



**DIPARTIMENTO: INGEGNERIA**  
**Ingegneria aeronautica (LM-20) A.A. 2019/2020**  
*Didattica programmata*

**Sintesi della relazione tecnica del nucleo di valutazione - Ordinamento Didattico**

Il Nucleo ha esaminato la proposta, valutandola alla luce dei parametri indicati dalla normativa. Ha giudicato in particolare in modo positivo l'individuazione delle esigenze formative attraverso contatti e consultazioni con le parti interessate, la significatività della domanda di formazione proveniente dagli studenti, le motivazioni della trasformazione proposta, la definizione delle prospettive professionali (attraverso analisi e previsioni sugli sbocchi professionali e l'occupabilità), la definizione degli obiettivi di apprendimento con riferimento ai descrittori adottati in sede europea, la coerenza del progetto formativo con gli obiettivi, le politiche di accesso. Il Nucleo conferma il parere positivo già dato sulla precedente versione dell'ordinamento e osserva che le attuali modifiche sono motivate dall'esigenza di razionalizzare l'offerta didattica, in linea con le nuove indicazioni ministeriali.

**Consultazione con le organizzazioni rappresentative - a livello nazionale e internazionale - della produzione di beni e servizi, delle professioni**

Il giorno 17/01/2008 si è svolto un incontro tra i rappresentanti delle seguenti organizzazioni: Banca di Roma di UniCredit Group, Comitato Unitario Professioni, Comune di Roma, Confindustria, FI.LA.S., Mediocredito Centrale, Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale, Provincia di Roma, Regione Lazio, Res S.r.l., Scuola Superiore Pubblica Amministrazione, Sindacati C.G.I.L. e C.I.S.L. e i responsabili delle strutture didattiche dell'Università degli Studi di Roma Tre. Sono stati sottoposti all'esame dei rappresentanti delle organizzazioni alcuni ordinamenti didattici sia di Corsi di Laurea che di Laurea Magistrale afferenti alle Facoltà di Architettura, Giurisprudenza, Ingegneria, Lettere e Filosofia e Scienze Matematiche Fisiche e Naturali che l'Ateneo intende istituire ai sensi del D.M. n. 270/04. I pareri espressi dai rappresentanti sui progetti didattici presentati si possono ritenere complessivamente positivi. In particolare, dal dibattito è risultato un interesse all'offerta formativa che l'Ateneo intende attivare, da parte delle diverse realtà istituzionali, economiche, produttive e sociali presenti. Altro elemento di particolare rilevanza, che è emerso dall'incontro, è la disponibilità delle diverse organizzazioni a mantenere un rapporto strutturato con l'Ateneo nell'ambito dello svolgimento delle sue attività didattiche, al fine di fornire agli studenti e ai neo laureati la possibilità di migliorare e completare i propri percorsi formativi con tirocini e stage.

**Obiettivi formativi specifici del Corso**

Il corso di laurea magistrale è finalizzato alla formazione di laureati di elevata qualificazione nell'ambito dell'ingegneria aeronautica, in possesso di conoscenze e di competenze di significativa validità nei contigui settori dell'ingegneria industriale. I laureati magistrali dovranno essere in grado di identificare, formalizzare e risolvere problemi di elevata complessità nell'area dell'ingegneria aeronautica e aerospaziale, utilizzando metodologie di analisi e soluzioni progettuali all'avanguardia in campo internazionale. Il conseguimento di questo obiettivo, importante nell'attuale realtà industriale, è reso possibile da due azioni: da un lato la programmata apertura del corso di laurea magistrale in ingegneria aeronautica ad allievi provenienti dal più vasto settore formativo dell'ingegneria industriale (con una ben definito e già collaudato legame con il corso di laurea in ingegneria meccanica di Roma TRE) e dall'altro la predisposizione di percorsi formativi finalizzati all'approfondimento delle competenze nel settore delle costruzioni aeronautiche, dell'aerodinamica e propulsione, degli azionamenti per l'aeronautica, delle macchine e dei materiali. Il percorso didattico è organizzato in un primo anno dedicato alla formazione di una solida preparazione nelle discipline fondanti l'ingegneria aeronautica e in un secondo anno dedicato all'acquisizione di conoscenze d'avanguardia e allo sviluppo di professionalità di elevata valenza applicativa. La tesi di laurea, originale e individuale dello studente, avrà come obiettivo la sintesi in un lavoro progettuale delle competenze acquisite nel corso di laurea magistrale.

**Autonomia di giudizio**

I laureati magistrali in ingegneria aeronautica saranno in grado di assumere responsabilità autonome nelle attività di progettazione, realizzazione e gestione di sistemi di elevata complessità, in contesti anche interdisciplinari. L'obiettivo sarà perseguito nell'attività didattica dei singoli corsi in cui si promuoverà l'attitudine degli allievi ad un approccio autonomo, all'analisi delle problematiche trattate e, soprattutto nell'attività finale di tesi di laurea, ad una visione multidisciplinare nell'ambito di selezionati contigui settori dell'ingegneria industriale. L'obiettivo sarà verificato attraverso gli esami di profitto e la tesi di laurea magistrale.

**Abilità comunicative**

I laureati magistrali saranno in grado di comunicare efficacemente e interagire con interlocutori di differenziata formazione e competenza. L'obiettivo sarà perseguito tramite l'interazione con colleghi e docenti nell'ambito della prevista attività didattica. Le abilità comunicative saranno verificate tramite gli esami di profitto e l'esame di tesi magistrale.

**Capacità di apprendimento**

I laureati magistrali, grazie alla visione formativa ad ampio spettro che è stata progettata, saranno in grado di procedere in modo autonomo nell'aggiornamento professionale sia nello specifico campo di specializzazione sia in altri settori professionali. Il corso magistrale proposto è pienamente idoneo a formare laureati da inserire in attività di ricerca. La capacità di apprendimento verrà verificata attraverso gli esami dei singoli corsi e il lavoro di tesi. Questo obiettivo sarà perseguito nei corsi che prevedono una componente seminariale e di autonoma attività di sviluppo delle competenze e nello svolgimento della tesi di laurea magistrale. Esso sarà verificato attraverso i relativi esami di profitto e l'esame di laurea magistrale.

### **Requisiti di ammissione**

Per poter accedere al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aeronautica lo studente deve: - conoscere adeguatamente gli aspetti metodologici e operativi delle scienze di base di quelle caratterizzanti l'ingegneria industriale (classe L-9 delle lauree in Ingegneria Industriale) ed essere capace di utilizzare tale conoscenze per identificare, formulare e risolvere i problemi utilizzando metodi, tecniche e strumenti aggiornati; - essere in grado di condurre esperimenti e di utilizzare tecniche e strumenti per la progettazione di componenti, sistemi, processi; - essere in grado di comprendere l'impatto delle soluzioni e conoscere i contesti aziendali nei suoi aspetti economici, gestionali e organizzativi; - conoscere i contesti contemporanei e le proprie responsabilità professionali ed etiche; - essere in grado di comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, in lingua inglese; - possedere gli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento delle proprie conoscenze. Il Regolamento Didattico descrive in modo completo le modalità di verifica di tali conoscenze.

### **Prova finale**

La tesi di laurea magistrale, originale e individuale dello studente, avrà come obiettivo la sintesi in un lavoro progettuale delle competenze acquisite nel corso di laurea. Essa sarà condotta dall'allievo sotto la guida di un relatore.

