

Università	Politecnico di TORINO
Classe	LM-35 - Ingegneria per l'ambiente e il territorio
Nome del corso in italiano	Ingegneria delle Georisorse e della Geoenergia <i>modifica di: Ingegneria delle Georisorse e della Geoenergia (1418788)</i>
Nome del corso in inglese	Georesources and Geoenergy Engineering
Lingua in cui si tiene il corso	inglese
Codice interno all'ateneo del corso	32033
Data di approvazione della struttura didattica	19/12/2022
Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione	26/01/2023
Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni	18/01/2010 -
Data del parere favorevole del Comitato regionale di Coordinamento	29/01/2010
Modalità di svolgimento	a. Corso di studio convenzionale
Eventuale indirizzo internet del corso di laurea	https://www.polito.it/corsi/32-283
Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi	INGEGNERIA DELL'AMBIENTE, DEL TERRITORIO E DELLE INFRASTRUTTURE
EX facoltà di riferimento ai fini amministrativi	
Massimo numero di crediti riconoscibili	10 DM 16/3/2007 Art 4 Nota 1063 del 29/04/2011
Corsi della medesima classe	<ul style="list-style-type: none"> Ingegneria per l'ambiente e il territorio

Obiettivi formativi qualificanti della classe: LM-35 Ingegneria per l'ambiente e il territorio

I laureati nei corsi di laurea magistrale della classe devono:

- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici della matematica e delle altre scienze di base ed essere capaci di utilizzare tale conoscenza per interpretare e descrivere i problemi dell'ingegneria complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- conoscere approfonditamente gli aspetti teorico-scientifici dell'ingegneria, sia in generale sia in modo approfondito relativamente a quelli dell'ingegneria per l'ambiente e per il territorio, nella quale sono capaci di identificare, formulare e risolvere anche in modo innovativo problemi complessi o che richiedono un approccio interdisciplinare;
- essere capaci di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e/o innovativi;
- essere capaci di progettare e gestire esperimenti di elevata complessità;
- essere dotati di conoscenze di contesto e di capacità trasversali;
- avere conoscenze nel campo dell'organizzazione aziendale (cultura d'impresa) e dell'etica professionale;
- essere in grado di utilizzare fluentemente, in forma scritta e orale, almeno una lingua dell'Unione Europea oltre l'italiano, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

L'ammissione ai corsi di laurea magistrale della classe richiede il possesso di requisiti curriculari che prevedano, comunque, un'adeguata padronanza di metodi e contenuti scientifici generali nelle discipline scientifiche di base e nelle discipline dell'ingegneria, propedeutiche a quelle caratterizzanti previste nell'ordinamento della presente classe di laurea magistrale.

I corsi di laurea magistrale della classe devono inoltre culminare in una importante attività di progettazione, che si concluda con un elaborato che dimostri la padronanza degli argomenti, la capacità di operare in modo autonomo e un buon livello di capacità nella comunicazione.

I principali sbocchi occupazionali previsti dai corsi di laurea magistrale della classe sono quelli dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, della progettazione avanzata, della pianificazione e della programmazione, della gestione di sistemi complessi, sia nella libera professione, sia nelle imprese manifatturiere o di servizi che nelle amministrazioni pubbliche. I laureati magistrali potranno trovare occupazione presso imprese, enti pubblici e privati e studi professionali per la progettazione, pianificazione, realizzazione e gestione di opere e sistemi di controllo e monitoraggio dell'ambiente e del territorio, di difesa del suolo, di gestione dei rifiuti, delle materie prime e delle risorse ambientali, geologiche ed energetiche e per la valutazione degli impatti e della compatibilità ambientale di piani e opere.

Gli atenei organizzano, in accordo con enti pubblici e privati, stages e tirocini.

Sintesi della relazione tecnica del nucleo di valutazione

Il corso è di nuova istituzione. Le risorse di personale, tecnologiche e materiali appaiono sufficienti. Il Nucleo di Valutazione constata come la progettazione del Corso di Laurea Magistrale in Petroleum Engineering LM-35, sia stata effettuata nell'ambito dell'azione di coordinamento condotta a livello complessivo di Ateneo – come si evince dai verbali del Senato Accademico. A parere del Nucleo, la proposta risulta quindi adeguatamente progettata, con obiettivi formativi chiaramente formulati.

Il Nucleo conferma inoltre che il Corso di Laurea è proposto dalla I Facoltà di Ingegneria che soddisfa i requisiti di docenza con risorse proprie.

Sintesi della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni

La consultazione con il sistema socio-economico e le parti interessate, è avvenuta il 18 gennaio 2010 in un incontro della Consulta di Ateneo, a cui sono stati invitati 28 rappresentanti di organizzazioni della produzione, dei servizi e delle professioni, aziende di respiro locale, nazionale ma anche internazionale; presenti anche importanti rappresentanti di esponenti della cultura.

Nell'incontro sono stati delineati elementi di carattere generale rispetto alle attività dell'ateneo, una dettagliata presentazione della riprogettazione dell'offerta formativa ed il percorso di deliberazione degli organi di governo.

Sono stati illustrati gli obiettivi formativi specifici dei corsi di studio, le modalità di accesso ai corsi di studio, la struttura e i contenuti dei nuovi percorsi formativi e gli sbocchi occupazionali.

Sono emersi ampi consensi per lo sforzo di razionalizzazione fatto sui corsi, sia numerico sia geografico, anche a fronte di una difficoltà attuativa ma guidata da una chiarezza di sostenibilità economica al fine di perseguire un sempre più alto livello qualitativo con l'attenzione anche all'internazionalizzazione.

Consensi che hanno trovato riscontro in una votazione formale con esito unanime rispetto al percorso e alle risultanze della riprogettazione dell'Offerta formativa.

Sintesi del parere del comitato regionale di coordinamento

Il Comitato Regionale di Coordinamento, riunitosi in data 29 gennaio 2010, ha esaminato, fra gli altri punti all'ordine del giorno, le modifiche ai regolamenti didattici di ateneo presentate dagli atenei piemontesi.

