presente l'*indice* con l'adeguato livello di dettaglio. Questo deve contenere quanto meno lo *scopo* e la *bibliografia* e la lista dei *simboli*. Oltre agli aspetti sostanziali anche quelli formali di presentazione devono essere curati.

Il primo giorno di lezione il docente fornirà dettagliate istruzioni sui contenuti ed i tempi di consegna delle seguenti esercitazioni:

- Costituzione di un prototipo di banca dati incidenti e analisi di pericolosità.
- Applicazioni delle differenti metodologie di analisi dei rischi.
- Elaborazione di una specifica per omologazione di un prototipo.
- Analisi delle relazioni cause - effetti su un componente di macchina uscito di servizio.
- Relazione dettagliata su un tema ambientale o di sicurezza di interesse dell'allievo.

BIBLIOGRAFIA

Parte del materiale didattico sarà messo a disposizione durante il corso.

Norme per la prevenzione degli infortuni.

N. Piccinini, *Affidabilità e sicurezza nell'industria chimica*, SCCFQIM, Barcellona, 1985.

S. Messina, N. Piccinini, G. Zappellini, *Valutazione probabilistica di rischio*, 3ASI. D.A. Crowl, J.F. Louvar, *Chemical process safety*, Prentice-Hall, 1990.

ESAME

L'esame, costituito da uno scritto e un orale, verte esclusivamente sul programma svolto a lezione, che pertanto può subire variazioni di anno in anno. Lo scritto è relativo solo alle applicazioni delle metodologie sull'analisi dei rischi (durata della prova: 3 ore; sono consultabili appunti, libri od esercizi svolti).

R5450 **Tecnica della sicurezza elettrica**

Lezioni, esercitazioni, laboratori: 6+2 (ore settimanali)

Docente: *da nominare*

Il corso intende fornire agli allievi i fondamenti della tecnica della sicurezza elettrica, cioè i modi con cui rendere sicuro per le persone l'uso dell'energia elettrica. Dopo una panoramica sugli effetti della corrente elettrica sul corpo umano si studiano i sistemi di protezione contro i contatti diretti e indiretti, con e senza interruzione automatica del circuito. Si affronta anche il problema della protezione delle condutture contro le sovracorrenti, della sicurezza dei circuiti di comando, del sezionamento, dei luoghi con pericolo di esplosione, delle radiazioni non ionizzanti.

REQUISITI. *Elettrotecnica*

PROGRAMMA

1. *Le basi legislative della sicurezza.*

Gli enti normatori nazionali e internazionali. La conformità alle norme degli apparecchi e degli impianti. Il diritto nazionale e internazionale nel settore elettrico. La marcatura CE. La legge 46/90 sulla sicurezza degli impianti. Il marchio di qualità. rapporto tra norme di legge e norme di buona tecnica. Applicabilità delle norme agli impianti preesistenti. Alcuni dati statistici sugli infortuni elettrici. [8 ore]

2. *Principi generali di sicurezza.*

Definizione di sicurezza e di rischio. Sicurezza di un sistema. Relazione tra sicurezza e affidabilità. Individuazione del livello di sicurezza accettabile. Il rischio indebito. L'errore umano. [4 ore]

3. *Brevi richiami di elettrofisiologia.*

Effetti pato-fisiologici della corrente elettrica sul corpo umano. Limiti di pericolosità della corrente elettrica. Resistenza elettrica del corpo umano. [4 ore]

4. *Il terreno come conduttore elettrico.*

La resistenza di terra. I potenziali sulla superficie del terreno. Dispensori in parallelo. Tensione totale e tensione di contatto a vuoto e a carico. [2 ore]

5. *Isolamento funzionale, principale, supplementare, rinforzato.*

Definizione di massa. Curva di sicurezza. Massa estranea. Classificazione dei sistemi elettrici in relazione alla tensione. [4 ore]

6. *Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TT.*

Necessità della protezione differenziale. L'equipotenzialità. Il relè di tensione. Il conduttore di neutro nei sistemi TT. [4 ore]

7. *Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi TN.*

Rispetto della curva di sicurezza. Tensioni sul neutro. Il guasto non franco a terra. Reti pubbliche di distribuzione dell'energia: sistemi TT e TN. [4 ore]

8. *Protezione contro i contatti indiretti nei sistemi IT.*

Sovratensioni per guasto resistivo e induttivo a terra. [2 ore]

9. *Protezione contro i contatti indiretti senza interruzione automatica del circuito.*

Trasformatore d'isolamento, apparecchi di classe seconda e di classe zero. [2 ore]

10. *Protezione contro i contatti indiretti in alta tensione.*

Dispensore profondo. Misura delle tensioni di contatto e di passo. Interfaccia con l'impianto di terra di bassa tensione. Messa a terra del neutro. Cenni all'esecuzione dell'impianto di terra. [4 ore]

11. *Protezione contro i contatti diretti: misure totali e parziali; passive e attive. Isolamento, barriere e involucri. Gradi di protezione IP. Protezione contro i contatti diretti offerta dagli interruttori differenziali. [4 ore]*

12. *Sistemi elettrici di categoria zero: bassissima tensione di sicurezza, di protezione e*

- funzionale. Confronto delle misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti. Luoghi a maggior rischio elettrico, luoghi conduttori ristretti. [4 ore]
13. *Misure di protezioni particolari in ambiente medico.*
Microshock. Sicurezza delle apparecchiature elettromedicali. Elettrobisturi. [2 ore]
 14. *Sezionamento e comando.*
Comando d'emergenza. Comando funzionale. L'interruttore generale. Interruzione per motivi non elettrici. Circuiti di comando: sicurezza contro l'azionamento intempestivo. [4 ore]
 15. *Portata di un cavo.*
Curva di sovraccaricabilità di un cavo. Dispositivi di protezione di sovracorrente. Requisiti del dispositivo di protezione contro il sovraccarico. [4 ore]
 16. *Brevi richiami alla corrente di cortocircuito.*
Sollecitazioni termiche in condizioni di cortocircuito. Requisiti del dispositivo di protezione contro cortocircuito. [4 ore]
 17. *Applicazione dei dispositivi di protezione contro il sovraccarico ed il cortocircuito.*
Dispositivo di protezione unico e dispositivi distinti. Protezione contro le sovracorrenti nei sistemi TT, TN e IT. [4 ore]
 18. *Protezione dei motori contro il sovraccarico e il cortocircuito.*
Requisiti dell'alimentazione di sicurezza, con particolare riferimento all'illuminazione di sicurezza. [4 ore]
 19. *Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione:*
individuazione dei centri di pericolo, delle condizioni di ventilazione, della estensione e qualifica delle zone AD. [4 ore]
 20. *Modi di protezione per le costruzioni elettriche da utilizzare in atmosfera esplosiva.*
Tipi di impianti elettrici a sicurezza. Scelta del tipo di impianto adatto alla zona AD. [4 ore]

ESERCITAZIONI

1. Progetto dell'impianto di terra di una stazione di trasformazione. [4 ore]
2. Confronto e analisi delle misure di protezione contro i contatti diretti e indiretti. [4 ore]
3. Misure della resistenza di terra e delle tensioni di contatto di passo in una officina elettrica dell'ENEL. [4 ore]
4. Determinazione della lunghezza massima protetta di un circuito protetta da un fusibile. [4 ore]
5. Visita ai laboratori dell'Istituto Italiano del Marchio di Qualità e del Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano, Milano. [8 ore]

BIBLIOGRAFIA

- V. Carrescia, *Fondamenti di sicurezza elettrica*, Hoepli.

R5490 **Tecnica ed economia dei trasporti**

Anno: periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Adelmo Crotti (collab.: Cristina Pronello, Bruno Scuero)

Il corso ha lo scopo di fornire i fondamenti dell'ingegneria dei trasporti attraverso la trattazione delle principali teorie che stanno alla base della pianificazione, della tecnica e della gestione dei sistemi di trasporto.

Si configura pertanto come corso formativo e informativo di settore e propedeutico per i corsi specialistici del 5° anno.

REQUISITI. *Istituzioni di economia, Meccanica applicata alle macchine + Macchine, Elettrotecnica.*

PROGRAMMA

Premessa. [6 ore]

L'ingegneria dei trasporti nella formazione e nella professione degli ingegneri. Basi storiche dell'attuale assetto dei trasporti. La politica dei trasporti in Italia e nei paesi industrializzati. L'organizzazione dei trasporti in Italia.

Elementi di economia dei trasporti. [6 ore]

La spesa nazionale nel settore trasporti ed il conto nazionale dei trasporti. Le forme di mercato e le sue imperfezioni. I costi di produzione. Le tariffe. Le sovvenzioni alle imprese, la politica fiscale. Analisi della domanda e dell'offerta di trasporto.

La pianificazione dei trasporti. [6 ore]

Modelli di domanda e di offerta. Modelli previsionali. Tecniche quantitative per la pianificazione dei trasporti.

Elementi di tecnica dei trasporti. [8 ore]

Caratteristiche e prestazioni dei veicoli terrestri. Il moto del veicolo: forze attive e resistenze. Caratteristiche meccaniche dei motori di trazione. Fasi caratteristiche del moto.