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

La numerosità dei SSD previsti e l'ampiezza dell'intervallo complessivo di CFU consentiranno: (i) di agevolare il riconoscimento di attività svolte nel corso di laurea del previgente ordinamento, 509, o presso altre sedi; (ii) di attivare più percorsi didattici; (iii) di apportare modifiche non sostanziali al manifesto degli studi senza necessità di approvazione di un nuovo ordinamento.

### **Note relative alle attività caratterizzanti**

L'ampiezza dell'intervallo complessivo di CFU consentirà: (i) di agevolare il riconoscimento di attività svolte nel corso di laurea del previgente ordinamento, 509, o presso altre sedi; (ii) di attivare in futuro, ove necessario e possibile, più percorsi didattici; (iii) di apportare modifiche non sostanziali al manifesto degli studi senza necessità di approvazione di un nuovo ordinamento.

### **Dati di ingresso, di percorso e di uscita**

Nel panorama nazionale i corso di studio di classe LM-20 possono distinguersi in due categorie: quelli che possono vantare un numero di iscritti complessivo costantemente superiore a 100 studenti (Politecnico Milano, Politecnico Torino, Napoli Federico II, Pisa e Sapienza) e le sedi per le quali il numero di iscritti si attesta su valori minori o uguali a 50 (Roma Tre, Napoli Seconda Università, Università del Salento, Università di Bologna, Università di Palermo, Università della Campania). Il corso di studio offerto nell'Università Roma Tre ha goduto di una graduale crescita ed è arrivato a contare 35 immatricolati e 85 iscritti nell'anno accademico 2016/17, ed è l'unico, eccezione fatta per il corso offerto presso l'Università del Salento, ad accettare immatricolati provenienti da qualunque corso di laurea triennale nella classe dell'ingegneria industriale. A livello regionale l'unico altro corso in classe LM 20 è offerto all'Università La Sapienza ma non appare comparabile perché presuppone a monte un corrispondente corso di laurea triennale in Ingegneria Aeronautica. La disponibilità in un corso di primo livello in Ingegneria Aeronautica permette in quella sede un elevatissimo livello di specializzazione dei corsi di laurea magistrale, puntando alla formazione di professionisti con competenze fortemente mirate. Al contrario, l'offerta di Roma Tre punta alla formazione di ingegneri aeronautici con un ampio spettro di competenze, capaci di affrontare con versatilità contesti professionali anche di ambito non aeronautico, ed in questo vede in Italia come unico esempio simile il citato corso offerto presso l'Università del Salento. Tale peculiarità rende il corso offerto a Roma Tre complementare anziché in competizione con quello offerto presso La Sapienza. Facendo riferimento a dati medi Almalaurea del biennio 2016-17 ci sono stati circa 20 laureati annuali, con una tendenza alla crescita graduale. La provenienza è prevalentemente di ambito regionale. La stragrande maggioranza degli immatricolati proviene dal liceo scientifico e solo una percentuale marginale dal classico. Il 10% circa degli studenti si laurea in corso, il 66% dopo un anno fuori corso ed il 14% circa al 2° anno fuori corso. Solo il 5% arriva al 3° anno fuori corso. Le percentuali mostrano però forti oscillazioni di anno in anno a causa della limitata dimensione della popolazione. La durata media degli studi è 3.3 anni, con un ritardo medio di 0,8 anni. Una percentuale del 13% ha svolto esperienze di studio all'estero, e quasi il 30% ha svolto un tirocinio/stage riconosciuto dal corso di laurea magistrale. Il 78% circa vanta qualche esperienza di lavoro a tempo parziale od occasionale durante il periodo di studio. Oltre il 90% è complessivamente soddisfatto del corso di laurea ed oltre l'89% lo è del rapporto in generale con i docenti. Il 75% ritiene il carico di studio sostanzialmente adeguato e il 90% si iscriverebbe nuovamente allo stesso corso di studi dell'Ateneo.

### **Efficacia Esterna**

Per quanto riguarda la condizione occupazionale, AlmaLaurea riporta che il 58% dei laureati 2016 risulta occupato ad un anno dalla laurea, valore che sale al 73% a tre anni dalla laurea per i laureati 2014, con tasso di occupazione ISTAT rispettivamente del 78.9% e 93.3%. Il 90% risulta impiegato nell'industria, mentre il 10% nei servizi. Il 90% dichiara di utilizzare nel lavoro in misura elevata le competenze acquisite durante il percorso di studi e di ritenerle del tutto o sostanzialmente efficaci.

### **Orientamento in ingresso**

Le azioni di orientamento in ingresso sono improntate alla realizzazione di processi di raccordo con la scuola media secondaria. Si concretizzano in attività di carattere informativo sui Corsi di Studio (CdS) dell'Ateneo ma anche come impegno condiviso da scuola e università per favorire lo sviluppo di una maggiore consapevolezza da parte degli studenti nel compiere scelte coerenti con le proprie conoscenze, competenze, attitudini e interessi. Le attività promosse si articolano in: a) autorientamento; b) incontri e manifestazioni informative rivolte alle future matricole; c) sviluppo di servizi online e pubblicazione di guide sull'offerta formativa dei CdS. Tra le attività svolte in collaborazione con le scuole per lo sviluppo di una maggiore consapevolezza nella scelta, il progetto di autorientamento è un intervento che consente di promuovere un raccordo particolarmente qualificato con alcune scuole medie superiori. Il progetto, infatti, è articolato in incontri svolti presso le scuole ed è finalizzato a sollecitare nelle future matricole una riflessione sui propri punti di forza e sui criteri di scelta. Sempre in collaborazione con le scuole medie superiori è da segnalare l'avvio nel 2018 di iniziative di alternanza scuola-lavoro (n. 2 percorsi per l'anno 2017-18 e n. 3 percorsi nell'anno 2018-19 sui temi del Collegio Didattico di Ingegneria Meccanica, di cui il CdS fa parte). Tali iniziative hanno

positive ricadute anche in termini di orientamento. La presentazione dell'offerta formativa agli studenti delle scuole superiori prevede tre eventi principali distribuiti nel corso dell'anno accademico ai quali partecipano tutti i CdS. - Salone dello studente, si svolge presso la fiera di Roma fra ottobre e novembre e coinvolge tradizionalmente tutti gli Atenei del Lazio e molti Atenei fuori Regione, Enti pubblici e privati che si occupano di Formazione e Lavoro. Roma Tre partecipa a questo evento con un proprio spazio espositivo, con conferenze di presentazione dell'offerta formativa dell'Ateneo e promuove i propri Dipartimenti scientifici grazie all'iniziativa Youth for Future. - Giornate di Vita Universitaria (GVU), si svolgono ogni anno da dicembre a marzo e sono rivolte agli studenti degli ultimi due anni della scuola secondaria superiore. Si svolgono in tutti i Dipartimenti dell'Ateneo e costituiscono un'importante occasione per le future matricole per vivere la realtà universitaria. Gli incontri sono strutturati in modo tale che accanto alla presentazione dei Corsi di Laurea, gli studenti possano anche fare un'esperienza diretta di vita universitaria con la partecipazione ad attività didattiche, laboratori, lezioni o seminari, alle quali partecipano anche studenti seniores che svolgono una significativa mediazione di tipo tutoriale. Partecipano annualmente circa 5.000 studenti. - Orientarsi a Roma Tre, rappresenta la manifestazione che chiude le annuali attività di orientamento in ingresso e si svolge in Ateneo a luglio di ogni anno. L'evento accoglie, perlopiù, studenti romani che partecipano per mettere definitivamente a fuoco la loro scelta universitaria. Durante la manifestazione viene presentata l'offerta formativa e sono presenti, con un proprio spazio, tutti i principali servizi di Roma Tre, le segreterie didattiche e la segreteria studenti. Agli eventi sopra descritti è doveroso segnalare la partecipazione del Dipartimento di Ingegneria, con un proprio stand espositivo, anche alla fiera Maker Faire, occasione di incontro fra i docenti e i ricercatori del Dipartimento con studenti non solo delle scuole secondarie superiori ma anche con ragazzi frequentanti corsi universitari di laurea triennale. I servizi online messi a disposizione dei futuri studenti universitari nel tempo sono aumentati tenendo conto dello sviluppo delle nuove opportunità di comunicazione tramite web. Inoltre, durante tutte le manifestazioni di presentazione dell'offerta formativa, sono illustrati quei siti web di Dipartimento, di Ateneo, Portale dello studente etc. che possono aiutare gli studenti nella loro scelta.