Per quanto concerne il Politecnico di Torino, il Comitato ha valutato le proposte di modifica al regolamento didattico di ateneo e, in particolare, quelle inerenti l'istituzione di nuovi percorsi formativi, tenendo in considerazione il parere favorevole espresso dal Nucleo di Valutazione di Ateneo e le motivazioni illustrate nel corso della seduta dal Pro-Rettore.

Al termine di un'approfondita discussione, il Comitato Regionale di Coordinamento esprime parere favorevole relativamente alla nuova istituzione dei corsi di laurea magistrale del Politecnico di Torino di cui al seguente elenco.

I Facoltà di Ingegneria:

- Corso di Laurea Magistrale in Textile Engineering (classe LM-22)

- Corso di Laurea Magistrale in Petroleum Engineering (classe LM-35)

- Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria della Produzione Industriale e Innovazione Tecnologica (classe LM-33).

III Facoltà di Ingegneria:

- Corso di Laurea Magistrale in Physics of Complex Systems (classe LM-44).

Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo

L'obiettivo del corso di studi è creare figure tecniche professionali, altamente qualificate, in grado di operare nell'ambito dell'industria e dei servizi relativi alle attività estrattive per le risorse minerarie ed energetiche con le competenze necessarie ad affrontare gli aspetti tecnici e tecnologici relativi alla transizione energetica, alla decarbonizzazione e alla transizione ecologica. Il corso di studi prepara ingegneri esperti nella pianificazione, progettazione, direzione e controllo delle attività di esplorazione e produzione dei giacimenti di risorse naturali e di stoccaggio di gas. I comparti industriali di riferimento sono caratterizzati da una continua evoluzione tecnologica ed una forte spinta all'innovazione con una sempre più marcata esigenza di competenze sul trattamento di grandi quantità di dati. I laureati hanno quindi una solida preparazione di base sugli aspetti scientifici e tecnici relativi ai giacimenti, alla loro esplorazione, allo sfruttamento e al trattamento dei materiali estratti. Gli ingegneri delle risorse minerarie ed energetiche (Georesources and GeoEnergy) operano nelle compagnie multinazionali del settore delle risorse energetiche e minerarie, con compiti tecnici e manageriali, nei campi della esplorazione, della produzione e della trasformazione delle materie prime e delle risorse energetiche, nei progetti di transizione energetica (decarbonizzazione, stoccaggio di gas, cattura della CO₂). Operano inoltre nelle società di servizi e di consulenza nei settori dell'esplorazione, delle tecnologie estrattive, della gestione e sicurezza degli impianti, nella progettazione, gestione e monitoraggio delle attività di stoccaggio di gas, degli impianti di trasformazione, delle valutazioni di impatto ambientale delle attività estrattive e di stoccaggio, delle tecniche e tecnologie di decarbonizzazione, della riqualificazione degli impianti. Operano negli enti pubblici e privati regolatori e certificatori, nell'ambito della certificazione delle riserve, della definizione di policy e regolamenti, e negli enti e centri di ricerca industriali e pubblici. Questi ambiti si contraddistinguono per l'elevato livello tecnico e tecnologico e per l'interdisciplinarietà e richiedono agli specialisti di essere in grado di operare in contesti socio-ambientali molto diversi e ad affinare le proprie capacità di relazione e di comunicazione. Anche per questo motivo il corso di laurea è erogato esclusivamente e interamente in lingua inglese e ha tra le proprie competenze obbligatorie le tecniche di trattamento digitale dei dati.

La conoscenza di base è volta a formare tecnici capaci di affrontare problemi complessi per i quali non esistono soluzioni standard, di comprendere i principi e le potenzialità di metodi innovativi e di creare innovazione e soluzioni originali. Questi aspetti della formazione si affiancano alla necessità di forte competenza e capacità di applicazione, comprensione delle dinamiche della grande industria, capacità di valutare gli aspetti economici e gli impatti ambientali delle attività estrattive. Gli insegnamenti sono quindi organizzati in modo da affiancare sempre agli aspetti teorici, modellistici e metodologici, gli aspetti applicativi e la soluzione di problemi reali. Per garantire il continuo aggiornamento delle conoscenze, la maggior parte degli insegnamenti si avvalgono del contributo di tecnici altamente qualificati provenienti dal mondo dell'industria.

Il percorso didattico prevede un primo anno in cui, prima di affrontare gli aspetti ingegneristici delle diverse discipline, vengono approfondite tutte le conoscenze scientifiche fondamentali (materie scientifiche specifiche). In quest'ottica durante il primo anno vengono trattate le proprietà chimico-fisiche dei fluidi e delle rocce, le proprietà petrofisiche delle rocce mineralizzate, le nozioni fondamentali della geologia applicata, la propagazione dei campi d'onda nei mezzi porosi e il comportamento meccanico delle rocce, la teoria dell'analisi del rischio, e le tecniche di analisi dei dati digitali. In seguito vengono acquisite le competenze di analisi e elaborazione quantitativa delle informazioni e dei dati, con finalità di caratterizzazione dei sistemi oggetto di studio e progettuali. Tali competenze vengono consolidate anche attraverso esercitazioni di calcolo mirate ad affrontare in autonomia problemi applicativi. Il secondo anno è specificatamente dedicato alla formazione tecnico-ingegneristica.

Il percorso formativo è organizzato su due orientamenti (Geoenergy e Sustainable Mining) che affrontano gli aspetti specifici delle risorse energetiche e minerarie.

I laureati e le laureate magistrali nell'orientamento Geoenergy saranno in grado di caratterizzare i giacimenti di idrocarburi sia in termini di quantità di idrocarburi in posto sia in termini di capacità produttiva, nonché sapranno identificare le migliori strategie produttive di olio e/o di gas naturale in base a criteri di fattibilità tecnica ma anche di sostenibilità economica e ambientale. Avranno inoltre competenze fondamentali nelle tecniche e tecnologie chiave nei processi di decarbonizzazione (stoccaggio di gas e cattura della CO₂) e la possibilità di ampliare le loro competenze con gli aspetti tecnici delle energie rinnovabili.