La congestione nei sistemi di trasporto. [8 ore]

Caratteristiche e prestazioni delle infrastrutture stradali e ferroviarie. Le teorie del deflusso: capacità e potenzialità di trasporto. I sistemi a guida libera e a guida vincolata. Sistemi di esercizio e regimi di circolazione.

Esercizio dei sistemi di trasporto. [6 ore]

Le prestazioni dei sistemi di trasporto. Sistemi di trasporto integrati, nodi di interscambio, intermodalità. I trasporti metropolitani.

Organizzazione ed economia delle imprese di trasporto. [6 ore]

Le risorse per la produzione del trasporto. Bilanci ed indicatori gestionali. Costi e ricavi totali, medi e marginali. Punto di pareggio e di massimo profitto. Organizzazione delle imprese.

Valutazione degli investimenti e dei progetti. [4 ore]

L'analisi finanziaria. L'analisi economica. L'analisi costo - efficienza.

ESERCITAZIONI

1. Definizioni e nomenclatura attinenti i veicoli e le infrastrutture stradali. Il moto del

- veicolo isolato, forze attive e resistenze. [4 ore]
2. L'equazione del moto. Calcolo delle prestazioni degli autoveicoli a regime e nelle fasi di accelerazione e frenatura. [4 ore]
 3. Definizioni e nomenclatura attinente i veicoli e le infrastrutture ferroviarie. Formule sperimentali per il calcolo delle resistenze ordinarie ed accidentali. [4 ore]
 4. Diagrammi di trazione e integrazione tabellare dell'equazione del moto. [4 ore]
 5. Capacità e livello di servizio delle strade. Applicazioni dal manuale HCM. [4 ore]
 6. Potenzialità di circolazione delle linee ferroviarie. Regimi di circolazione. [4 ore]
 7. Sistemi a barriera e loro dimensionamento. [4 ore]
 8. Dimensionamento dei servizi di trasporto, risorse occorrenti. Orari grafici. [4 ore]
 9. Costo del trasporto. Bilanci. Indicatori gestionali. [4 ore]
 10. Introduzione alla pianificazione dei trasporti. Fasi operative. Valutazione degli investimenti e dei progetti. [4 ore]
 11. Valutazioni economiche. [4 ore]
 12. Valutazioni multiobiettivi e multicriteri. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Mario Del Viscovo, *Economia dei trasporti*, UTET.
 Vincenzo Torrieri, *Analisi del sistema dei trasporti*, Falzea.
 Appunti del corso.

ESAME

Prova d'esame scritta e orale.

Esame scritto. Risoluzione di esercizi su argomenti trattati nelle esercitazioni, con possibilità di consultazione di testi e appunti.

Esame orale. Per l'ammissione alla prova orale occorre aver superato con esito almeno sufficiente la prova scritta.

R5510 **Tecnica urbanistica**

Anno:periodo 4:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4+1 (ore settimanali); 52+52+10 (nell'intero periodo)
 Docente: Enrico Desideri

Il corso si propone di introdurre gli studenti alle tematiche dell'urbanistica, delle tecniche urbanistiche per la pianificazione del territorio e del processo di pianificazione urbanistica, fornendo un quadro di riferimento delle vicende salienti dell'esperienza urbanistica in Italia ed all'estero.

D'intesa con il docente saranno definiti, all'inizio del corso, i temi di ricerca, da sviluppare durante le esercitazioni da assegnare ai singoli gruppi e che potranno riguardare l'analisi diretta di un ambiente geografico delle composite componenti di umanizzazione (fattori sociologici, ambientali, organizzativi, formali ecc.).

PROGRAMMA

Introduzione all'urbanistica: dalla genesi delle città allo sviluppo della città moderna, con particolare riferimento ai problemi legati alla tecnica ed alla pianificazione urbanistica. La Grecia e la pianificazione ellenistica, Roma e la sua opera di pianificazione, l'alto Medioevo ed il risveglio della città-stato comunale, la trattatistica e le realizzazioni urbanistiche del rinascimento. Il Settecento: cultura e sviluppi economici, città di residenza e città di colonizzazione. Le grandi trasformazioni ottocentesche, Parigi, il Ring di Vienna e l'azione di Camillo Sitte. Da Owen alla città giardino e all'urbanistica moderna. La città cablata.

L'evoluzione degli studi urbanistici: contributi delle discipline sociologiche, storiche, geografiche ed economiche. Il pensiero urbanistico e gli schemi ideali: il movimento razionalista, la carta di Atene, il piano di Amsterdam, Broadacre City e le nuove città dell'epoca contemporanea.

Le problematiche dell'edilizia e dei relativi *standard*. Traffico, strade e circolazione. Le piazze e loro caratteri requisiti. Caratteri delle strade urbane: andamento planimetrico, orientamento, andamento altimetrico, sezioni stradali urbane: strade ed edilizia. La circolazione stradale, aree pedonali, trasporti urbani pubblici su strada o in sotterranea (metropolitane).

Le infrastrutture urbane e gli *standards* urbanistici. Zone verdi e tempo libero: giardini e parchi pubblici, campi di gioco e zone sportive, dotazione e distribuzione del verde nei complessi urbani, sistemi organici del verde.

La progettazione delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria: la legislazione delle opere pubbliche e la predisposizione degli elaborati progettuali, di contabilità e di collaudo.

Obiettivi e attuazione della pianificazione territoriale ed urbanistica: gli esempi più significativi.

Lineamenti generali e livello della pianificazione urbanistica: lineamenti di piano nazionale, piano territoriali di coordinamento, piani comprensoriali, sub-regionali, settoriali. Piani regolatori e strumenti urbanistici esecutivi. L'evoluzione urbanistica italiana prima e dopo la legge generale n. 1150 del 1942.

La pianificazione urbanistica e le risorse ambientali: la strumentazione urbanistica e la tutela del paesaggio.

Introduzione all'elaborazione automatica dei dati territoriali: l'informatica come strumento per la cartografia ed il governo del territorio. Applicazioni nel campo della pianificazione urbanistica generale (PRGC) e strumentazione urbanistica esecutiva (Piani Particolareggiato, Piani Esecutivi Convenzionati ecc.). Gestione della certificazione urbanistica informatizzata e gestione delle pratiche edilizie negli uffici tecnici comunali collegati alla informatizzazione del PRGC.

Uso agricolo ed urbano del suolo: rendite economiche e rendite di posizione.

Il processo di urbanizzazione e crescita del sistema di città. Funzioni urbane e classificazione funzionale della città. Le funzioni centrali e la teoria del *central place*. Le teorie della localizzazione industriale.

Il ruolo dei modelli nel processo di pianificazione: principi per la progettazione e l'uso dei modelli.

La valutazione di impatto ambientale: applicazioni a livello locale e nazionale: raffronti tra normativa italiana e normativa estera.

La pianificazione territoriale in Occidente, con particolare riferimento ai paesi anglosassoni (Gran Bretagna e Stati Uniti) ed all'Europa continentale (Francia, Svizzera, Germania, Olanda, Belgio, Grecia).

Innovazione tecnologica e trasformazioni territoriali. I poli scientifico tecnologici. Tecnopoli e Tecnopoli.

Il governo delle aree metropolitane: legislazione italiana, ed esempi di legislazioni estere. Illustrazione di esempi significativi di trasformazioni urbane e metropolitane nei paesi occidentali e nei paesi in via di sviluppo.

ESERCITAZIONI E LABORATORIO

Le esercitazioni saranno sviluppate in modo tale da consentire allo studente l'acquisizione di capacità progettuali per la predisposizione di Strumenti Urbanistici Esecutivi e di progetti di gestione territoriale collegati alla pianificazione urbanistica e territoriale. Indagini e rilievi di tipologie urbanistiche e raffronti con modelli illustrati a lezione. Ricerche finalizzate alla comprensione di particolari problemi e temi sviluppati a lezione, per una migliore comprensione della realtà operativa professionale. Le esercitazioni di laboratorio informatico verranno svolte dal docente come parte integrante e applicativa di alcuni argomenti trattati durante le lezioni e inserite di conseguenza nell'orario ufficiale.

BIBLIOGRAFIA

Durante il corso saranno messe a disposizione degli allievi dispense settoriali del corso: di volta in volta sarà fornita ampia bibliografia per l'approfondimento dei singoli temi.

ESAME

È prevista nella seconda parte del corso una prova scritta facoltativa, il superamento della quale comporta l'esonero della prova scritta dell'esame finale. Tale prova può essere ripetuta alla fine del corso (durata della prova un'ora e mezza: non sono consultabili appunti o libri di testo).

R5610 Tecnologia del petrolio e petrolchimica

Anno/periodo 4:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 70+12 (ore, nell'intero periodo)

Docente: Giuseppe Gozzelino

Il corso si propone di fornire una conoscenza di base ed attuale sugli aspetti chimici e tecnologici che caratterizzano la trasformazione del petrolio grezzo in intermedi impiegati nella industria chimica, e in prodotti finali. Attraverso analisi termodinamiche, cinetiche e processistiche si sviluppa una rassegna e studio delle tecnologie impiegate nella raffinazione del greggio e dei processi industriali sviluppati su grande scala per trasformare gli idrocarburi in derivati funzionalizzati di impiego generale e monomeri per la produzione di materiali polimerici.