### **Orientamento e tutorato in itinere**

Le attività di orientamento in itinere e il tutorato costituiscono un punto particolarmente delicato del processo di orientamento. Non sempre lo studente che ha scelto un Corso di Laurea è convinto della propria scelta ed è adeguatamente attrezzato per farvi fronte. Non di rado, e ne costituiscono una conferma i tassi di dispersione al primo anno, lo studente vive uno scollamento tra la passata esperienza scolastica e quanto è invece richiesto per affrontare efficacemente il Corso di Studio scelto. Tale scollamento può essere dovuto ad una inadeguata preparazione culturale ma anche a fattori diversi che richiamano competenze relative alla organizzazione e gestione dei propri processi di studio e di apprendimento. Sebbene tali problemi debbano essere inquadrati ed affrontati precocemente, sin dalla scuola superiore, l'Università si trova di fatto nella condizione, anche al fine di contenere i tassi di dispersione, di dover affrontare il problema della compensazione delle carenze che taluni studenti presentano in ingresso. Naturalmente, su questi specifici temi i Dipartimenti e i CdS hanno elaborato proprie strategie a partire dall'accertamento delle conoscenze in ingresso, attraverso i test di accesso, per giungere ai percorsi compensativi che eventualmente seguono la rilevazione delle lacune in ingresso per l'assolvimento di Obblighi Formativi Aggiuntivi, a diverse modalità di tutorato didattico. Con lo scopo di favorire la migliore inclusione possibile delle studentesse e degli studenti con disabilità o con DSA, è presente in Dipartimento la figura del Docente Referente, il quale collabora con il Delegato del Rettore alla disabilità, ai disturbi specifici dell'apprendimento e al supporto all'inclusione, con l'Ufficio Studenti con disabilità e DSA (Direzione 6) e con il Servizio Tutorato DSA di Ateneo. La funzione del Referente è quella di coordinare gli Studenti-Tutor che il Dipartimento ha a disposizione, di intervenire direttamente con attività di supporto alle studentesse e agli studenti, di interagire con i colleghi docenti del Dipartimento, nonché di favorire con la propria intermediazione la relazione tra docenti e studenti, e tra studenti. Le attività di orientamento e tutorato specifiche del corso di laurea magistrale in Ingegneria Aeronautica in itinere si esplicano essenzialmente nel supporto fornito agli studenti dal personale del Collegio didattico nella scelta del proprio percorso formativo individuale e nell'assistenza a concretizzare esperienze di studio all'estero o svolgimento di stage e tirocini, sia per acquisizione di CFU che per svolgimento della tesi di laurea. Lo studente, infatti, di norma ha ormai acquisito un'adeguata maturità durante il percorso di studio triennale che gli consente di affrontare il percorso di studio in relativa autonomia. Tuttavia il Collegio mette a disposizione un servizio di tutorato per aiutare ad affrontare specifiche difficoltà che dovessero manifestarsi. Inoltre, prevede una struttura stabile di docenti, incaricata di coadiuvare gli studenti nella scelta dei percorsi formativi, nella compilazione dei piani di studio, nonché nelle attività di orientamento alle iniziative di internazionalizzazione, con particolare riferimento al programma Erasmus. Le ulteriori misure attuate dal CdS in termini di attività di tutorato ed orientamento in itinere sono: - attività di supporto alla didattica e didattica integrativa a valere sui singoli insegnamenti; - borse di premialità per studenti meritevoli; - laboratori didattici per aumentare le competenze professionalizzanti; - potenziamento delle attività di stage e tirocinio formativo anche mediante specifiche convenzioni con enti di ricerca ed aziende ai fini dello svolgimento della tesi di laurea. In particolare maggiore attenzione è stata posta dal corpo docente nell'indirizzare correttamente gli studenti nella gestione delle attività connesse a tesi di laurea al fine di evitare sprechi di tempo che portano ad allungare la durata del percorso di studi; - l'offerta agli studenti, sotto forma di seminari, di testimonianze personali di vita professionale da parte di ingegneri operanti nelle industrie affinché svolgano una funzione di orientamento al mondo del lavoro illustrando gli sbocchi professionali possibili.

### **Assistenza per lo svolgimento di periodi di formazione all'esterno (tirocini e stage)**

Il CdS non prevede tirocini curriculari obbligatori. Gli studenti possono comunque svolgere stage e tirocini nell'ambito delle ulteriori attività formative. Le attività di assistenza per tirocini e stage sono svolte dall'Ufficio Stage e Tirocini che promuove sia tirocini curriculari, rivolti a studenti e finalizzati a realizzare momenti di alternanza tra studio e lavoro con lo scopo di affinare il processo di apprendimento e di formazione; sia tirocini extracurriculari, rivolti ai neolaureati e finalizzati ad agevolare le scelte professionali e l'occupabilità. Per favorire una migliore gestione delle attività di tirocinio e stage, negli ultimi anni, l'Ufficio si avvale della piattaforma jobsoul utilizzata all'interno della rete Sistema Orientamento Università Lavoro (SOUL) anche per le attività di placement. In particolare la piattaforma viene utilizzata per la pubblicazione delle offerte e l'invio delle candidature, per la trasmissione del testo di convenzione e la predisposizione del progetto formativo. Attualmente la piattaforma è utilizzata per l'attivazione dei tirocini curriculari. Nel 2018 sono state pubblicate nella piattaforma 1.330 opportunità di tirocinio. L'ufficio Stage e Tirocini svolge in particolare le seguenti attività: supporta l'utenza (enti ospitanti e tirocinanti) relativamente alle procedure di attivazione (che avvengono prevalentemente attraverso la piattaforma jobsoul) e alla normativa di riferimento, oltre che telefonicamente e tramite e-mail, con orari di apertura al pubblico; cura i procedimenti amministrativi (contatti con enti ospitanti, acquisizione firme rappresentanti legali, repertorio, trasmissione agli enti previsti da normativa) di tutte le convenzioni per tirocinio e tutti gli adempimenti amministrativi relativi ai Progetti Formativi di tirocini curriculari ed extracurriculari (ad eccezione dei tirocini curriculari del dipartimento di Scienze della Formazione, dei tirocini del Dipartimento di Scienze Politiche ed Economia); cura l'iter dei tirocini cofinanziati dal MIUR ai sensi del DM 1044/13 e di convenzioni particolari con Enti pubblici (Prefettura, Quirinale); gestisce bandi per tirocini post titolo in collaborazione con Enti pubblici (IVASS, Banca d'Italia, Anac, Corte Costituzionale); Gestisce le procedure di attivazione di tirocini che vengono ospitati dall'Ateneo, siano essi curriculari che formativi e di orientamento post titolo o di inserimento /reinserimento (Torno Subito); partecipa a progetti finanziati da Enti pubblici quali Provincia, Regione e Ministero del lavoro a sostegno dell'inserimento nel mondo del lavoro. Nel 2018 è iniziata la partecipazione ad un Piano di sviluppo promosso da ANPAL orientato al rafforzamento e allo sviluppo dei Career Service di Ateneo.