I laureati e le laureate nell'orientamento in Sustainable Mining avranno le competenze relative alla produzione e riciclo di materie prime strategiche per la transizione ecologica, saranno in grado di caratterizzare e stimare i volumi disponibili e producibili in un giacimento minerario e di progettare le opere necessarie a raggiungere il giacimento e ad estrarre il minerale utile, garantendo l'efficacia economica ed il rispetto dell'ambiente e seguendo criteri che assicurano la sicurezza delle lavorazioni e degli operatori coinvolti. I laureati del corso di laurea saranno in possesso di conoscenze idonee a svolgere attività professionali in diversi ambiti, anche concorrendo ad attività quali la fattibilità tecnica ed economica di un progetto esplorativo o di sviluppo di un giacimento, la gestione e la definizione delle strategie di coltivazione delle risorse non rinnovabili, inclusa la progettazione e l'organizzazione delle strutture e degli impianti necessari per la produzione, l'analisi del rischio e la gestione della sicurezza in fase di prevenzione ed emergenza.

Oltre all'apprendimento dei metodi di caratterizzazione e di definizione delle strategie di sviluppo dei giacimenti e dei progetti di stoccaggio e delle tecniche di decarbonizzazione secondo un approccio spesso fortemente interdisciplinare e volto allo sviluppo di autonomia e senso critico attraverso attività progettuali che si avvalgono di tecnologie e di dati industriali, fanno parte integrante del percorso formativo il tirocinio in azienda (facoltativo) e la tesi di laurea che di norma consente l'approfondimento di un problema reale con approccio innovativo e standard industriali. I comparti industriali di riferimento per i laureati e le laureate magistrali sono caratterizzati da figure ad elevata specificità e specializzazione.

Descrizione sintetica delle attività affini e integrative

Sono considerate discipline relative alle attività affini ed integrative quelle delle scienze di base applicate quali la statistica, l'analisi numerica, i sistemi di elaborazione delle informazioni, quelle dei diversi ambiti dell'ingegneria industriale che hanno attinenza con la complessità dei problemi legati alle risorse minerarie ed energetiche quali la meccanica applicata alle macchine, la fisica tecnica e l'ingegneria nucleare, l'elettrotecnica, gli impianti e processi industriali chimici, le macchine e sistemi per l'energia e l'ambiente, la progettazione industriale, costruzioni meccaniche e metallurgia, l'elettrotecnica, la scienza e tecnologia dei materiali, quelle relative agli aspetti di gestione quali l'ingegneria economico-gestionale e l'economia e gestione delle imprese, quelle legate alla progettazione delle infrastrutture quali l'idraulica, idrologia, costruzioni idrauliche e marittime, quelle del rilevamento del territorio quali la geomatica e la geofisica.

Risultati di apprendimento attesi, espressi tramite i Descrittori europei del titolo di studio (DM 16/03/2007, art. 3, comma 7).

Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)

Gli insegnamenti comuni ai due orientamenti forniscono le conoscenze di base necessarie per la comprensione, la descrizione e la caratterizzazione dei sistemi naturali in esame oltre che le nozioni fondamentali tecniche e ingegneristiche, e di analisi dei dati mediante strumenti informatici avanzati, da affiancare alle conoscenze specialistiche ai fini della realizzazione di studi e progetti in un'ottica che tenga conto di problematiche legate alla sostenibilità, alla sicurezza sul lavoro e all'impatto ambientale.

Gli insegnamenti specialistici dei due orientamenti forniscono oltre alle conoscenze dettagliate dei fenomeni fisici peculiari dei diversi ambiti, le conoscenze sui metodi, gli strumenti, le tecniche e le tecnologie necessarie per la comprensione, la caratterizzazione e la realizzazione di progetti di sviluppo per l'ottimizzazione della produzione e gestione delle risorse e per la gestione e monitoraggio delle attività di stoccaggio di gas e dei processi di decarbonizzazione, sempre in un'ottica di sicurezza, sostenibilità e della transizione energetica.

Nel seguito viene presentata una sintesi delle principali conoscenze e capacità di comprensione relative alle diverse aree di apprendimento.

Aree di apprendimento scientifiche ed ingegneristiche comuni

1. Conoscenze scientifiche per la descrizione, la comprensione dei fenomeni fisici, la modellazione, la caratterizzazione del sottosuolo profondo. Metodi di descrizione e analisi delle formazioni geologiche e delle loro proprietà fisiche; principi e metodi di rilevamento geofisico (sismici, elettromagnetici, campi di potenziale), metodi quantitativi di modellazione e processamento dei dati geofisici; fondamenti teorici per la comprensione del comportamento meccanico delle formazioni geologiche; caratterizzazione e principi fondamentali del comportamento geomeccanico di rocce e terreni in funzione delle operazioni di campo; metodi informatici avanzati per la gestione e l'analisi di grandi quantità di dati anche eterogenei in termini di dominio di provenienza/applicazione incluse le tecniche di machine learning.
2. sostenibilità, sicurezza sul lavoro e impatto ambientale: principi e norme per la sicurezza e l'analisi del rischio; studio dell'impatto delle attività produttive nel sistema socio-economico-ambientale; fondamenti teorici delle possibili interazioni che possono determinare l'inquinamento di acque e terreni.

Aree specifiche e di indirizzo

1. GeoEnergy: conoscenza dei processi per la produzione, iniezione e il trasporto dei fluidi quali idrocarburi, CO₂ e Idrogeno; della parametrizzazione e delle metodologie di caratterizzazione della roccia di giacimento e dei fluidi; delle equazioni che descrivono il comportamento di flusso multifase nei mezzi porosi; dei metodi di interpretazione dei dati storici di pressione, produzione e iniezione; dei fondamenti teorici e degli strumenti di calcolo di uso industriale per la simulazione del comportamento dinamico del flusso multifase in formazioni geologiche porose profonde; delle nozioni necessarie per la progettazione dei piani di sviluppo dei giacimenti e di stoccaggio di gas naturale, CO₂ e Idrogeno in formazioni geologiche profonde; della teoria, tecnologia e progettazione della perforazione e del completamento dei pozzi petroliferi; delle tecnologie di cattura, fissazione e riciclo della CO₂.
2. Sustainable Mining: competenze finalizzate alla produzione e valorizzazione sostenibile di materie prime a cielo aperto e/o in sottosuolo; tecnologie e tecniche per l'identificazione e la valutazione delle risorse estrattive ai fini della loro coltivazione con criteri di sostenibilità ambientale e sociale; progettazione e costruzione delle miniere, scelta della più idonea tecnica di scavo in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso, scelta delle macchine da impiegare per massimizzare l'efficienza e la sicurezza della produzione, scelta del metodo di scavo più idoneo, organizzazione del trasporto e degli impianti connessi all'attività estrattiva, sicurezza dell'ambiente di lavoro, minimizzazione dell'impatto ambientale causato dal processo di estrazione. Pianificazione e monitoraggio dell'attività estrattiva in funzione degli obiettivi della transizione ecologica e degli SDGs delle Nazioni Unite.