REQUISITI. Il corso può essere seguito agevolmente se si hanno le conoscenze di base di chimica organica e di chimica industriale.

PROGRAMMA

Il petrolio come materia prima. [6 ore]

Aspetti storici ed economici dell'impiego industriale degli idrocarburi derivati dal petrolio. Prodotti industriali di derivazione petrolchimica.

Valutazione tecnologica delle miscele idrocarburiche. [6 ore]

Frazionamento del greggio. Composizione delle frazioni. Curve di distillazione. Proprietà tecnologiche. Rappresentazioni grafiche delle proprietà.

Processi di raffinazione. [6 ore]

Miscele idrocarburiche di interesse energetico e petrolchimico. Processi di depurazione delle miscele gassose per assorbimento e adsorbimento. Trattamenti di depurazione per idrogenazione dei liquidi.

Conversione delle frazioni liquide e gassose. [8 ore]

Catalizzatori per la interconversione di idrocarburi. Processi di: *cracking* catalitico, alchilazione, isomerizzazione, oligomerizzazione, *reforming* catalitico.

Prodotti petroliferi. [6 ore]

Specifiche dei prodotti. *Blending*. Additivazione. Inquinamento ambientale da uso di idrocarburi. Criteri ecologici e di sicurezza nella manipolazione di miscele idrocarburiche. Infiammabilità.

Produzione di olefine leggere. [9 ore]

Etilene. Monoolefine e diolefine da *steam cracking*. Modelli di reazione. Separazione e purificazione dei prodotti insaturi. Butadiene e isoprene da intermedi petrolchimici.

Produzione di aromatici. [5 ore]

Fonti di idrocarburi aromatici. Separazione delle miscele BTX. Processi per separazione e purificazione degli isomeri C8 aromatici. Interconversione di aromatici alchilati. Derivati degli aromatici.

Acetilene. [3 ore]

Produzione via carbochimica e petrolchimica, purificazione, usi.

Paraffine normali. [2 ore]

Processi di separazione dalle frazioni leggere.

Carbonio industriale. [3 ore]

Caratteristiche e tipologie. Processi per *coke* e *carbon black*. Applicazioni.

Intermedi petrolchimici. [12 ore]

Monomeri, solventi e intermedi derivati da olefine leggere mediante processi di idroformilazione, ossidazione selettiva, idratazione, alogenazione.

Prodotti finali. [4 ore]

Cenni sui processi di trasformazione dei petrolderivati in alcuni prodotti finiti di origine petrolchimica (detergenti, fibre, polimeri).

ESERCITAZIONI. Le esercitazioni consistono in applicazioni, eventualmente in laboratorio, dei concetti sviluppati a lezione e in visite a complessi industriali che sviluppano processi petrolchimici.

BIBLIOGRAFIA

C. Giavarini, A. Girelli, *Tecnologia del petrolio*, Siderea, Roma.

C. Giavarini, A. Girelli, *Petrochimica*, Siderea, Roma.

Traccia di tutto il corso che il docente consegna agli studenti all'inizio dello stesso.

R5740 Telerilevamento

Anno: periodo 4,5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Giuliano Comoglio

Il termine telerilevamento significa letteralmente rilevamento a distanza. In questo corso vengono impartiti i principali concetti teorici e pratici relativi all'estrazione da dati, acquisiti da piattaforma aerea o satellitare, di informazioni di tipi geometrico, radiometrico e spettrale.

Ampio spazio viene anche dedicato al problema della rappresentazione del territorio. Il telerilevamento resta l'elemento di base essenziale per la corretta interpretazione dei fenomeni che interagiscono con il territorio.

Questa disciplina fornisce gli strumenti di base generali indispensabili per chi dovrà occuparsi della corretta gestione del territorio e si pone come completamento della formazione nel campo delle scienze del rilevamento (*Topografia, Fotogrammetria, Cartografia numerica*).

REQUISITI

Si richiede allo studente il possesso delle nozioni fornite dai corsi di *Fondamenti di informatica, Topografia* e possibilmente *Cartografia numerica* e *Fotogrammetria*.

PROGRAMMA

Principi di fisica. [16 ore]

Leggi fisiche della radiazione, corpo nero, legge di Kirchhoff, radiometria, fotometria, geometria della radiazione, colorimetria, interazione tra radiazione e atmosfera, tra materia e energia, emissione termica, tipi di superfici, diffilisione e diffusione dei mezzi naturali.

Trattamento delle immagini. [18 ore]

Immagini e risoluzione, contrasto, potere risolvete, scala, concetto di risoluzione, appunti di fotografia, strumenti ottico-elettronici di ripresa e restituzione, elementi di fotointerpretazione, elaborazione di immagini digitali, correzioni radiometriche, tecniche di enfattizzazione, filtri digitali, classificazione manuale e semiautomatica.

Sistemi e sensori. [6 ore]

Satelliti Landsat, Spot, Ers, satelliti meteorologici e oceanografici.

Telerilevamento ed energia termica. [4 ore]

Proprietà termiche degli oggetti, geometria delle immagini, sistemi di scansione, tecniche di interpretazione.

Telerilevamento nelle microonde. [4 ore]

Geometria delle immagini, lunghezze d'onda, penetrazione, polarizzazione, direzione di presa, sistemi SLAR e SAR, equazione radar, umidità e rugosità delle superfici.

Applicazioni del telerilevamento. [12 ore]

Vegetazione, idrologia e geologia, uso del suolo, sistemi informativi territoriali.

ESERCITAZIONI

Utilizzo di software per il trattamento delle immagini. [8 ore]

Analisi dei software disponibili.

Analisi geometriche e radiometriche di immagini digitali. [8 ore]

Principali elaborazioni geometriche e radiometriche di immagini digitali.

Analisi di problemi ambientali mediante l'uso del telerilevamento. [44 ore]

Approccio metodologico nello studio di un problema di natura ambientale (generalmente vengono presentati diversi temi su di cui gli allievi sperimenteranno le nozioni teorico-pratiche acquisite).

BIBLIOGRAFIA

Brivio, Lechi, Zilioli, *Il telerilevamento da aereo e da satellite*, Delfino, Sassari, 1993.
Campbell, *Introduction to remote sensing*, Guilford, New York, 1987.

ESAME

L'esame è suddiviso in una prova scritta (relazione) e una prova orale. La prova scritta consiste in una relazione finale sull'attività svolta dal candidato durante la terza parte delle esercitazioni. La prova orale comprende una serie di domande riguardanti il programma svolto durante le lezioni e le esercitazioni del corso. Ad essa si accede solo se la relazione scritta ha avuto esito positivo.

R5750 Telerilevamento e diagnostica elettromagnetica

Anno:periodo 5:1 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2(0)+2(4) (ore settimanali)
Docente: Giovanni Perona

Il corso intende fornire una panoramica esauriente sull'intero processo di acquisizione, elaborazione ed uso dei dati ambientali telerilevati.

Verranno considerati dati telerilevati, da satelliti o altre piattaforme, mediante strumenti di acquisizione sensibili alla radiazione elettromagnetica ed il loro confronto con dati acquisiti in maniera puntuale da stazioni di rilevamento distribuite sul territorio collegate ad un unico sistema di telecontrollo ambientale. Verranno inoltre descritte le principali metodiche di diagnostica elettromagnetica applicate all'ambiente.

Il corso, di carattere interdisciplinare, anche se svolto nell'ambito del corso di laurea in Elettronica, potrà essere seguito da studenti di altri corsi di laurea, in quanto i prerequisiti sono di carattere generale (fisica, analisi matematica ed elementi di informatica).

REQUISITI. *Fisica 1 e 2*, corsi di matematica del biennio, corsi di informatica del biennio, *Calcolo numerico* (consigliato).

PROGRAMMA

I Problematiche, metodologie e caratteristiche del telerilevamento. [6 ore]

Introduzione al telerilevamento da satellite ed al suolo.

Introduzione agli IGIS (Integrated Geographical Information Systems).

Sistemi informativi geografici integrati per l'uso combinato di dati territoriali di tipo tradizionale e dati telerilevati (da satellite e non).

II Fondamenti teorici. [26 ore]

Radiometria.

Sistemi ottici.

Struttura dell'atmosfera terrestre.

Scattering ed assorbimento in atmosfera: concetti di assorbimento e di *scattering*; formazione delle linee di assorbimento ed emissione; assorbimento nell'ultravioletto, nel visibile, nell'infrarosso e nelle microonde; *scattering* di Rayleigh; *scattering* di Mie.

Teoria del trasferimento radiativo in atmosfera: grandezze fisiche significative; deduzione dell'equazione generale del trasferimento radiativo.
Equazione del trasferimento radiativo (RTE) in atmosfera a piani paralleli; problemi riguardanti le soluzioni analitiche e numeriche della RTE.

III Diagnostica elettromagnetica. [10 ore]

(Proprietà degli oggetti e loro firme spettrali).

Firme spettrali dall'ultravioletto al vicino e medio infrarosso: acqua, suolo nudo, vegetazione, neve e ghiaccio.

Superfici lambertiane e non.

Scattering da superfici ruvide e firme spettrali a microonde.

IV Sistemi satellitari, sensori e strumentazione. [10 ore]

Orbite satellitari.