### **Assistenza e accordi per la mobilità internazionale degli studenti**

L'Ateneo incentiva periodi di formazione all'estero dei propri studenti nell'ambito di appositi accordi stipulati con università estere, sia nell'ambito dei programmi europei promossi dalla Commissione Europea, sia in quello dei programmi di mobilità d'Ateneo. Gli studenti in mobilità internazionale ricevono un sostegno economico sia sotto forma di contributi integrativi alle borse comunitarie, sia col finanziamento di borse totalmente a carico del bilancio d'Ateneo per altre iniziative di studio e di ricerca. Per ogni iniziativa vengono pubblicati appositi Bandi, Avvisi, FAQ, Guide. Vengono garantiti un servizio di Front Office; assistenza nelle procedure di iscrizione presso le istituzioni estere, in collaborazione con le strutture didattiche che si occupano dell'approvazione del

progetto di formazione; assistenza per le procedure di richiesta del visto di ingresso per mobilità verso Paesi extraeuropei; contatto costante con gli studenti che si trovano all'estero e intervento tempestivo in caso di necessità. Tutte le attività di assistenza sono gestite dagli uffici dell'Area Studenti, che operano in stretta collaborazione con le strutture didattiche, assicurando monitoraggio, coordinamento delle iniziative e supporto ai docenti, anche nelle procedure di selezione dei partecipanti alla mobilità. Nel quadro degli obiettivi di semplificazione, le procedure di candidatura ai bandi sono state tutte informatizzate tramite servizi on line disponibili nei siti web degli uffici (<http://portalestudente.uniroma3.it/>). Attraverso un'area riservata, gli studenti possono visualizzare i dati relativi alla borsa di studio assegnata e svolgere alcune azioni online quali l'accettazione o rinuncia alla borsa, la compilazione del progetto di studio (Learning Agreement) e la firma del contratto finanziario. Per gli aspetti di carattere didattico, gli studenti sono assistiti dai docenti, coordinatori dei programmi o referenti degli accordi, che li indirizzano alla scelta dei corsi da seguire all'estero e li assistono nella predisposizione del Learning Agreement. Il Centro Linguistico di Ateneo offre agli studenti la possibilità di approfondire la conoscenza della lingua straniera prima della partenza attraverso lezioni frontali e corsi in autoapprendimento. Gli studenti sono informati anche sulle opportunità di formazione internazionale offerte da altri Enti o Istituzioni accademiche. Oltre a pubblicare le informazioni sul proprio sito, vengono ospitati eventi dedicati in cui i promotori delle iniziative stesse e le strutture di Ateneo informano e dialogano con gli studenti. Tutte le iniziative di formazione all'estero vengono pubblicizzate sul sito degli uffici per la mobilità internazionale (<http://portalestudente.uniroma3.it/>), sui siti dei Dipartimenti e sul sito d'Ateneo (<http://www.uniroma3.it/>), nonché diffuse attraverso i profili Facebook e Twitter dell'Area Studenti, dell'Ateneo e dei Dipartimenti.

### Accompagnamento al lavoro

L'Ufficio Job Placement favorisce l'incontro tra la domanda e l'offerta di lavoro attraverso la diffusione sul portale <http://uniroma3.jobssoul.it/> delle opportunità di lavoro, garantisce la massima diffusione di tutte le iniziative di placement promosse dall'Ateneo e da altre realtà esterne e fornisce un servizio di mailing list mirato su richieste specifiche da parte delle aziende. Nel corso del 2018 sono stati attivati sul portale, dal Back Office JobSoul di Roma Tre, n°528 profili aziendali, sono state pubblicate n° 627 opportunità di lavoro e sono state pubblicate n° 40 news. Ad oggi le aziende attive sul portale sono complessivamente n. 15.426. Sempre nella direzione di favorire l'incontro tra domanda ed offerta i curricula dei laureati di Roma Tre sono consultabili sulla piattaforma del Consorzio AlmaLaurea ([www.almalaurea.it/](http://www.almalaurea.it/)), di cui il nostro Ateneo è parte. Sebbene il matching diretto tra domanda ed offerta costituisca un importante strumento per i giovani laureati per entrare nel mondo del lavoro sono altresì necessari servizi di accompagnamento che consentano di riflettere e costruire il proprio orientamento professionale. In tale direzione proseguono le attività di Porta Futuro Rete Università, progetto della Regione Lazio-LazioDisco, in collaborazione con gli Atenei, che offre a studenti e laureati l'opportunità di crescere professionalmente, attraverso servizi di orientamento e di formazione, per posizionarsi al meglio sul mercato del lavoro. Iniziative per l'avvicinamento degli studenti laureandi al mondo del lavoro sono promosse direttamente sia dal Dipartimento che dal CdS. Il primo organizza eventi, quali quello denominato CV at Lunch, con la finalità di favorire l'incontro degli studenti laureandi con le aziende, alcune delle quali del settore industriale; il secondo, nel corso degli ultimi anni, ha promosso l'attivazione di laboratori didattici per aumentare le competenze professionalizzanti. Fra le altre cose, il CdS offre agli studenti, sotto forma di seminari, testimonianze personali di vita professionale da parte di ingegneri operanti nelle industrie affinché svolgano una funzione di orientamento al mondo del lavoro illustrando gli sbocchi professionali possibili.

### Eventuali altre iniziative

Nel corso dell'anno accademico sono organizzati eventi di interesse generale per gli studenti e per i professionisti che coinvolgono esperti provenienti da tutto il mondo.

### Opinioni studenti

Le informazioni relative all'esperienza dello studente sono state desunte dai questionari compilati dagli studenti al termine dei corsi durante l'a.a. 2015-2016, ultimo anno per cui al momento della compilazione si hanno dati ufficiali (fonte: Ufficio Statistico di Ateneo), e dai dati AlmaLaurea (AL) relativi al profilo dei laureati. Dai questionari prodotti dagli studenti al termine di ogni corso, si rileva, anche se a fronte di un limitato numero di iscritti, una diffusa soddisfazione sulla qualità dei corsi erogati. Altresì, si rileva una diffusa esigenza di una più mirata preparazione preliminare rispetto ai corsi caratterizzanti la laurea Magistrale in Ingegneria Aeronautica. Dagli studenti emerge, infine, una esigenza di incentivare rapporti con istituzioni straniere che possono riguardare tirocini e svolgimento di tesi di laurea. I giudizi sulla sufficienza della conoscenza preliminare sono in linea con l'anno precedente, seppure migliorabili, ed appaiono giustificate con la mancanza per questo corso di studi di un analogo corso triennale a monte. Quale intervento correttivo è stato previsto di offrire come corso a scelta un insegnamento di Fondamenti di Ingegneria aeronautica all'interno della laurea triennale. Oltre il 75% degli studenti, nella media calcolata su tutti i corsi, fornisce una risposta positiva. Le percentuali degli studenti si ritengono complessivamente soddisfatti degli insegnamenti erogati è 84%. Il 75% ritiene adeguato il carico di studio. Con valori medi variabili tra 85 e 89% gli studenti ritengono i docenti chiari e di stimolo all'interesse verso la materia insegnata. Le opinioni positive riguardo gli aspetti logistici ed organizzativi dei corsi sono espresse da percentuali di studenti variabili dall'89% al 97%. In media il 90% degli studenti è interessato agli argomenti trattati. Il giudizio medio sugli insegnamenti è quindi nel complesso positivo e in linea con l'anno precedente per tutte le voci. E' bassa seppure ancora non trascurabile la porzione di studenti (13%) che richiede che vengano fornite maggiori conoscenze preliminari, giustificato da quanto sopra citato. Tra i suggerimenti manifestati dagli studenti il 20% richiede una maggiore qualità del materiale didattico o di aumentarne la disponibilità online. Su tali esigenze si possono concentrare per il futuro le iniziative di miglioramento I questionari per la raccolta delle opinioni degli studenti non evidenziano criticità particolari su specifici insegnamenti.