Modalità didattiche

Le conoscenze e le capacità vengono acquisite dagli studenti attraverso lezioni frontali, esercitazioni in aula e in laboratori, attività sperimentali in campo. Nella maggior parte degli insegnamenti sono previste attività condotte in modo autonomo da ciascuno studente o da gruppi di lavoro, secondo le modalità indicate dai docenti. Le attività autonome hanno specifici obiettivi e l'assistenza dei docenti.

Modalità di accertamento

L'accertamento delle conoscenze e della capacità di comprensione avviene tramite esami scritti e orali, che possono comprendere test a risposte chiuse, esercizi di tipo algebrico o numerico, quesiti relativi agli aspetti teorici, l'eventuale discussione dei risultati delle attività autonome singole o di gruppo. Si richiede, inoltre, la capacità di integrare le conoscenze acquisite in insegnamenti e contesti diversi, e la capacità di valutazione critica e di scelta di modelli e metodi di soluzione.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)

Aree di apprendimento scientifiche ed ingegneristiche comuni

Capacità di interpretare carte e modelli geologici e di integrare dati per la definizione di modelli geologici di giacimento; capacità di implementare modellazioni matematiche di dati sperimentali di laboratorio o di terreno e di applicare tecniche di analisi e processamento di dati sperimentali, anche utilizzando metodi di machine learning, capacità di interpretare dati sperimentali di varia natura (geologici, geofisici e geomeccanici) saper progettare indagini e prove. Capacità di scegliere i modelli interpretativi e di calcolo adeguati a problemi complessi anche analizzandone criticamente i limiti. Applicare metodi di modellazione analitica e numerica per prevedere il comportamento meccanico dei materiali nelle operazioni di campo; saper implementare analisi di rischio di processi e impianti di produzione e processamento; saper implementare analisi di ciclo vita di processi e prodotti; saper valutare quantitativamente gli impatti ambientali delle attività industriali e progettare attività di prevenzione e bonifica dei fenomeni di inquinamento causati dalle attività industriali.

Aree specifiche e di indirizzo

1. GeoEnergy: saper progettare processi per la produzione, iniezione e il trasporto dei fluidi quali idrocarburi, CO₂ e Idrogeno; saper caratterizzare la roccia di giacimento e i fluidi ed applicare modelli matematici per simulare ed interpretare il flusso multifase nei mezzi porosi; saper interpretare dati storici di pressione, produzione e iniezione; saper applicare strumenti di calcolo di uso industriale per la simulazione del comportamento dinamico del flusso multifase in formazioni geologiche porose profonde; saper progettare i piani di sviluppo dei giacimenti e di stoccaggio di gas naturale, CO₂ e Idrogeno in formazioni geologiche profonde; saper progettare la perforazione e il completamento dei pozzi petroliferi; saper applicare le tecnologie di cattura, fissazione e riciclo della CO₂.
2. Sustainable Mining: progettare e gestire la produzione e valorizzazione sostenibile di materie prime a cielo aperto e/o in sottosuolo; applicare le tecnologie e le tecniche per l'identificazione e la valutazione delle risorse estrattive ai fini della loro coltivazione con criteri di sostenibilità ambientale e sociale; saper progettare la costruzione delle miniere, saper identificare le idonee tecniche di scavo in funzione delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso, scegliere le macchine da impiegare per massimizzare l'efficienza e la sicurezza della produzione, e il metodo di scavo più idoneo, organizzare e gestire il trasporto e gli impianti connessi all'attività estrattiva, sicurezza dell'ambiente di lavoro, minimizzazione dell'impatto ambientale causato dal processo di estrazione. Pianificare e monitorare l'attività estrattiva in funzione degli obiettivi della transizione ecologica e degli SDGs delle Nazioni Unite.

Modalità didattiche

La capacità di applicare conoscenza e comprensione sono acquisite tramite lo sviluppo di esercizi guidati e di attività progettuali, che richiedono l'uso dei modelli e delle metodologie descritte nelle lezioni. Le esercitazioni di laboratorio mirano anche a individuare criticità e limiti dei modelli matematici rispetto alle situazioni reali. Viene curata l'applicazione integrata di conoscenze acquisite in differenti insegnamenti o in modo autonomo. In numerosi insegnamenti le attività applicative sono svolte su casi reali con la partecipazione di istruttori e tecnici delle più importanti aziende del settore delle risorse minerarie ed energetiche.

Modalità di accertamento

Le verifiche avvengono con esami scritti e orali, che prevedono quesiti relativi agli aspetti teorici, esercizi di progetto (tipo "problem solving", che richiedono scelte aggiuntive rispetto alle specifiche), la stesura e il commento di relazioni riguardanti argomenti monografici e progetti. Viene verificata anche la capacità di applicare le conoscenze acquisite a problemi nuovi, anche di carattere interdisciplinare. Un accertamento complessivo avviene con la prova finale, che richiede l'integrazione di conoscenze acquisite in diversi insegnamenti e la capacità di apportare nuovi sviluppi.