Sistemi satellitari: LANDSAT, SPOT, MOS, SEASAT, ERS-1, ERS-2, J-ERS1, METEOSAT, TIROS NOAA, NIMBUS, etc.

Sensori e strumenti passivi (radiometri, scanner multispettrali, etc.).

Sensori e strumenti attivi a microonde (SAR, radar-altimetri, radar meteorologici, etc.).

Sensori e strumenti attivi a frequenze ottiche (LIDAR, DOASS, FTIR, etc.).

V Elaborazione, analisi ed interpretazione dei dati telerilevati. [14 ore]

Problematiche di georeferenziazione: il Global Positioning System (GPS).

Preelaborazioni: correzioni geometriche, georeferenziazione e correzioni atmosferiche.

Interpretazione e validazione dei dati telerilevati.

Tecniche di *image processing* di immagini digitali.

Classificazione tematica (e riconoscimento automatico di particolari strutture) a partire dai dati telerilevati: classificazione assistita (metodo del parallelepipedo, metodo della minima distanza dal valor medio, criterio di massima verosimiglianza) e non assistita (cenni di *cluster analysis*).

Analisi delle componenti principali e monitoraggio dei cambiamenti.

ESERCITAZIONI [14 ore]

Le esercitazioni in aula riguarderanno ciascuno degli argomenti presentati nel corso a partire dal punto II. Vi saranno poi alcune esercitazioni in aula propedeutiche a quelle effettuate sul calcolatore durante le ore di laboratorio.

LABORATORIO

[4 ore ciascuna, 2 squadre]

1. Introduzione agli IGIS (Integrated Geographic Information System): dati geografici e loro rappresentazione digitale, strutture *raster* e *vector*, presentazione di *software* per IGIS.
2. Visualizzazione di mappe *raster* (immagini multispettrali, di radar ad apertura sintetica, di radarmeteorologico) e *vector* (ad esempio dati meteorologici e di inquinamento da centraline).
3. Ricerca per localizzazione e ricerca per attributo su immagini *raster* e *vector*.
4. Algebra delle mappe *raster* ed esempi applicativi.
5. Analisi di modelli numerici del terreno per applicazioni radarmeteorologiche: calcolo di pendenze ed orientamento, calcolo dei punti in vista da un determinato sito, calcolo dell'angolo di incidenza di fasci radar, determinazione degli spartiacque, simulazione del *ground clutter*.
6. Interpretazione di immagini acquisite da *scanner* multispettrali e da radar ad apertura sintetica.
7. Confronto tra diversi indici di vegetazione.
8. Classificazione tematica di mappe satellitari: procedure *supervised* (metodo del

parallelepipedo, metodo della minima distanza dal valor medio, criterio di massima verosimiglianza) ed *unsupervised (cluster analysis)*.

9. Analisi delle componenti principali e monitoraggio dei cambiamenti.

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

C. Elachi, *Introduction to the physics and techniques of remote sensing*, Wiley, 1987.

Testo ausiliario:

A.P. Cracknell, L.W.B. Hayes, *Introduction to remote sensing*, Taylor & Francis, 1991.

ESAME. Scritto per i primi tre appelli (febbraio e marzo) e qualora il numero degli iscritti all'appello sia superiore a 15.

R5880 Teoria e tecnica della circolazione

Anno/periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+4 (ore settimanali)

Docente: Mario Villa (collab.: Francesco Iannelli)

Il corso si propone di fornire le conoscenze teoriche e le tecniche applicative necessarie ad affrontare e risolvere i principali problemi relativi al traffico e alla circolazione delle persone e dei veicoli sia nella fase di formazione della domanda di spostamento che nella fase di movimento e sosta. Si affrontano altresì gli argomenti della modellizzazione dei fenomeni della mobilità urbana e delle tecniche per il loro uso nella pianificazione della circolazione, delle indagini sulla domanda di spostamenti avendo come riferimento la redazione dei Piani Urbani del Traffico previsti dal Codice della strada e dalla sua normativa, con riferimento agli obiettivi che lo stesso codice delinea (fluidità, sicurezza, qualità dell'ambiente, riduzione dell'inquinamento). Infine vengono trattate le questioni della applicazione dei piani e delle procedure di valutazione di efficacia ed efficienza delle politiche adottate.

REQUISITI. Opportuna la frequenza di *Tecnica ed economia dei trasporti*.

PROGRAMMA

[1. settimana]

1. *La pianificazione della mobilità e della circolazione*. Le relazioni fra il sistema economico e territoriale e la mobilità.
2. La generazione della domanda di mobilità espressa dal territorio. I fenomeni della crescita urbana e le variabili fondamentali. I sistemi urbani lavoro-residenze e servizi. La mobilità urbana.
3. La sequenza delle procedure di pianificazione: la definizione degli obiettivi, dei vincoli e degli scenari. Le variabili economiche, urbanistiche, tecnologiche e comportamentali.

[2. sett.]

4. La generazione della mobilità: Le indagini O/D: a larga scala, alla scala urbana, alla scala microurbana, le indagini ISTAT.

- [3. sett.]
5. La modellistica di generazione degli spostamenti.
 6. I fenomeni della interattività economica e della mobilità. I fenomeni gravitazionali. I fenomeni della integrazione delle funzioni in rete e la mobilità di rete.
 7. La modellistica dei fenomeni interattivi: gravitazionale, etc. I fenomeni dissuasivi.
- [4. sett.]
8. La distribuzione degli spostamenti sul territorio e alla scala urbana: modelli di interazione spaziale a semplice doppio vincolo, le matrici di calibrazione, le matrici dei tempi. I modelli di Fratar. Il modello di equilibrio preferenziale.
 9. Il sistema dell'offerta: l'offerta di infrastrutture e di servizi di trasporto.
 10. La determinazione quantitativa e qualitativa della offerta.
- [5. sett.]
11. La teoria della capacità delle strade.
Teoria del deflusso ininterrotto. Modelli deterministici, modello di Greenberg o General Motor, modelli lineari e modelli quadratici;
tecniche di stima della capacità delle sezioni stradali. Il manuale HCM;
le rilevazioni di flusso, le indagini di flusso, il trattamento dei dati e gli archivi;
le tecniche e le tecnologie del rilevamento.
- [6. sett.]
12. *La regolazione delle intersezioni.* Le intersezioni e il flusso interrotto.
La geometria delle intersezioni: a raso, a più livelli, a rotonda, le rampe, le immissioni e le diversioni. *Software* applicativo.
La regolazione delle intersezioni: la regolazione passiva e la regolazione attiva.
Principi di regolazione: il *software* applicativo.
 13. La teoria del flusso veicolare interrotto: gli itinerari regolati con sistemi semaforici, il *software* applicativo.
- [7. sett.]
14. Il comportamento dell'utente: la scelta dei percorsi e la scelta dei modi di trasporto. La scelta economica. I modelli di costo e di costo generalizzato, i modelli di opportunità.
 15. La scelta intramodale degli itinerari, e la scelta intermodale. La modellistica di assegnazione: modelli lineari, modelli deterministici, modelli probabilistici. Il modello LOGIT.
 16. Le tecniche previsionali. Le stime e la valutazione delle stime. La ricerca dei dati, la stima delle matrici.
- [8. sett.]
17. *La segnaletica stradale:* l'efficacia e la visibilità. Il posizionamento, il distanziamento, il dimensionamento, i caratteri, i colori.
 18. *La sicurezza e l'incidentalità.* L'analisi della sicurezza, la rilevazione degli incidenti, la statistica e la casistica incidentale, il verbale di incidente stradale. L'organizzazione del rilevamento e della archiviazione.
- [9. sett.]
19. *La questione ambientale.* La normativa. Le emissioni di inquinanti atmosferici e sonori. La modellistica di diffusione, la modellistica di simulazione. Le normative nazionali. La VIA per il traffico e la circolazione
- [10. e 11. sett.]
20. *La valutazione delle politiche sul traffico*
L'analisi C/B. La considerazione delle variabili economiche e territoriali.
L'analisi M/C. I sistemi multipreferenziali e le tecniche di valutazione.
- [12. e 13. sett.]
21. La legislazione e la normativa
Il Codice della strada e l'art. 36.
La circolare 2575/1984.
La legislazione ambientale e della fluidificazione.
La questione della sosta e la legge Tognoli per i Programmi Urbani dei Parcheggi.

ESERCITAZIONI

Le esercitazioni sono articolate in tre sezioni principali che fanno riferimento ad argomenti trattati nel corso e richiamano e sviluppano conoscenze e tecniche propedeutiche alla risoluzione dei problemi delle indagini sul traffico e della circolazione. In particolare:

[1.-4. settimana]

Elementi di statistica necessari per la ricerca, l'analisi, l'elaborazione e la validazione dei dati usualmente utilizzati nelle indagini sulla mobilità e sul traffico. Sono previste numerose applicazioni numeriche.

[4.-8. settimana]

Modellistica di pianificazione con introduzione all'uso di *software* applicativo e modellistica di valutazione delle decisioni e degli investimenti.

[9.-13. settimana]

Modellistica di regolazione delle intersezioni con sviluppo della intera sequenza operativa completa di rilevamento dati e di progettazione delle fasi di regolazione di intersezioni singole e coordinate mediante *software* applicativo.