### Organizzazione e responsabilità della AQ a livello del Corso di Studio

Il Corso di Studio (CdS) è gestito dal Collegio didattico di Ingegneria Meccanica (CDIM), istituito presso il Dipartimento di Ingegneria, e fa riferimento alla Sezione di Ingegneria Meccanica e Industriale. In accordo con le linee guida dell'Assicurazione di Qualità (AQ) i principali processi gestiti dal CDIM sono: a) la pianificazione dell'offerta formativa (inclusa la definizione della domanda di formazione mediante interazione con gli stakeholder; la definizione degli obiettivi formativi e dei risultati di apprendimento; la progettazione del processo formativo); b) l'erogazione del processo formativo e la gestione delle carriere degli studenti; c) il monitoraggio delle prestazioni ed il riesame annuale e riesame ciclico. Per la gestione di tali processi il CDIM ha un Coordinatore ed un Consiglio, composto dai docenti impegnati nelle attività didattiche di pertinenza del CDIM e dai rappresentanti eletti degli studenti. Inoltre si avvale della collaborazione del personale di Segreteria, nonché dei seguenti Gruppi di Lavoro o collaboratori interni: 1. Gruppo del riesame per il Corso di Laurea In Ingegneria Aeronautica (composto dal coordinatore del collegio, dalla segretaria didattica Sig.ra Giayvia, dai proff. Bernardini e Iemma). 2. Gruppo Referenti ERASMUS ed attività formative estere (proff. Bernardini e Chiavola). 3. Commissione per l'Ordinamento Didattico e l'Offerta Formativa (ODOF), composta dai proff. Belfiore, Caputo, Marini, Bemporad, Solero, Gennaretti, Sciuto, De Lieto Vollaro, Barletta. 4. Referente per la Qualità (prof.ssa Giovannelli). 5. Gruppo gestione AQ, composto dai proff. Caputo, Camussi, Gennaretti, Giovannelli, Iemma e coadiuvato dalla Sig.ra Giayvia. 6. Commissione per l'innovazione didattica ed E-learning (proff. Caputo, Iemma, Sciuto, Marini e Barletta). 7. Referente nella Commissione di Indirizzo Permanente, CIP (prof. De Lieto Vollaro) Ai fini dell'Assicurazione di Qualità del corso di studi tali risorse agiscono in maniera coordinata con il sistema di Assicurazione della Qualità del Dipartimento di Ingegneria, che include il Consiglio di Dipartimento, la Commissione Paritetica DocentiStudenti (presidente prof. C. Salvini), il Responsabile AQ per la Didattica, i coordinatori dei Corsi di Studio, la Commissione didattica, la CIP, la Sotto-commissione Internazionalizzazione della Didattica, il tavolo di coordinamento per l'Analisi Matematica I, ed i cui documenti relativi al processo di AQ della didattica sono disponibili sul sito del Dipartimento di Ingegneria ([http://www.ingegneria.uniroma3.it/?page\\_id=23844](http://www.ingegneria.uniroma3.it/?page_id=23844)). I principali flussi informativi verso le altre strutture d'Ateneo sono le Schede