Autonomia di giudizio (making judgements)

L'acquisizione di conoscenze teoriche e le applicazioni delle stesse nelle esercitazioni portano alla consapevolezza dei fattori tecnologici, scientifici, oltre che economici, di mercato, sociali e normativi che hanno implicazione per le attività di caratterizzazione, sviluppo e coltivazione dei giacimenti nei diversi contesti tecnici e socio-culturali. La soluzione di casi reali svolta in modo autonomo e in team conduce allo sviluppo di capacità di "problem setting" e di "problem solving" e alla capacità di effettuare scelte tecniche e tecnologiche e di implementarle in modo ottimale.

Modalità didattiche

Le esercitazioni sviluppano capacità di analisi dei dati e modellazione che divengono strumenti abituali di ausilio alle decisioni. L'autonomia di giudizio viene contestualizzata attraverso attività progettuali che richiedono l'identificazione degli aspetti maggiormente rappresentativi di un fenomeno e la loro successiva interpretazione ed elaborazione mediante diverse tecniche di analisi e di simulazione, analitica e numerica. La natura stessa dei problemi, reali o realistici, che vengono proposti richiede capacità di valutazione e propensione decisionale da parte degli studenti. L'abitudine alla ricerca e analisi, anche in gruppo, di letteratura scientifica, favorisce lo sviluppo del senso critico.

Modalità di accertamento

Gli elaborati delle esercitazioni vengono corretti e discussi con gli studenti e fanno parte delle valutazioni degli esami. Durante le esercitazioni e gli esami gli studenti vengono chiamati a svolgere esercizi e problemi che prevedono la necessità di compiere scelte sui metodi di soluzione.

Abilità comunicative (communication skills)

La comunicazione attraverso un appropriato linguaggio tecnico, efficace e sintetica fa parte delle necessarie competenze dei laureati. Sia la comunicazione all'interno della comunità tecnica, sia quella verso l'esterno rivestono importanza. Le attività di apprendimento favoriscono l'attitudine all'interazione con il mondo scientifico e tecnico multidisciplinare tipico dell'industria delle risorse minerarie ed energetiche, l'apertura e la capacità comunicativa con tecnici di aree disciplinari trasversali a competenze tecniche specialistiche e l'abilità di lavorare in un contesto internazionale. L'abitudine a presentare i risultati delle attività progettuali favorisce lo sviluppo di tecniche di comunicazione tecnica e scientifica.

Modalità didattiche

Le attività di apprendimento sono sia individuali sia di gruppo. All'interno del gruppo si sviluppano e si sperimentano le capacità di lavoro, tramite collaborazione, confronto, rispetto, gestione ed organizzazione del personale e disponibilità a essere guidati. Nell'ambito di molti insegnamenti vengono proposti seminari tenuti da tecnici specialisti di respiro internazionale, anche al fine di sensibilizzare lo studente allo sviluppo della visione d'insieme delle problematiche tecniche. Nel confronto con l'esterno, il corso di laurea favorisce lo sviluppo di capacità di ricerca, validazione ed analisi di informazioni, l'elaborazione di idee, la definizione di problemi e la loro soluzione, utilizzando opportunamente linguaggi specialistici e non specialistici.

Modalità di accertamento

Le prove d'esame orale di molti insegnamenti, che talvolta prevedono la presentazione di risultati raggiunti nelle esercitazioni, e la prova finale, con marcate caratteristiche di sintesi, sono momenti di verifica delle abilità comunicative.

Capacità di apprendimento (learning skills)

Gli obiettivi del corso di studio comprendono quello di fornire agli studenti metodi, strumenti e comportamenti dotati di un alto grado di autonomia. Tale caratteristica è fondamentale per la successiva formazione continua, che presume sensibilità al progresso tecnologico e pertanto alla necessità di aggiornamento delle proprie conoscenze per garantire una continua competitività a livello internazionale, l'interazione col mondo delle scienze applicate, la capacità di controllare e verificare le fonti di riferimento scientifico e la corrispondente capacità di spiegare e documentare le proprie scelte.

Modalità didattiche

La didattica fornisce competenze di natura metodologica basate sulla comprensione dei fenomeni e dei modelli che sono la base per comprendere ed apprendere in modo indipendente aspetti tecnici e tecnologici nuovi rispetto a quelli specifici illustrati durante i corsi. Inoltre, gli studenti sono stimolati a reperire ed elaborare fonti in modo autonomo. Le attività di esercitazioni stimolano l'apprendimento indipendente.

Modalità di accertamento

Gli esami scritti ed orali accertano la comprensione e l'apprendimento degli argomenti trattati ponendo problemi e quesiti che richiedono la conoscenza completa e approfondita degli argomenti trattati. La prova finale valuta la capacità degli studenti di apprendere argomenti specifici in modo autonomo.

Conoscenze richieste per l'accesso (DM 270/04, art 6, comma 1 e 2)

Costituiscono requisiti curriculari il titolo di laurea o di un diploma universitario di durata triennale ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo, e le competenze e conoscenze che lo studente deve aver acquisito nel percorso formativo pregresso, espresse sotto forma di crediti riferiti a specifici settori scientifico-disciplinari o a gruppi di essi. In particolare lo studente deve aver acquisito un minimo di 40 CFU su settori scientifico-disciplinari di base che comprendono le discipline della chimica generale e applicata CHIM/01, CHIM/02, CHIM/03, CHIM/04, CHIM/05, CHIM/06, della fisica teorica, sperimentale ed applicata FIS/01, FIS/02, FIS/03, FIS/07, dell'informatica ING-INF/05, della matematica (analisi, algebra, geometria, statistica) MAT/02, MAT/03, MAT/05, MAT/06, MAT/07, MAT/08, SECS-S/01, SECS-S/02 e 60 cfu su settori scientifico-disciplinari che costituiscono le competenze multidisciplinari tipiche delle scienze della terra CHIM/07, GEO/04, GEO/05, GEO/11, GEO/12, FIS/06, delle discipline ingegneristiche dell'ambiente e del territorio ICAR/01, ICAR/02, ICAR/03, ICAR/04, ICAR/05, ICAR/06, ICAR/07, ICAR/08, ICAR/09, ING-IND/28, ING-IND/29, ING-IND/30, dell'ingegneria industriale con particolare riguardo agli aspetti relativi agli impianti energetici ING-IND/08, ING-IND/09, ING-IND/10, ING-IND/11, ING-IND/13, ING-IND/14, ING-IND/15, ING-IND/17, ING-IND/19, ING-IND/21, ING-IND/22, ING-IND/23, ING-IND/24, ING-IND/25, ING-IND/26, ING-IND/27, ING-IND/31, ING-IND/32, del trattamento dei dati ING-INF/01, ING-INF/07, INF/01 e le discipline di gestione delle imprese ING-IND/35.