LABORATORIO. Le esercitazioni prevedono fasi di ricerca dati sul campo e di elaborazione dei dati in laboratorio informatico.

BIBLIOGRAFIA

Testi di riferimento:

Il materiale didattico, testi in fascicoli, copie di *slides* e varie, sarà distribuito nel corso delle lezioni e delle esercitazioni. Sono inoltre disponibili, in fotocopia:

M. Villa, *Tecnica del traffico e della circolazione*.

M. Villa, *Elementi di economia urbana*.

Testo ausiliario:

M. Olivari, *Elementi di teoria e tecnica della circolazione stradale*, Angeli.

ESAME

Le esercitazioni vengono concluse con la predisposizione di un lavoro di squadra che percorre gli argomenti principali del corso con l'utilizzazione di strumenti e tecniche di rilievo ed elaborazione al calcolatore anche a casa.

La valutazione viene effettuata sulla qualità della esercitazione e del lavoro svolto e presentato e sull'esame orale.

R6060 **Trattamento dei solidi**

Anno: periodo 5:2 Lezioni, esercitazioni, laboratori: 4+2+2 (ore settimanali)

Docente: Carlo Clerici

La disciplina concerne i principi ed i processi, di carattere essenzialmente fisico, utilizzabili per l'elaborazione di grezzi minerari e di sostanze artificiali solide in pezzatura, al fine di variarne la granulometria, lo stato di aggregazione ed allo scopo di separarne i costituenti. La finalità del corso è tecnico-professionale per il campo estrattivo e vari campi collaterali (metallurgia, costruzioni civili e stradali, industrie dei leganti, delle ceramiche, dei laterizi ecc.).

REQUISITI

Le nozioni propedeutiche si traggono dagli insegnamenti di *Chimica e Fisica*.

PROGRAMMA

1. Richiami sulle proprietà fisiche dei materiali solidi, in relazione alle possibilità di frammentazione, di classificazione per dimensioni e per densità, di separazione in funzione di varie proprietà fisiche. Relative rappresentazioni grafiche ed analitiche: diagrammi granulometrici, curve di lavabilità, rese, ripartizioni, recuperi.
2. La liberazione dei costituenti di un grezzo mediante comminuzione.
3. La comminuzione. Principi e realizzazioni dei circuiti di frantumazione, triturazione, macinazione. I frantumatori a mascelle, rotativi, ad urto e martelli. I trituratori. I molini a tamburo rotante. Il carico circolante dei circuiti di macinazione. La macinazione a secco.
4. La classificazione per dimensioni. La vagliatura industriale. Il movimento dei solidi nei fluidi. La classificazione in corrente fluida: sedimentazione, classificazione in controcorrente ed in campo centrifugo, separazione a vento.
5. La separazione industriale per densità: *sink-float*, crivelli idraulici e pneumatici, tavole ad aria ed in sottile velo d'acqua.
6. La flottazione. La teoria dei fenomeni di superficie in flottazione: aspetti fisici ed aspetti chimici. I reagenti: collettori, attivanti, deprimenti, modificatori, schiumeggianti. La cinetica. Le celle di flottazione ed i relativi circuiti (sgruzzamento, esaurimento, rilavaggi, il riciclo dei misti).
7. La separazione magnetica: principi di teoria e gli apparecchi separatori a basso, medio ed alto campo. La separazione elettrica: i separatori a conduttanza, ad effetto triboelettrico, ad induzione.
8. Le separazioni con metodi speciali: cernita, comminuzione differenziale, termoadesione, separazione per forma, ecc.
9. Le operazioni accessorie negli impianti di trattamento: campionatura, addensamento, filtrazione, dosaggio. La gestione degli impianti di trattamento; l'analisi continua e l'automazione dei processi.
10. Esempi di schemi di trattamento di grezzi minerari e scarti industriali.

ESERCITAZIONI

1. Calcolo della convenienza economica di un'operazione di trattamento. [1 ora]
2. Esami granulometrici per aggregati per calcestruzzo. [1 ora]
3. Rappresentazioni schematiche di cicli di trattamento. [1 ora]
4. Proporzionamento di un impianto di comminuzione e classificazione di aggregati. [8 ore]
5. Proporzionamento di un impianto di macinazione. [2 ore]
6. Proporzionamento di un impianto di separazione in mezzo denso. [2 ore]
7. Proporzionamento di un addensatore. [2 ore]
8. Proporzionamento di un impianto di flottazione. [2 ore]

LABORATORIO

1. Confronto tra determinazioni teoriche e saggi pratici di campionatura. [2 ore]
2. Esame granulometrico di un prodotto di comminuzione. [2 ore]
3. Esame del grado di liberazione di un grezzo mediante microscopia ottica. [4 ore]
4. Esame densimetrico di un carbone. [4 ore]
5. Esame delle prestazioni di un frantumatore. [2 ore]
6. Esame dell'efficienza di un vibrovaglio. [2 ore]
7. Esame delle prestazioni di molini cilindrici. [2 ore]
8. Applicazione di un idroclassificatore a controcorrente per la classificazione di un granulato quarzoso. [4 ore]
9. Arricchimento di un grezzo a pirite con crivello da laboratorio. [4 ore]
10. Arricchimento di una sabbia litoranea con tavola a scosse. [4 ore]
11. Saggio di arricchimento mediante separazione magnetica. [2 ore]
12. Saggio di flottazione su di un grezzo a solfuri. [4 ore]

BIBLIOGRAFIA

Testo di riferimento:

A. Frisa Morandini, *Dispense di Preparazione dei minerali*.

Testo ausiliario:

B.A. Wills, *Mineral processing technology*, Pergamon, Oxford, 1979.

ESAME. Esame orale e valutazione degli elaborati di esercitazioni e laboratori.

Tavola alfabetica dei docenti

Docente (dipartimento) // codice : corso [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

Prof. **Giuseppina Acquarone** (Scienza dei materiali e ing. chimica)

p. 39 R5570 : *Tecnologia dei materiali e chimica applicata* [2,3:1]

Prof. **Paolo Allia** (Fisica)

p. 27 R1901 : *Fisica I* [1:2]

TEL 564'7336. Orario di ricevimento: martedì 14:30-16:30.

Prof. **Enrico Antonelli** (Energetica)

p. 99 R1820 : *Energetica applicata* [4:1]

Orario di ricevimento: viene fissato di anno in anno e viene affisso nella bacheca del Dipartimento; anche le ore di esercitazione sono utilizzabili a questo scopo.

Prof. **Ernesto Armando** (Georisorse e territorio)

p. 59 R2250 : *Geofisica mineraria* [4,5:1]

TEL 564'7669. Orario di ricevimento: lunedì 8:30-12:30.

Prof. **Giovanni Badino** (Georisorse e territorio)

p. 75 R1460 : *Economia applicata all'ingegneria* [5:1]

TEL 564'7628. Orario di ricevimento: esposto in bacheca.

Prof. **Enrico Ballatore** (Ing. strutturale)

p. 51 R4600 : *Scienza delle costruzioni* [3:1]

Orario di ricevimento: viene indicato all'inizio di ogni periodo didattico (due ore, un giorno alla settimana). Durante lo svolgimento del corso vengono fissati due incontri collettivi per chiarimenti didattici di interesse generale.

Prof. **Giampiero Barisone** (Georisorse e territorio)

p. 79 R0214 : *Analisi e riconoscimento dei minerali 2* [5:1]

116 R2283 : *Geologia applicata (territoriale)* [3:2]

167 R4560 : *Rilevamento geologico tecnico* [5:2]

Prof. **Giovanni Barla** (Ing. strutturale)

p. 64 R3340 : *Meccanica delle rocce* [4,5:1]

Orario di ricevimento: verrà comunicato all'inizio del corso.

Prof. **Barbara Betti** (Georisorse e territorio)

p. 44 R6021 : *Topografia A* [2:2]

TEL 564'7700. Orario di ricevimento: martedì 14:30-16:30.

Docente (dipartimento) // codice : corso [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

Prof. **Basilio Bona** (*Ing. automatica e informatica*)

p. 152 R 3790 : *Modellistica e controllo dei sistemi ambientali* [5:2]

TEL 564'7023, EM bona@polito.it. Orario di ricevimento: due ore alla settimana, in orario che verrà definito a lezione, oppure su appuntamento telefonico.

Prof. **Giannantonio Bottino** (*Georisorse e territorio*)

p. 114 R 228 2 : *Geologia applicata (tecnica)* [3:2]

Prof. **Enzo Buffa** (*Idraulica, trasporti e infrastrutture civili*)

p. 49 R 2490 : *Idraulica* [3:1]

TEL 564'5662. Orario di ricevimento: di norma il martedì, 9-12.

Prof. **Claudio Cancelli** (*Ing. aeronautica e spaziale*)

p. 105 R 2090 : *Fluidodinamica ambientale* [3:2]

TEL 564'6815. Orario di ricevimento: viene concordato con gli studenti.

Prof. **Gianfranco Capiluppi** (*Idraulica, trasporti e infrastrutture civili*)

p. 90 R 1002 : *Costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti 2* [5:2]

TEL 564'5625. Orario di ricevimento: mercoledì 11-12, venerdì 11-12:30. (Alberto Vivaldi: TEL 564'5624).