SUA, i rapporti del riesame ciclico, le schede annuali di monitoraggio, il regolamento del corso di studi, i verbali dei consigli del CDIM. Il principale strumento di comunicazione con il corpo studentesco è il sito web del CDIM (<http://didmec.ingegneria.uniroma3.it/>). Il referente della CIP, ed i referenti ERASMUS hanno ruolo consultivo nella gestione della qualità. Il gruppo del riesame ha funzione di monitoraggio e di proposta di interventi correttivi. La commissione ODOF svolge la funzione progettuale del corso di studi elaborando l'assetto dell'offerta formativa alla luce degli obiettivi formativi e delle esigenze del mercato di sbocco e degli stakeholder. Il referente per la qualità ha funzione di coordinamento e pianificazione dei flussi informativi e della documentazione inerente il processo di assicurazione della qualità. I documenti programmatici presi a riferimento sono il piano strategico di Ateneo per la didattica, i rapporti del riesame ciclico e le schede annuali di monitoraggio, che includono le risultanze delle rilevazioni statistiche fornite dall'Ufficio statistico di Ateneo e da Alma Laurea, le risultanze delle rilevazioni annuali dell'opinione di studenti e laureati così come riportate nei verbali delle riunioni del CDIM. Le regole organizzative del Corso di Laurea e la relativa offerta formativa vengono riportate nel regolamento del Corso di Studio che viene approvato ogni anno. Costituiscono parte integrante delle regole operative del corso di studi anche le relative delibere assunte in seno al Consiglio del Collegio didattico riportate nei relativi verbali. Le modalità di verifica delle conoscenze richieste in ingresso e del recupero di eventuali carenze vengono illustrate nel Regolamento Didattico. La verifica delle competenze acquisite viene svolta mediante prove in itinere e/o prove finali d'esame scritte od orali per ciascun insegnamento. Il principale strumento operativo di monitoraggio e pianificazione dei processi di assicurazione della qualità sono i rapporti del riesame ciclico e le schede annuali di monitoraggio, elaborati secondo le tempistiche fissate dall'Ateneo dal Gruppo del Riesame ed oggetto di discussione in seno al Consiglio del CDIM. Tali documenti vengono redatti secondo le linee guida di Ateneo illustrate in seno ai periodici incontri con il Presidio di Qualità. La delibera degli interventi correttivi e di miglioramento della qualità avviene in seno al Consiglio del CDIM che pianifica anche modalità, responsabilità e tempi di esecuzione e ne verifica il grado di avanzamento. Pertanto, mentre gli organi sopra indicati, e coinvolti nella gestione della qualità, hanno compito istruttorio e di pianificazione, e programmano le proprie riunioni di lavoro in maniera autonoma, tutte le questioni inerenti la qualità vengono in ultimo portate in discussione in occasione delle periodiche riunioni del consiglio del CDIM ai fini della assunzione delle relative delibere. Nel CDIM vige la prassi che i singoli studenti possano rivolgersi direttamente al Coordinatore od al personale di segreteria per presentare richieste o problemi specifici che vengono prontamente affrontati elaborando soluzioni individuali. Problematiche di natura generale o comuni a gruppi di studenti vengono invece segnalate dai rappresentanti studenteschi in seno al CDIM che interloquiscono direttamente con il Coordinatore od in occasione dei Consigli del CDIM. E' prassi anche che la Commissione paritetica interagisca, tramite il suo Presidente e gli studenti di area meccanica, con il Coordinatore per chiedere chiarimenti su situazioni specifiche o segnalare eventuali problematiche. Il processo di monitoraggio è affidato alla periodiche rilevazioni dell'opinione degli studenti e dei laureati. I risultati dei questionari di valutazione della attività didattiche, una volta comunicati dall'Ufficio Statistico di Ateneo, vengono rielaborati dal Coordinatore per presentarli in forma aggregata anonima e discussi collegialmente nel Consiglio del CDIM nel rispetto delle scadenze fissate dall'Ateneo e dal Dipartimento. Specifiche criticità eventualmente riscontrate dal Coordinatore su singoli insegnamenti vengono discusse con il docente interessato. Ulteriori questioni di interesse comune a livello Dipartimentale, evidenziate in seno alle attività di monitoraggio, vengono discusse collegialmente nelle riunioni della Commissione didattica. Gli esiti del monitoraggio, i rapporti del riesame ciclico e le schede di monitoraggio annuale vengono infine presentate e discusse in seno al Consiglio di Dipartimento. Le scadenze relative alle attività di riesame, al monitoraggio delle opinioni di studenti e docenti, ed alla discussione delle relative relazioni negli organi collegiali sono regolate dalla tempistica che annualmente viene fissata dall'Ateneo (v. file allegato al box D1). Le scadenze delle attività istruttorie dei gruppi di Lavoro interni al CDIM sono fissate in autonomia dai membri dei Gruppi stessi nel rispetto delle scadenze di Ateneo. Al fine di migliorare ulteriormente le attività per l'assicurazione della qualità previste dalla normativa AVA è in fase di attuazione una riorganizzazione del flusso informativo per la sistematizzazione e formalizzazione delle procedure interne e della gestione documentale, per una più trasparente gestione in accordo con i requisiti della normativa e le linee guida del Presidio di Qualità di Ateneo. Tale processo ha portato alla stesura del Manuale di Assicurazione della Qualità che funge da singolo archivio della documentazione e contiene l'illustrazione dei processi, ed una mappatura dettagliata delle procedure adottate dal Collegio didattico. Con riferimento alla struttura del corso di studio ed all'articolazione dell'offerta formativa, l'organismo tecnico demandato alle attività istruttorie e progettuali è la commissione Ordinamento didattico ed Offerta Formativa (ODOF). La commissione ODOF riferisce al Consiglio del CDIM ed elabora il progetto del corso di studio eseguendo i seguenti processi. a) Definizione della domanda di formazione, individuando e consultando le parti interessate e definendo funzioni, competenze e profili professionali di riferimento. b) Definizione degli Obiettivi Formativi e dei Risultati di Apprendimento. c) Progettazione del processo formativo c1. Definizione dei requisiti di ammissione. c2. Definizione dell'offerta didattica e dei percorsi di formazione. c3. Definizione modalità della prova finale. c4. Definizione dei metodi di accertamento della attività formative. L'organo deliberante ai fini della proposta al Dipartimento dell'offerta formativa annuale e delle modifiche ordinamentali, a valle di quanto sopra esposto, è comunque il Consiglio del Collegio didattico del corso di studi. In particolare il percorso progettuale si articola secondo una modalità top-down, partendo dalla definizione della figura di riferimento che si desidera formare. A queste vengono associate le relative competenze in funzione dei ruoli destinati a svolgere nel mondo del lavoro. Alle competenze individuate vengono associati i contenuti formativi e le conoscenze necessarie. Contenuti e conoscenze vengono infine articolate nei vari insegnamenti che compongono l'offerta formativa. In seno a tale processo vengono quindi definiti gli obiettivi formativi di ciascuna attività didattica ed i risultati di apprendimento attesi. Responsabilità della commissione ODOF è anche di provvedere ad un efficace coordinamento dei contenuti degli insegnamenti al fine di evitare lacune e ridondanze, di eseguire la verifica di coerenza dei risultati di apprendimento indicati (descrittori di Dublino) con i profili professionali del CdS e la domanda di formazione, come pure la verifica della congruenza tra le modalità di erogazione degli insegnamenti con quanto riportato nelle relative schede descrittive

### Opinioni dei laureati

Per analizzare l'opinione dei laureati sono stati presi in considerazione i dati AlmaLaurea 2016 e 2017 relativi al profilo dei laureati. Dai questi dati, sia pure relativi ad un numero di laureati non elevato, emerge che la quasi totalità degli intervistati (oltre il 90%) è complessivamente soddisfatto del CdS. Buono è il livello di soddisfazione per quanto riguarda il rapporto con i docenti (oltre il 90%), e il carico di studio (80%). Una percentuale media intorno al 90% si riscriverebbe allo stesso corso di studio dell'Ateneo.

### Opinioni enti e imprese con accordi di stage / tirocinio curriculare o extra-curriculare

L'Ufficio Stage di Ateneo gestisce formali rapporti di convenzione con numerose Aziende interessate ad ospitare stagisti e tesisti mediante il portale JobSoul. Occorre però notare che nell'ambito del Corso di Studi sono molto numerosi i docenti che, tramite conoscenze personali, riescono ad offrire agli studenti la possibilità di sviluppare la tesi di laurea in Azienda o presso altri Enti di ricerca (es. ENEA, INSEAN, ecc.). Spesso tali rapporti si tramutano in stage post laurea ed in rapporti di lavoro. Tali connessioni informali col mondo industriale, seppure molto numerose, spesso non vengono esplicitamente ufficializzate e pertanto sfuggono ad una rilevazione statistica. Frequentemente le sessioni di laurea vedono la partecipazione di tutor aziendali, le cui testimonianze presso la Commissione attestano di norma un eccellente livello di soddisfazione. Non è comunque previsto un tirocinio curriculare nell'offerta formativa. Pertanto gli studenti accedono a stage e tirocini esterni su base volontaria sfruttando prevalentemente i contatti che i docenti direttamente hanno con Aziende con cui intrattengono rapporti di collaborazione scientifica, ovvero canali personali. In parallelo opportunità di tirocinio e stage sono fornite da convenzioni didattiche apposite che il Collegio o il Dipartimento stipulano con enti ed aziende (ultima in ordine di tempo la convenzione quadro con il Centro Sviluppo Materiali di Roma). Infine la Segreteria del Collegio si adopera per pubblicizzare adeguatamente le richieste di di stage e tirocinio avanzate direttamente dalle Aziende. Lo svolgimento di tesi di laurea è attualmente il principale strumento con cui il CdS favorisce l'occupabilità dei propri laureati. Il CdS organizza annualmente un ciclo di seminari a frequenza obbligatoria (con una corrispondente misura del carico didattico dello studente) svolti da esponenti del mondo produttivo provenienti da aziende e enti di ricerca con l'obiettivo di fornire conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro. Il CdS favorisce inoltre lo svolgimento di tesi da svolgere all'estero che spesso hanno portato all'instaurarsi di rapporti di lavoro stabili dopo la laurea.

## Programmazione dei lavori e scadenze di attuazione delle iniziative

La programmazione dei lavori e la definizione delle scadenze per l'attuazione delle azioni previste dall'AQ sono ogni anno deliberate da Senato Accademico su proposta del Presidio della Qualità. La definizione di tale Programma dell'iter operativo del processo è, ovviamente, correlato alle modalità e alle tempistiche stabilite annualmente dallo specifico Decreto Ministeriale emanato dal MIUR, in accordo con le indicazioni dell'ANVUR. L'Ateneo intende seguire un programma di lavoro adeguato alla migliore realizzazione delle diverse azioni previste dalla procedura di AQ. Pertanto, per l'anno accademico 2019/20, si intende operare secondo le modalità e tempistiche delineate nel documento allegato.