Inoltre, lo studente deve essere in possesso di un'adeguata preparazione personale e della conoscenza certificata della Lingua inglese almeno di livello B2, come definito dal Quadro comune europeo di riferimento per la conoscenza delle lingue (QCER).

Le modalità di verifica dell'adeguatezza della preparazione personale e i criteri per il riconoscimento della conoscenza certificata della lingua inglese sono riportati nel regolamento didattico del corso di studio.

Caratteristiche della prova finale (DM 270/04, art 11, comma 3-d)

La prova finale rappresenta un importante momento formativo del corso di laurea magistrale e consiste in una tesi che deve essere elaborata in modo originale dallo studente sotto la guida di un relatore. E' richiesto che lo studente svolga autonomamente la fase di studio approfondito di un problema tecnico progettuale, prenda in esame criticamente la documentazione disponibile ed elabori il problema, proponendo soluzioni ingegneristiche adeguate. Il lavoro può essere svolto presso i dipartimenti e i laboratori dell'Ateneo, presso altre università italiane o straniere, presso laboratori di ricerca esterni e presso industrie, con i quali sono stabiliti rapporti di collaborazione.

L'esposizione e la discussione dell'elaborato avvengono di fronte ad apposita commissione. Il laureando dovrà dimostrare capacità di operare in modo autonomo, padronanza dei temi trattati e attitudine alla sintesi nel comunicarne i contenuti e nel sostenere una discussione.

Coerentemente con il percorso degli studi, la Tesi deve essere redatta e presentata in lingua inglese.

Modalità di assegnazione e dettagli sullo svolgimento della prova finale sono precisati nel regolamento didattico di Corso di Laurea Magistrale.

Motivi dell'istituzione di più corsi nella classe

Il Politecnico di Torino aveva progettato due corsi di Laurea Magistrale nella stessa classe di Ingegneria per l'ambiente e il territorio (LM-35), denominati Ingegneria per l'ambiente e il territorio e Petroleum Engineering. Il primo era la trasformazione in Laurea Magistrale di quello che era il corso di Laurea

Specialistica in Ingegneria per l'ambiente e il territorio, mentre il secondo, di nuova istituzione, era la sostituzione di un orientamento già esistente all'interno della precedente laurea specialistica in Ingegneria per l'ambiente e il territorio. Entrambi i corsi di studio sono attivati nella sede di Torino. L'istituzione del nuovo corso di laurea magistrale in Petroleum Engineering si era resa necessaria per gli stimoli del mondo industriale che aveva richiesto una formazione completa in inglese in massima parte rivolta a studenti di Paesi stranieri produttori di petrolio, per cui è indispensabile una formazione specifica e non mutuabile da altri corsi di studio. Dall'anno accademico 2017/18 il corso di laurea magistrale in Petroleum Engineering è trasformato in Petroleum and Mining Engineering per poter ampliare le competenze dei nuovi laureati alle risorse minerarie solide, oltre alle risorse fluide. Anche per il nuovo corso di laurea magistrale in Petroleum and Mining Engineering la formazione in inglese è rivolta a studenti internazionali e i contenuti formativi si differenziano sensibilmente da quelli presenti nel corso di laurea magistrale in Ingegneria per l'ambiente e il territorio, offerto nella lingua italiana. Queste caratterizzazioni producono una differenziazione per più di 30 crediti per cui il Politecnico di Torino ha scelto di istituire due diversi corsi di studio della laurea magistrale all'interno della stessa classe di laurea.

Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati

Ingegnere per le geoenergie di giacimento (Geoenergy Engineer)

funzione in un contesto di lavoro:

Ingegnere di giacimento (Reservoir engineer): si interfaccia con i tecnici di differenti discipline per la caratterizzazione delle miscele di idrocarburi e della roccia serbatoio; caratterizza, comprende e simula il comportamento dinamico dei giacimenti in condizioni di flusso multifase tenendo conto anche dell'iniezione di fluidi non nativi quali acqua, gas e CO₂ in fase miscibile e non miscibile nei giacimenti ad olio, ne progetta ed ottimizza le possibili strategie di produzione; progetta ed elabora le campagne di monitoraggio ai fini della verifica e dell'aggiornamento delle strategie e della sicurezza.

Ingegnere esperto in Well Testing e stoccaggio (Well test engineer): si occupa della progettazione, realizzazione e interpretazione di prove di pozzo di produzione e di iniezione per la caratterizzazione di formazioni mineralizzate o utilizzate per lo stoccaggio geologico, della produttività/iniettività dei pozzi e per il monitoraggio dei fronti di spiazzamento dei fluidi iniettati quali CO₂ e Idrogeno e dei fronti termici. Si interfaccia con i tecnici di differenti discipline per la caratterizzazione dei sistemi sotterranei utilizzati per lo stoccaggio dei fluidi, quali acqua, gas naturale, idrogeno anche in miscela con il gas naturale, e CO₂. Progetta ed ottimizza le possibili strategie di iniezione e stoccaggio in particolare in relazione alle pressioni operative, al confinamento idraulico dei fluidi e al comportamento geomeccanico del sistema; progetta ed elabora le campagne di monitoraggio ai fini della verifica e dell'aggiornamento delle strategie e della sicurezza.

Responsabile dell'esplorazione (Chief geophysicist): ingegnere responsabile di acquisizione, processing e interpretazione di dati di esplorazione. Ha conoscenza di organizzazione di attività di terreno, tecnologie di acquisizione e strumenti di processing dei dati, di metodi e strumenti per l'interpretazione e l'integrazione di dati geofisici, geologici, geochimici e di giacimento anche con tecniche di data analytics.