Prof. **Guido Caposio** (*Idraulica, trasporti e infrastrutture civili*)

p. 130 R 2680 : *Impianti e cantieri viari* [5:1]

TEL 564'5624. Orario di ricevimento: martedì 10:30-13:30. (G. Boffa: TEL 564'5625).

Prof. **Fulvia Chiampo** (*Scienza dei materiali e ing. chimica*)

p. 128 R 266 1 : *Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 1* [5:1]

Orario di ricevimento: lunedì 16:30-18:30.

Prof. **Massimo Civita** (*Georisorse e territorio*)

p. 111 R 228 1 : *Geologia applicata (ambientale)* [3:2]

124 R 2530 : *Idrogeologia applicata* [5:1]

TEL 564'7643. Orario di ricevimento: lunedì, venerdì 9-10.

Prof. **Carlo Clerici** (*Georisorse e territorio*)

p. 164 R 4470 : *Recupero delle materie prime secondarie* [5:1]

187 R 6060 : *Trattamento dei solidi* [5:2]

TEL 564'7614. Orario di ricevimento: martedì 11-12, oltre che a richiesta.

Prof. **Marco Codegone** (*Matematica*)

p. 21 R 023 1 : *Analisi matematica I* [1:1]

Docente (dipartimento) // codice : corso [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

Prof. **Giuliano Comoglio** (*Georisorse e territorio*)

- p. 83 R 0580 : *Cartografia numerica* [5:1]
 181 R 5740 : *Telerilevamento* [4,5:2]
 46 R 6022 : *Topografia B* [2,3:2]

Orario di ricevimento: giovedì 9-12.

Prof. **Adelmo Crotti** (*Idraulica, trasporti e infrastrutture civili*)

- p. 176 R 5490 : *Tecnica ed economia dei trasporti* [5:1]

TEL 564'5602. Orario di ricevimento: mercoledì 9-12. (C. Pronello, B. Scuero: TEL 564'5613).

Prof. **Nicolò D'Alfio** (*Ing. meccanica*)

- p. 97 R 1660 : *Elementi di meccanica teorica e applicata* [2:2]

TEL 564'6928. Orario di ricevimento: martedì 10:30-12:30.

Prof. **Carlo De Palma** (*Idraulica, trasporti e infrastrutture civili*)

- p. 68 R 1000 : *Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti* [4,5:2]

TEL 564'5623,24,25. Orario di ricevimento: martedì e giovedì 10:30-12:30.

Prof. **Otello Del Greco** (*Georisorse e territorio*)

- p. 136 R 2840 : *Indagini e controlli geotecnici* [5:2]
 157 R 3970 : *Principi di geotecnica* [4:1]

TEL 564'7609. (C. Oggeri TEL 564'7609, A.M. Ferrero TEL 564'7678).

Prof. **Giovanni Del Tin** (*Energetica*)

- p. 168 R 4740 : *Sicurezza e analisi di rischio* [4,5:2]

Prof. **Sergio Dequal** (*Georisorse e territorio*)

- p. 106 R 2190 : *Fotogrammetria* [4:1]

TEL 564'7663. Orario di ricevimento: senza formalità: consigliato preavviso telefonico. (Ing. Rinaudo: TEL 564'7659).

Prof. **Enrico Desideri** (*Ing. dei sistemi edilizi e territoriali*)

- p. 156 R 3920 : *Pianificazione e gestione delle aree metropolitane* [5:2]
 177 R 5510 : *Tecnica urbanistica* [4:2]

Prof. **Antonio Di Molfetta** (*Georisorse e territorio*)

- p. 137 R 2900 : *Ingegneria degli acquiferi* [5:1]
 140 R 2920 : *Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi* [5:2]

TEL 564'7641. (R. Romagnoli: TEL 564'7617).

Prof. **Michele Di Natale** (*Idraulica, trasporti e infrastrutture civili*)

- p. 61 R 2550 : *Idrologia tecnica* [4,5:1]

TEL 564'5670. Orario di ricevimento: martedì e mercoledì mattina.

Docente (dipartimento) // codice : corso [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

Prof. **Mauro Fornaro** (*Georisorse e territorio*)

p. 84 R0600: *Cave e recupero ambientale* [5:1]

TEL 564'7652. Orario di ricevimento: giovedì 15-17.

Prof. **Angelica Frisa Morandini** (*Georisorse e territorio*)

p. 150 R3595: *Mineralogia e petrografia + Caratterizzazione tecnologica delle materie prime* [2:2]

TEL 564'7614. Orario di ricevimento: martedì 8:30-10:30.

Prof. **Giulio Gecchele** (*Georisorse e territorio*)

p. 66 R1794: *Elettrotecnica* [4:2]

134 R6134: *Impianti minerari* [4:2]

(141) RA160: *Ingegneria della sicurezza antincendio* [5:2]

Prof. **Giuseppe Genon** (*Scienza dei materiali e ing. chimica*)

p. 87 R0660: *Chimica industriale* [4:1]

92 R1220: *Dinamica degli inquinanti* [5:2]

160 R4030: *Processi biologici industriali* [5:1]

TEL 564'4630. (Franco Marchese: 4679).

Prof. **Vito Nicola Ghionna** (*Georisorse e territorio*)

p. 88 R0820: *Consolidamento dei terreni* [5:1]

TEL 564'7696.

Prof. **Gian Paolo Giani** (*Georisorse e territorio*)

p. 72 R5150: *Stabilità dei pendii* [4,5:2]

TEL 564'7678. lunedì 10:30-12:30. (M. Ferrero: mercoledì 16:30-18:30).

Prof. **Luigi Goffi** (*Ing. strutturale*)

p. 74 R5460: *Tecnica delle costruzioni* [4,5:2]

Prof. **Giuseppe Gozzelino** (*Scienza dei materiali e ing. chimica*)

p. 179 R5610: *Tecnologia del petrolio e petrolchimica* [4:1]

TEL 564'4652. Orario di ricevimento: mercoledì 16:30-17:30.

Prof. **Nicola Innaurato** (*Georisorse e territorio*)

p. 66 R0930: *Costruzione di gallerie* [4,5:2]

TEL 564'7670. Orario di ricevimento: martedì e giovedì 10:30-12:30. (D. Peila: TEL 564'7607).

Prof. **Michele Jamiolkowski** (*Ing. strutturale*)

p. 56 R2340: *Geotecnica* [3,5:2]

Docente (*dipartimento*) // codice : *corso* [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

Prof. **Evasio Lavagno** (*Energetica*)

p. 145 R 3090 : *Localizzazione dei sistemi energetici* [5:1]

Prof. **Antonio Lioy** (*Ing. automatica e informatica*)

p. 29 R 2170 : *Fondamenti di informatica* [1:2]

TEL 564'7021, EM a.lioy@polito.it.

Prof. **Carla Lombardi** (*Energetica*)

p. 102 R 2060 : *Fisica tecnica* [3:1]

TEL 564'4430. Orario di ricevimento: legato all'attività didattica del semestre.

Prof. **Angelo Lucchini** (*Ing. dei sistemi edilizi e territoriali*)

p. 80 R 0330 : *Architettura tecnica* [3:2]

TEL 564'5323. Orario di ricevimento: martedì 12:30-14:30.

Prof. **Renato Mancini** (*Georisorse e territorio*)

p. 138 R 2910 : *Ingegneria degli scavi* [3:2]

TEL 564'7653. Orario di ricevimento: da lunedì a venerdì.

Prof. **Salvatore Mancò** (*Energetica*)

p. 146 R 3114 : *Macchine* [3:2]

TEL 564'4451. Orario di ricevimento: lunedì 10:30-12:30.

Prof. **Federico Mastrangelo** (*Georisorse e territorio*)

p. 162 R 4390 : *Prospezione geomineraria* [5:2]

Prof. **Giulio Mondini** (*Ing. dei sistemi edilizi e territoriali*)

p. 93 R 6150 : *Economia ed estimo ambientale* [4:1]

TEL 564'5305.

Prof. **Paola Moroni** (*Matematica*)

p. 42 R 0510 : *Calcolo numerico* [2:2]

TEL 564'7503. Orario di ricevimento: martedì 14:30-16:30.

Prof. **Paolo Mosca** (*Idraulica, trasporti e infrastrutture civili*)

p. 62 R 2880 : *Infrastrutture idrauliche* [4,5:1]

TEL 564'5657. Orario di ricevimento: mercoledì 8:30-10:30 (1. periodo didattico); mercoledì 14:30-16:30 (2. per. did.).

Prof. **Maria Franca Norese** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

p. 165 R 4550 : *Ricerca operativa* [5:1]

TEL 564'7279. Orario di ricevimento: venerdì, 10-11, o previo appuntamento.

Docente (dipartimento) // codice : corso [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

Prof. **Giuseppa Novello Massai** (*Ing. dei sistemi edilizi e territoriali*)

p. 38 R 1370 : *Disegno* [2:1,2]

Orario di ricevimento: martedì 10:30-12:30.

Prof. **Gianfranco Olivero** (*Georisorse e territorio*)

p. 111 R 2281 : *Geologia applicata (ambientale)* [3:2]

124 R 2530 : *Idrogeologia applicata* [5:1]

143 R 3080 : *Litologia e geologia* [3:2]

TEL 564'7642. Orario di ricevimento: martedì 9-11.