## Riesame annuale

In base alle Linee guida per l'accreditamento periodico delle sedi e dei corsi di studio universitari (cosiddette AVA 2.0), l'attività di autovalutazione dei Corsi di Studio (CdS) viene attestata in due documenti che, pur avendo lo stesso oggetto, richiedono una diversa prospettiva di analisi. 1) Il commento sintetico alla Scheda di Monitoraggio Annuale (SMA) consiste in un sintetico commento critico agli indicatori quantitativi relativi all'andamento del corso di studio, che riguardano le carriere degli studenti, l'attrattività e l'internazionalizzazione, gli esiti occupazionali dei laureati, la consistenza e la qualificazione del corpo docente, la soddisfazione dei laureati. Dal punto di vista delle tempistiche, entro il 30 novembre 2018, per ciascun CdS, l'organo didattico preposto (competente ai sensi dell'art. 4, comma 2 del Regolamento didattico di Ateneo) provvede alla redazione del commento sintetico alla SMA e lo approva formalmente (dandone conto tramite apposita verbalizzazione). Il processo di riesame del CdS procede come segue: - il monitoraggio del CdS viene istruito dal Gruppo di Lavoro appositamente insediato presso il Collegio didattico e composto da rappresentanti dei docenti, degli studenti e del personale tecnico-amministrativo; - il Gruppo di Lavoro (che per il Collegio di Ingegneria meccanica coincide con il Gruppo del riesame istituito per ciascun corso di studio) predispose il commento alla scheda di monitoraggio analizzando la scheda fornita dal sito [ava.miur.it](http://ava.miur.it) nonché ogni ulteriore informazione a propria disposizione (dati AlmaLaurea, risultanze dei questionari di monitoraggio somministrati agli studenti ecc.). Il commento alla scheda di monitoraggio è approvato dall'organo collegiale del CdS secondo le tempistiche stabilite annualmente dall'Ateneo; - il Consiglio di Dipartimento approva i commenti alle schede di monitoraggio dei CdS di propria competenza e li trasmette all'Ufficio Didattico. 2) Il Rapporto di Riesame Ciclico (RRC) del CdS consiste, invece, in un'autovalutazione approfondita e in prospettiva pluriennale dell'andamento complessivo del CdS, sulla base di tutti gli elementi di analisi utili (dati forniti dal sito [ava.miur.it](http://ava.miur.it) nonché ogni ulteriore informazione a propria disposizione come dati AlmaLaurea, risultanze dei questionari di monitoraggio somministrati agli studenti, ecc.), con l'indicazione puntuale delle eventuali criticità rilevate e delle proposte di soluzione da realizzare nel ciclo successivo. Le attività connesse con il Riesame Ciclico, e in particolare la compilazione del RRC, competono all'organo didattico preposto (competente ai sensi dell'art. 4, comma 2 del Regolamento didattico di Ateneo) che provvede alla redazione del RRC e lo approva formalmente (dandone conto tramite apposita verbalizzazione). La procedura viene effettuata secondo il seguente calendario (disponibile al link <http://asi.uniroma3.it/moduli/ava/>) - Dal 30 gennaio 2019 il Presidio di Qualità (PQA) rende disponibile il format per la compilazione del RRC - Entro il 29 marzo 2019 i Gruppi del Riesame (GdR) redigono una versione preliminare completa del RRC e la trasmettono al coordinatore dell'organo didattico competente e al Direttore di Dipartimento (se l'organo competente è diverso dal Consiglio di Dipartimento) e al PQA. - Entro il 15 maggio 2019 il PQA svolge attività di supporto, attraverso incontri presso i Dipartimenti, con riferimento alla versione preliminare del RRC. - Entro il 31 maggio 2019 i GdR redigono l'edizione definitiva del RRC e la trasmettono al coordinatore dell'organo didattico competente. L'organo didattico competente lo approva e lo trasmette al PQA e al Direttore di Dipartimento (se l'organo competente è diverso dal Consiglio di Dipartimento). - Entro il 30 giugno 2019 i Consigli di Dipartimento elaborano e approvano una relazione sulle azioni effettuate, o che intendono effettuare, per il miglioramento della didattica e lo sviluppo complessivo dell'offerta formativa dipartimentale. La relazione fa riferimento ai RRC approvati (entro il 31 maggio) ma la relativa attività istruttoria può iniziare utilizzando le versioni preliminari dei RRC (disponibili al 29 marzo). La relazione con allegati i RRC viene trasmessa alla CPDS e all'Ufficio Didattico che ne cura la trasmissione al NdV, al PQA e agli Organi di Governo. - Entro il 31 ottobre 2019 gli Organi di Governo deliberano gli eventuali aggiornamenti del Piano Strategico della Didattica di Ateneo sulla base dei RRC e delle relazioni sulle azioni da intraprendere approvate dai Dipartimenti. Per quanto riguarda i tempi di ottenimento ed elaborazione delle risultanze dei questionari di monitoraggio somministrati agli studenti, le Segreterie Didattiche dei Dipartimenti informano via mail tutti i docenti (titolari e a contratto) dell'avvio della procedura di somministrazione dei questionari entro il 15 novembre per il primo semestre ed entro il 15 aprile per il secondo semestre di ogni anno accademico. Il sistema è stato configurato consentendo la compilazione dei questionari per tutte le unità didattiche con almeno 4 CFU che siano state inserite nella SUA-CDS. La finestra temporale per la compilazione è dal 15 novembre al 30 settembre per le attività del primo semestre e dal 15 aprile al 30 settembre per le attività del secondo semestre o annuali. In questo modo i GdR hanno a disposizione le risultanze dei questionari di monitoraggio relativi fino all'anno accademico precedente a quello in cui avviene il riesame del CdS. Di seguito si riportano le risultanze del commento alla scheda di monitoraggio per il CdS in oggetto.