Ingegnere di perforazione (Drilling engineer): si occupa di progettare il pozzo, di organizzare e supervisionare le operazioni di perforazione. Ha conoscenza di procedure, di materiali e delle tematiche della sicurezza.

competenze associate alla funzione:

- Analisi e comprensione dei dati che caratterizzano le formazioni geologiche profonde e delle indagini geologiche e geofisiche
- Analisi e caratterizzazione del comportamento dei fluidi di interesse e loro interazione
- Analisi integrata dei dati di produzione e di iniezione per EOR
- Simulazione numerica statica e simulazione dinamica delle formazioni mineralizzate a idrocarburi e acqua in condizioni di stoccaggio e di produzione
- Conoscenza delle tecniche e dei programmi specialistici di PTA (Pressure Transient Analysis)
- Analisi integrata dei dati di produzione e di stoccaggio
- Progettazione e gestione di campagne di acquisizione onshore e offshore di dati geofisici
- Processing e inversione di dati geofisici anche con tecniche di machine learning
- Integrazione dati e Interpretazione quantitativa di dati integrati per la costruzione di modelli statici di giacimento
- Interpretazione di dati 4D per il monitoraggio
- Analisi integrata dei dati di perforazione
- Realizzazione di un programma di perforazione di un pozzo
- Progettazione di un completamento di un pozzo
- Predisposizione per le attività di cantiere, senso pratico ed elevata capacità di adattamento
- Competenze digitali incluse tecniche di data science e machine learning
- Capacità di relazionarsi con stakeholders pubblici e privati, autorità locali ed enti regolatori, comunità locali
- Capacità di comunicare contenuti scientifici, tecnici e di gestione
- Capacità di sintesi
- Capacità analitiche e di problem-setting e problem-solving
- Attitudine al lavoro di squadra, forte capacità di analisi critica e di definizione e attuazione di un metodo di lavoro efficace.

sbocchi occupazionali:

- Compagnie del settore delle risorse energetiche
- Società di servizi e di consulenza nei settori: dell'esplorazione; delle tecnologie estrattive; della gestione dei giacimenti di idrocarburi; dell'ottimizzazione del recupero degli idrocarburi anche mediante interventi di recupero assistito; valutazione delle riserve; delle valutazioni di impatto ambientale delle attività estrattive; della progettazione, gestione e monitoraggio delle attività di stoccaggio di gas naturale, Idrogeno e CO₂; delle tecniche e tecnologie di decarbonizzazione; del settore dell'esplorazione delle risorse sotterranee
- Enti pubblici e privati regolatori e certificatori nell'ambito della certificazione delle riserve, della definizione di policy e regolamenti
- Enti e centri di ricerca pubblici e privati.

Ingegnere minerario (Mining Engineer)

funzione in un contesto di lavoro:

Ingegnere addetto alla progettazione di cave e miniere e di opere di scavo (Mine planning designer): pianifica e progetta la costruzione di cave o miniere, progetta strategie di scavo ed estrazione, progetta ed implementa scenari evolutivi della coltivazione mineraria nel tempo; individua metodi e criteri per minimizzare o controllare gli impatti ambientali dell'attività estrattiva.

Direttore della produzione mineraria (Mine director): incaricato di coordinare e controllare tutte le attività di scavo di minerali e rocce; Controlla la realizzazione del progetto nelle sue diverse fasi, lo stato di avanzamento e la qualità dei lavori svolti, la corrispondenza dei materiali impiegati e verifica che tutte le fasi siano svolte in sicurezza, gestisce il budget e il personale di formazione e supervisione; analizza i dati e determina i costi e l'organizzazione dei servizi.

Responsabile dell'esplorazione (Chief geophysicist): ingegnere responsabile di acquisizione, processing e interpretazione di dati di esplorazione. Ha conoscenza di organizzazione di attività di terreno, tecnologie di acquisizione e strumenti di processing dei dati, di metodi e strumenti per l'interpretazione e l'integrazione di dati geofisici, geologici, geochimici e di giacimento anche con tecniche di data analytics.

Ingegnere minerario addetto alla sicurezza (Mine safety manager): gestisce i progetti di coltivazione, garantendo il rispetto delle procedure di sicurezza; garantisce il rispetto delle misure di sicurezza, il posizionamento delle attrezzature di emergenza e designa correttamente i percorsi di evacuazione; esegue test sull'aria per rilevare eventuali gas tossici e costruire condotti di aerazione, quando necessario; testa le procedure di emergenza con i lavoratori; istruisce tutti i lavoratori sul corretto utilizzo di strumenti e macchinari; garantisce che tutti i lavoratori rispettino il protocollo e le procedure di sicurezza, incluso l'utilizzo di DPI; redige rapporti basati sulle attività di estrazione, sui materiali estratti e gli eventuali incidenti avvenuti; garantisce che i materiali estratti rispettino gli standard di qualità e quantità; coopera con il personale per assicurare la correttezza delle operazioni di estrazione; garantisce che l'attività e le macchine impiegate rispettino le norme ecologiche ed ambientali al fine di minimizzare l'inquinamento e l'impatto ambientale.

Ingegnere addetto agli impianti di miniera (Mine plant & equipment manager): pianifica e supervisiona l'impiantistica di miniera; verifica il corretto ed adeguato funzionamento di macchine ed attrezzature; valuta l'introduzione di tecnologie innovative per l'estrazione da pozzi e fornelli; controlla tutte le attività di manutenzione degli impianti; gestisce ed implementa scenari evolutivi di organizzazione dell'impiantistica in sotterraneo; gestisce la continuità e l'interrelazione fra le operazioni di scavo e trasporto, garantendo il rispetto delle procedure di sicurezza; verifica il corretto ed adeguato funzionamento di macchine ed attrezzature.

Ingegnere addetto agli impianti di trattamento dei minerali (Mineral processing manager): esperto nel trattamento dei minerali con lo scopo di separare la frazione utile dai materiali di scarto; gestisce le operazioni di frantumazione, macinazione, dimensionamento, separazione e concentrazione dei minerali mediante varie tecniche; valorizza la risorsa mineraria ottimizzando il recupero di eventuali co-prodotti e sotto-prodotti, minimizzando o eliminando la collocazione dei residui a discarica.