Prof. **Maurizio Onofrio** (*Scienza dei materiali e ing. chimica*)

p. 48 R 2160 : *Fondamenti di chimica industriale* [2:2]

TEL 564'4629. Orario di ricevimento: tutte le mattine, alle 8, o (previo accordo) in altri momenti.

Prof. **Luciano Orusa** (*Ing. dei sistemi edilizi e territoriali*)

p. 93 R 1360 : *Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche* [5:1]

Prof. **Mario Patrucco** (*Georisorse e territorio*)

p. 126 R 2625 : *Impianti dell'industria di processo + Tecnica della sicurezza ambientale* [4:2]

169 R 4750 : *Sicurezza e difesa ambientale nell'industria estrattiva* [5:1]

(R2625) Orario di ricevimento: mercoledì 18:30-19:30. (R4750) Orario di ricevimento: venerdì 14:30-15:30.

Prof. **Sebastiano Pelizza** (*Georisorse e territorio*)

p. 154 R 3860 : *Opere in sotterraneo* [5:1]

TEL 564'7607.

Prof. **Giovanni Perona** (*Ing. elettronica*)

p. 182 R 5750 : *Telerilevamento e diagnostica elettromagnetica* [5:1]

TEL 564'4067, FAX 564'4015, EM perona@polito.it. Orario di ricevimento: due ore settimanali.

Prof. **Norberto Piccinini** (*Scienza dei materiali e ing. chimica*)

p. 172 R 5440 : *Tecnica della sicurezza ambientale* [5:2]

N. Piccinini: TEL 564'4654, Orario di ricevimento: martedì 16:30-18:30. I. Mazzarino: TEL 564'4555, Orario di ricevimento: giovedì 16:30-18:30. G. Sassi: TEL 564'4654, Orario di ricevimento: martedì 15:30-17:30.

Prof. **Giovanni Picco** (*Ing. dei sistemi edilizi e territoriali*)

p. 88 R 0790 : *Composizione urbanistica* [5:2]

Docente (dipartimento) // codice : corso [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

Prof. **Mario Pinzari** (Georisorse e territorio)

p. 118 R2414 : *Gestione delle aziende estrattive* [5:1]

TEL 564'7639. Orario di ricevimento: martedì, mercoledì 9-13.

Prof. **Mario Quaglia** (Idraulica, trasporti e infrastrutture civili)

p. 77 R0020 : *Acquedotti e fognature* [5:2]

TEL 564'5656.

Prof. **Alberto Quaglino** (Georisorse e territorio)

p. 58 R1640 : *Elementi di ecologia* [4,5:1]

TEL 564'7686, FAX 564'7699. Orario di ricevimento: lunedì 16:30-18:30, mercoledì e giovedì 10:30-12:30.

Prof. **Franco Rodeghiero** (Georisorse e territorio)

p. 94 R1650 : *Elementi di geochimica applicata alla prospezione mineraria* [5:2]

119 R2480 : *Giacimenti minerali* [4:1]

150 R3595 : *Mineralogia e petrografia + Caratterizzazione tecnologica delle materie prime* [2:2]

TEL 564'7625. Orario di ricevimento: lunedì 14:30-16:30.

Prof. **Magda Rolando** (Matematica)

p. 32 R0232 : *Analisi matematica 2* [2:1]

23 R0620 : *Chimica* [1:1]

TEL 564'4674. Orario di ricevimento: lunedì, 14:30-15:30. (R. De Lorenzo: TEL 564'4689. Orario di ricevimento: lunedì 8:30-9:30).

Prof. **Raffaele Romagnoli** (Georisorse e territorio)

p. 170 R5430 : *Tecnica della perforazione petrolifera* [5:1]

TEL 564'7617. Orario di ricevimento: mercoledì mattina.

Prof. **Loretta Rosso** (Ing. dei sistemi edilizi e territoriali)

p. 54 R3040 : *Istituzioni di economia* [3:2]

Prof. **Bernardo Ruggeri** (Scienza dei materiali e ing. chimica)

p. 158 R4000 : *Principi di ingegneria chimica ambientale* [5:1]

Prof. **Luigi Sambuelli** (Georisorse e territorio)

p. 54 R2240 : *Geofisica applicata* [3,5:2]

Prof. **Marcello Schiara** (Idraulica, trasporti e infrastrutture civili)

p. 122 R2510 : *Idraulica fluviale* [4:2]

134 R2800 : *Impianti speciali idraulici* [5:1]

TEL 564'5659. Orario di ricevimento: giovedì 14-17.

Docente (*dipartimento*) // codice : *corso* [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

Prof. **Carmelo Sena** (*Georisorse e territorio*)

p. 108 R 2200 : *Fotogrammetria applicata* [5:2]

TEL 564'7662. Orario di ricevimento: martedì 9-12. .

Prof. **Sebastiano Sordo** (*Idraulica, trasporti e infrastrutture civili*)

p. 121 R 2500 : *Idraulica ambientale* [5:2]

TEL 564'5655. Orario di ricevimento: lunedì 10:30-12:30.

Prof. **Vito Specchia** (*Scienza dei materiali e ing. chimica*)

p. 126 R 2625 : *Impianti dell'industria di processo + Tecnica della sicurezza ambientale* [4:2]

129 R 2662 : *Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 2* [5:2]

Orario di ricevimento: venerdì 8:30-9:30.

Prof. **Aurelia Stepanescu** (*Fisica*)

p. 27 R 1901 : *Fisica I* [1:2]

TEL 564'7336. Orario di ricevimento: giovedì 10:30-14:30.

Prof. **Piera Taverna Valabrega** (*Fisica*)

p. 33 R 1902 : *Fisica 2* [2:1]

TEL 564'7325,7343. Orario di ricevimento: 2 ore per settimana, da concordare con gli studenti all'inizio del semestre.

Prof. **Giulio Tedeschi** (*Matematica*)

p. 25 R 2300 : *Geometria* [1:2]

TEL 564'7521. Orario di ricevimento: mercoledì 15-16.

Prof. **Stefano Tornincasa** (*Sistemi di produzione ed economia dell'azienda*)

p. 36 R 1390 : *Disegno di impianti e di sistemi industriali* [2:1]

Orario di ricevimento: martedì 14:30-18:30. Comunicazioni ed avvisi: "bacheca del disegno" del Dipartimento.

Prof. **Riccardo Varvelli** (*Georisorse e territorio*)

p. 161 R 4100 : *Produzione e trasporto degli idrocarburi* [5:2]

(R. Romagnoli: TEL 564'7617).

Prof. **Gaudenzio Verga** (*Georisorse e territorio*)

p. 70 R 3240 : *Meccanica dei fluidi nel sottosuolo* [4,5:2]

TEL 564'7610. Orario di ricevimento: lunedì-venerdì 9-19, e sabato mattina (con appuntamento).

Docente (*dipartimento*) // codice : *corso* [anno:periodo] // modalità di contatto con gli studenti

Prof. **Bartolomeo Vigna** (*Georisorse e territorio*)

p. 111 R 228 1 : *Geologia applicata (ambientale)* [3:2]

124 R 253 0 : *Idrogeologia applicata* [5:1]

TEL 564'7616. Orario di ricevimento: lunedì, 9-11.

Prof. **Mario Villa** (*Idraulica, trasporti e infrastrutture civili*)

p. 184 R 588 0 : *Teoria e tecnica della circolazione* [5:2]

TEL 564'5603. Orario di ricevimento: lunedì 10:30-12:30, giovedì 8:30-10:30; oppure con preventiva telefonata.

Tavola alfabetica degli insegnamenti

<i>p.</i>	<i>codice</i>	<i>corso [anno:periodo] // docenti</i>
77	R 002 0	Acquedotti e fognature [5:2] Prof. Mario Quaglia
78	R 003 0	Acustica applicata
79	R 021 4	Analisi e riconoscimento dei minerali 2 (ridotto) [5:1] Prof. Giampiero Barisone
21	R 023 1	Analisi matematica 1 [1:1] Prof. Marco Codegone
32	R 023 2	Analisi matematica 2 [2:1] Prof. Magda Rolando
80	R 033 0	Architettura tecnica [3:2] Prof. Angelo Lucchini
82	R 034 5	Arte mineraria + Sicurezza e difesa ambientale nell'industria estrattiva (integrato) [4:2]
42	R 051 0	Calcolo numerico [2:2] Prof. Paola Moroni
83	R 058 0	Cartografia numerica [5:1] Prof. Giuliano Comoglio
84	R 060 0	Cave e recupero ambientale [5:1] Prof. Mauro Fornaro
84	R 060 4	Cave e recupero ambientale (ridotto)
23	R 062 0	Chimica [1:1] Prof. Piero Rolando
87	R 066 0	Chimica industriale [4:1] Prof. Giuseppe Genon
88	R 079 0	Composizione urbanistica [5:2] Prof. Giovanni Picco
88	R 082 0	Consolidamento dei terreni [5:1] Prof. Vito Nicola Ghionna
66	R 093 0	Costruzione di gallerie [4,5:2] Prof. Nicola Innaurato
68	R 100 0	Costruzione di strade, ferrovie ed aeroporti [4,5:2] Prof. Carlo De Palma
90	R 100 2	Costruzioni di strade, ferrovie ed aeroporti 2 [5:2] Prof. Gianfranco Capiluppi
92	R 122 0	Dinamica degli inquinanti [5:2] Prof. Giuseppe Genon
93	R 136 0	Disciplina giuridica delle attività tecnico-ingegneristiche [5:1] Prof. Luciano Orusa