Pianificatore dell'attività estrattiva (Raw materials planning policy officer): Pianifica l'attività estrattiva in funzione degli obiettivi della transizione ecologica e degli SDGs delle Nazioni Unite; assicura un approvvigionamento stabile e sostenibile alle attività produttive strategiche in funzione del Green Deal europeo; pianifica e gestisce l'attività di approvvigionamento delle materie prime nel contesto di una più ampia pianificazione territoriale; dialoga con gli enti pubblici a livelli superiori o inferiori per finalità di coordinamento e maggiore efficienza nell'utilizzo delle risorse naturali; promuove pratiche di economia circolare.

competenze associate alla funzione:

- Conoscenza delle tecniche e dei metodi di coltivazione a giorno e/o in sotterraneo
- Implementazione di strumenti innovativi per ottimizzare il ciclo produttivo di una cava e/o di una miniera
- Capacità di selezione, su basi tecnico-economiche, della tecnica più idonea a garantire la massima qualità e produttività del materiale estratto
- Analisi integrata dei dati di produzione
- Identificazione delle problematiche connesse alla produzione
- Stima della forza lavoro necessaria, di macchinari, tempi e costi
- Documentazione di rapporti relativi al progetto
- Valutazione dell'impatto ambientale indotto dagli scavi e dagli impianti di superficie
- Capacità di ispezionare e supervisionare le attività estrattive
- Capacità di creare processi di produzione al fine di ridurre l'uso di materiali, risorse e tempo, pur mantenendo i risultati
- Competenze in tema di elettrificazione, eduazione, trasporto, estrazione e ventilazione
- Implementazione di strumenti innovativi per ottimizzare le condizioni di lavoro in sotterraneo
- Ottimizzazione delle condizioni tecniche ed economiche che assicurano la massima qualità e produttività del materiale estratto
- Progettazione e gestione di campagne di acquisizione onshore e offshore di dati geofisici
- Processing e inversione di dati geofisici anche con tecniche di machine learning
- Integrazione dati e Interpretazione quantitativa di dati integrati per la costruzione di modelli statici di giacimento
- Conoscenza dei minerali e delle loro associazioni
- Competenze sul processo di trattamento dei minerali e di trasformazione
- Conoscenza degli impianti di processo per applicazioni a svariati settori, da quello delle materie prime alla gestione dei sottoprodotti e degli scarti
- Capacità di selezione, su basi tecnico-economiche, della tecnica più idonea a garantire la massima qualità e produttività dell'impianto
- Conoscenza delle strategie nazionali ed europee e relativi fabbisogni di materie
- Implementazione di strumenti innovativi per ottimizzare il ciclo produttivo di una cava e/o di una miniera
- Competenze digitali incluse tecniche di data science e machine learning.
- Capacità di relazionarsi con stakeholders pubblici e privati, autorità locali ed enti regolatori, comunità locali
- Capacità di comunicare contenuti scientifici, tecnici e di gestione
- Capacità di sintesi
- Capacità analitiche e di problem-setting e problem-solving
- Attitudine al lavoro di squadra, forte capacità di analisi critica e di definizione e attuazione di un metodo di lavoro efficace.

sbocchi occupazionali:

- Compagnie minerarie
- Aziende di estrazione mineraria (cave e/o miniere)
- Società di servizi del settore minerario
- Impianti di trattamento e trasformazione
- Consulenze ambientali e minerarie.
- Amministrazioni pubbliche che operano nel settore minerario
- Enti pubblici a livello locale, nazionale e sovra-nazionale
- Centri e istituti di ricerca.

Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)

- Ingegneri minerari - (2.2.1.2.2)
- Ingegneri chimici e petroliferi - (2.2.1.5.1)

Il corso consente di conseguire l'abilitazione alle seguenti professioni regolamentate:

- dottore agronomo e dottore forestale
- ingegnere civile e ambientale

Il rettore dichiara che nella stesura dei regolamenti didattici dei corsi di studio il presente corso ed i suoi eventuali curricula differiranno di almeno 30 crediti dagli altri corsi e curriculum della medesima classe, ai sensi del DM 16/3/2007, art. 1 c.2.

Attività caratterizzanti

ambito disciplinare	settore	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
		min	max	
Ingegneria per l'ambiente e territorio	GEO/05 Geologia applicata GEO/11 Geofisica applicata ICAR/03 Ingegneria sanitaria - ambientale ICAR/07 Geotecnica ICAR/08 Scienza delle costruzioni ING-IND/24 Principi di ingegneria chimica ING-IND/25 Impianti chimici ING-IND/27 Chimica industriale e tecnologica ING-IND/28 Ingegneria e sicurezza degli scavi ING-IND/29 Ingegneria delle materie prime ING-IND/30 Idrocarburi e fluidi del sottosuolo	68	80	-
Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 45:		-		

Totale Attività Caratterizzanti	68 - 80
--	---------

Attività affini

ambito: Attività formative affini o integrative		CFU	
intervallo di crediti da assegnarsi complessivamente all'attività (minimo da D.M. 12)		12	18
A11		6	12
A12		6	12

Totale Attività Affini	12 - 18
-------------------------------	---------

Altre attività

ambito disciplinare	CFU min	CFU max	
A scelta dello studente	8	16	
Per la prova finale	16	20	
Ulteriori attività formative (art. 10, comma 5, lettera d)	Ulteriori conoscenze linguistiche	0	6
	Abilità informatiche e telematiche	-	-
	Tirocini formativi e di orientamento	-	-
	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	-	-
Minimo di crediti riservati dall'ateneo alle Attività art. 10, comma 5 lett. d		3	
Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali	-	-	

Totale Altre Attività	27 - 42
------------------------------	---------

Riepilogo CFU

CFU totali per il conseguimento del titolo	120
Range CFU totali del corso	107 - 140

Motivazioni dell'inserimento nelle attività affini di settori previsti dalla classe o Note attività affini

Note relative alle altre attività

Note relative alle attività caratterizzanti

RAD chiuso il 27/02/2023