<i>p.</i>	<i>codice</i>	<i>corso [anno:periodo] // docenti</i>
38	R 137 0	Disegno (annuale) [2:1,2] Prof. Giuseppa Novello Massai
36	R 139 0	Disegno di impianti e di sistemi industriali [2:1] Prof. Stefano Tornincasa
75	R 146 0	Economia applicata all'ingegneria [5:1] Prof. Giovanni Badino
93	R 615 0	Economia ed estimo ambientale [4:1] Prof. Giulio Mondini
58	R 164 0	Elementi di ecologia [4,5:1] Prof. Alberto Quaglino
94	R 165 0	Elementi di geochimica applicata alla prospezione mineraria [5:2] Prof. Franco Rodeghiero
97	R 166 0	Elementi di meccanica teorica e applicata [2:2] Prof. Nicolò D'Alfio
57	R 179 0	Elettrotecnica [4:1]
66	R 179 4	Elettrotecnica (ridotto) [4:2] Prof. Giulio Gecchele
99	R 182 0	Energetica applicata [4:1] Prof. Enrico Antonelli
27	R 190 1	Fisica 1 [1:2] Prof. Paolo Allia, Aurelia Stepanescu
33	R 190 2	Fisica 2 [2:1] Prof. Piera Taverna Valabrega
102	R 206 0	Fisica tecnica [3:1] Prof. Carla Lombardi
105	R 209 0	Fluidodinamica ambientale [3:2] Prof. Claudio Cancelli
48	R 216 0	Fondamenti di chimica industriale [2:2] Prof. Maurizio Onofrio
29	R 217 0	Fondamenti di informatica [1:2] Prof. Antonio Lioty
106	R 219 0	Fotogrammetria [4:1] Prof. Sergio Dequal
108	R 220 0	Fotogrammetria applicata [5:2] Prof. Carmelo Sena
110	R 201 0	Geofisica ambientale [4:2]
54	R 224 0	Geofisica applicata [3,5:2] Prof. Luigi Sambuelli
54	R 224 5	Geofisica applicata + rilevamento geologico tecnico (integrato)
59	R 225 0	Geofisica mineraria [4,5:1] Prof. Ernesto Armando

<i>p.</i>	<i>codice</i>	<i>corso [anno:periodo] // docenti</i>
111	R 228 1	Geologia applicata (ambientale) [3:2] Prof. Massimo Civita, Gianfranco Olivero, Bartolomeo Vigna
114	R 228 2	Geologia applicata (tecnica) [3:2] Prof. Giannantonio Bottino
116	R 228 3	Geologia applicata (territoriale) [3:2] Prof. Giampiero Barisone
25	R 230 0	Geometria [1:2] Prof. Giulio Tedeschi
56	R 234 0	Geotecnica [3,5:2] Prof. Michele Jamiolkowski
118	R 241 4	Gestione delle aziende estrattive (ridotto) [5:1] Prof. Mario Pinzari
119	R 248 0	Giacimenti minerali [4:1] Prof. Franco Rodeghiero
49	R 249 0	Idraulica [3:1] Prof. Enzo Buffa
121	R 250 0	Idraulica ambientale [5:2] Prof. Sebastiano Sordo
122	R 251 0	Idraulica fluviale [4:2] Prof. Marcello Schiara
124	R 253 0	Idrogeologia applicata [5:1] Prof. Massimo Civita, Gianfranco Olivero, Bartolomeo Vigna
61	R 255 0	Idrologia tecnica [4,5:1] Prof. Michele Di Natale
126	R 262 5	Impianti dell'industria di processo + Tecnica della sicurezza ambientale (integrato) [4:2] Prof. Mario Patrucco, Vito Specchia
128	R 266 1	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 1 [5:1] Prof. Fulvia Chiampo
129	R 266 2	Impianti di trattamento degli effluenti inquinanti 2 [5:2] Prof. Vito Specchia
130	R 268 0	Impianti e cantieri viari [5:1] Prof. Guido Caposio
134	R 613 4	Impianti minerali (ridotto) [4:2] Prof. Giulio Gecchele
134	R 280 0	Impianti speciali idraulici [5:1] Prof. Marcello Schiara
136	R 284 0	Indagini e controlli geotecnici [5:2] Prof. Otello Del Greco
62	R 288 0	Infrastrutture idrauliche [4,5:1] Prof. Paolo Mosca
137	R 290 0	Ingegneria degli acquiferi [5:1] Prof. Antonio Di Molfetta

<i>p.</i>	<i>codice</i>	<i>corso [anno:periodo] // docenti</i>
138	R 291 0	Ingegneria degli scavi [3:2] Prof. Renato Mancini
140	R 292 0	Ingegneria dei giacimenti di idrocarburi [5:2] Prof. Antonio Di Molfetta
(141)	R A16 0	Ingegneria della sicurezza antincendio [5:2] Prof. Giulio Gecchele
141	R 614 0	Ingegneria sanitaria-ambientale [5:1]
54	R 304 0	Istituzioni di economia [3:2] Prof. Loretta Rosso
143	R 308 0	Litologia e geologia [3:2] Prof. Gianfranco Olivero
145	R 309 0	Localizzazione dei sistemi energetici [5:1] Prof. Evasio Lavagno
146	R 311 4	Macchine (ridotto) [3:2] Prof. Salvatore Mancò
70	R 324 0	Meccanica dei fluidi nel sottosuolo [4,5:2] Prof. Gaudenzio Verga
64	R 334 0	Meccanica delle rocce [4,5:1] Prof. Giovanni Barla
148	R 334 2	Meccanica delle rocce 2 [5:2]
150	R 359 5	Mineralogia e petrografia + Caratterizzazione tecnologica delle materie prime (integrato) [2:2] Prof. Angelica Frisa Morandini, Franco Rodeghiero
152	R 379 0	Modellistica e controllo dei sistemi ambientali [5:2] Prof. Basilio Bona
154	R 386 0	Opere in sotterraneo [5:1] Prof. Sebastiano Pelizza
155	R 390 4	Petrografia (ridotto) [5:1]
156	R 392 0	Pianificazione e gestione delle aree metropolitane [5:2] Prof. Enrico Desideri
157	R 397 0	Principi di geotecnica [4:1] Prof. Otello Del Greco
158	R 400 0	Principi di ingegneria chimica ambientale [5:1] Prof. Bernardo Ruggeri
160	R 403 0	Processi biologici industriali [5:1] Prof. Giuseppe Genon
161	R 410 0	Produzione e trasporto degli idrocarburi [5:2] Prof. Riccardo Varvelli
162	R 439 0	Prospezione geomineraria [5:2] Prof. Federico Mastrangelo
164	R 447 0	Recupero delle materie prime secondarie [5:1] Prof. Carlo Clerici
165	R 455 0	Ricerca operativa [5:1] Prof. Maria Franca Norese

<i>p.</i>	<i>codice</i>	<i>corso [anno:periodo] // docenti</i>
167	R 456 0	Rilevamento geologico tecnico [5:2] Prof. Giampiero Barisone
51	R 460 0	Scienza delle costruzioni [3:1] Prof. Enrico Ballatore
168	R 474 0	Sicurezza e analisi di rischio [4,5:2] Prof. Giovanni Del Tin
169	R 475 0	Sicurezza e difesa ambientale nell'industria estrattiva [5:1] Prof. Mario Patrucco
72	R 515 0	Stabilità dei pendii [4,5:2] Prof. Gian Paolo Giani
170	R 543 0	Tecnica della perforazione petrolifera [5:1] Prof. Raffaele Romagnoli
172	R 544 0	Tecnica della sicurezza ambientale [5:2] Prof. Norberto Piccinini
174	R 545 0	Tecnica della sicurezza elettrica
74	R 546 0	Tecnica delle costruzioni [4,5:2] Prof. Luigi Goffi
176	R 549 0	Tecnica ed economia dei trasporti [5:1] Prof. Adelmo Crotti
177	R 551 0	Tecnica urbanistica [4:2] Prof. Enrico Desideri
39	R 557 0	Tecnologia dei materiali e chimica applicata [2,3:1] Prof. Giuseppina Acquarone
179	R 561 0	Tecnologia del petrolio e petrolchimica [4:1] Prof. Giuseppe Gozzelino
181	R 574 0	Telerilevamento [4,5:2] Prof. Giuliano Comoglio
182	R 575 0	Telerilevamento e diagnostica elettromagnetica [5:1] Prof. Giovanni Perona
184	R 588 0	Teoria e tecnica della circolazione [5:2] Prof. Mario Villa
44	R 602 1	Topografia A [2:2] Prof. Barbara Betti
46	R 602 2	Topografia B [2,3:2] Prof. Giuliano Comoglio
187	R 606 0	Trattamento dei solidi [5:2] Prof. Carlo Clerici