## Il Corso di Studio in breve

Il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aeronautica, afferente al Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi Roma Tre e appartenente alla Classe LM-20 delle Lauree Magistrali in "Ingegneria Aerospaziale e Astronautica", è finalizzato al conseguimento del titolo di studio universitario: Laurea Magistrale in Ingegneria Aeronautica. Il Corso di Laurea Magistrale è finalizzato alla formazione di laureati di elevata qualificazione nell'ambito dell'ingegneria aeronautica, in possesso di conoscenze e di competenze di significativa validità nei contigui settori dell'ingegneria industriale. I laureati magistrali dovranno essere in grado di identificare, formalizzare e risolvere problemi di elevata complessità nell'area dell'ingegneria aeronautica e aerospaziale, utilizzando metodologie di analisi e soluzioni progettuali all'avanguardia in campo internazionale. Alla luce degli obiettivi prefissati il Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aeronautica è rivolto all'approfondimento delle competenze progettuali nel settore delle costruzioni aeronautiche, dell'aerodinamica e propulsione, degli azionamenti per l'aeronautica, delle macchine e dei materiali. Il corso di studio è ad accesso libero, senza numero programmato, ed il requisito richiesto è il possesso di una laurea triennale della classe dell'ingegneria industriale. Il percorso didattico è organizzato in un primo anno dedicato alla formazione di una solida preparazione scientifica e tecnologica nel settore aeronautico, e in un secondo anno dedicato all'acquisizione di conoscenze d'avanguardia e di specifiche competenze in differenziati settori applicativi in ambito aeronautico e nei correlati settori applicativi industriali. Esso consta di 81 CFU relativi ad insegnamenti comuni obbligatori, caratterizzanti ed affini, cui si aggiungono, nel secondo anno e previa presentazione del piano di studi, ulteriori 18 CFU in insegnamenti affini mediante percorsi di approfondimento a scelta dello studente. Sempre nel secondo anno di corso, tramite il piano di studio individuale, lo studente indica come acquisire anche i 9 CFU previsti per attività a scelta ed ulteriori abilità formative. A valere delle attività a scelta gli studenti potranno optare per tirocini aziendali, insegnamenti istituzionali offerti dal Dipartimento o dall'Ateneo, ulteriori abilità linguistiche, o un'ampia gamma di laboratori professionalizzanti organizzati dal Collegio didattico. Questi ultimi sono finalizzati ad integrare gli insegnamenti curriculari mediante competenze sperimentali di tipo laboratoriale, oppure ad acquisire competenze operative nell'utilizzo di metodologie e strumenti software di largo impiego nell'ambito industriale e professionale. Il Collegio favorisce il coinvolgimento degli studenti in attività formative presso istituzioni universitarie estere, ad esempio tramite programmi ERASMUS, nonché lo svolgimento di tirocini e stage anche a scopo di tesi di laurea presso Enti esterni con cui il Collegio didattico, il Dipartimento e l'Ateneo hanno istituito convenzioni per collaborazioni didattiche e di ricerca. Non è invece previsto lo svolgimento di un tirocinio curricolare obbligatorio. La tesi di laurea magistrale prevede un contributo originale e individuale dello studente, e sarà sviluppata con riferimento ad un contesto professionale e scientifico d'avanguardia a livello internazionale. Il corso di studi consente l'accesso, previo superamento dell'Esame di Stato, all'Albo professionale dell'Ordine degli Ingegneri nel settore dell'Ingegneria industriale, e pertanto è orientato alla formazione di tecnici aventi le competenze richieste per operare nell'ambito delle attività di analisi e progettazione, direzione dei lavori, collaudo, conduzione e gestione di macchine e impianti nel settore aeronautico, richiedenti anche metodologie avanzate ed innovative oltre che quelle consolidate e standardizzate. Le competenze acquisite consentono ai laureati di operare proficuamente anche in analoghi ruoli nel settore industriale in generale. Il laureato potrà quindi inserirsi sia nel settore della libera professione, che presso le aziende produttive in ruoli di progettazione di prodotto ovvero di gestione dei sistemi di produzione di beni e servizi nonché nelle pubbliche amministrazioni ed enti di ricerca che richiedono tale figura professionale. Il percorso di

studi è comunque progettato per fornire tutte le competenze e conoscenze necessarie per consentire l'accesso ed una proficua fruizione di eventuali successivi corsi di dottorato di ricerca o master di secondo livello nel settore dell'Ingegneria Meccanica ed Aeronautica o più in generale del settore industriale.

### **Sintesi della relazione tecnica del nucleo di valutazione - Scheda SUA**

Validazione dei requisiti di docenza ai fini dell'attivazione dei corsi di studio accreditati ai sensi dell'art. 4, comma 3 del DM 987/2016: Il Nucleo di Valutazione, sulla base dei dati forniti dai singoli corsi di studio e dal MIUR, e inseriti nella scheda SUA-CdS, ha verificato la coerenza fra i requisiti di docenza richiesti dalla normativa e la consistenza degli iscritti ai singoli corsi.

### **Modalità di svolgimento della prova finale**

La prova finale per il conseguimento della Laurea Magistrale è costituita dalla discussione pubblica, di fronte ad una commissione, di una relazione scritta originale (Tesi di Laurea) relativa ad un progetto elaborato autonomamente dallo studente nell'ambito delle attività formative dell'orientamento curricolare seguito, e sviluppato durante il tirocinio o un'equivalente attività progettuale, sotto la guida di un relatore (il docente-tutor) e di uno o più co-relatori (eventualmente il tutor aziendale). L'assegnazione della tesi è chiesta dallo studente direttamente al docente che svolgerà il ruolo di relatore della tesi. Con riferimento all'assegnazione dei relatori delle tesi si precisa che a) i docenti appartenenti al Collegio possono essere relatori di tesi di laurea anche se non ricoprono insegnamenti nel Corso di Studi frequentato dal laureando; b) docenti non appartenenti al Collegio Didattico possono ricoprire il ruolo di co-relatore se affiancati ad un altro relatore appartenente al Collegio; c) docenti titolari di didattica integrativa o non appartenenti all'Università Roma Tre, possono essere correlatori ma non relatori; d) un docente senior può essere relatore e partecipare alle commissioni di laurea solo entro il primo anno di conferimento del titolo. e) eventuali tutor aziendali possono svolgere la funzione di co-relatore. La Tesi di laurea può essere di tipo compilativo, progettuale o sperimentale, compatibilmente con un impegno dello studente commisurato al numero di CFU, pari a 12, attribuito alla prova finale. La tesi deve dimostrare la padronanza degli argomenti, la capacità di operare in modo autonomo e un buon livello di comunicazione da parte dello studente. Il voto attribuito allo svolgimento della prova finale è la somma del voto assegnato dalla commissione in base al contenuto della tesi ed alla qualità dell'esposizione più il punteggio corrispondente alla media curricolare secondo le indicazioni fornite sul sito del Collegio didattico (<https://didmec.ing.uniroma3.it/>). Per poter presentare la domanda preliminare di laurea lo studente, in ottemperanza al proprio piano di studi, deve avere verbalizzato almeno 70 CFU entro il termine stabilito per la presentazione della domanda preliminare di laurea per ciascun Corso di Studi e pubblicizzato tramite il sito del Collegio didattico. Per potere accedere alla seduta di laurea lo studente deve avere verbalizzato tutti gli esami degli insegnamenti previsto nel suo piano di studio e d avere acquisito tutti i CFU relativi alle attività a scelta ed ulteriori abilità. Ai fini dell' ammissione all'esame di Laurea, lo studente dovrà fare riferimento agli adempimenti riportati sul Portale dello Studente alla voce "Ammissione all'esame di Laurea" al seguente indirizzo: <http://portalestudente.uniroma3.it/carriera/ammissione-allesame-di-laurea/> che riporta anche le istruzioni per la rinuncia al sostenimento dell'esame di Laurea e la presentazione della domanda per sedute successive. La commissione per l'esame finale per il conseguimento della Laurea è composta da almeno cinque docenti ed è nominata dal Direttore del Dipartimento, su proposta del Coordinatore del Collegio Didattico di competenza.

### **Consultazione con le organizzazioni rappresentative - a livello nazionale e internazionale - della produzione di beni e servizi, delle professioni (Consultazioni successive)**

In occasione della stesura del primo rapporto del riesame ciclico il collegio didattico del corso di studi ha organizzato ulteriori incontri con portatori di interesse ai fini di una revisione dell'ordinamento e dell'offerta formativa. Hanno partecipato agli incontri, tenutisi in data 13.11.2015, 17.2.2016, 14.11.2016, rappresentanti dell'Ordine professionale di riferimento (Ordine degli Ingegneri), Pubblica Amministrazione (ANCI, Cortei dei Conti), Associazioni datoriali (ANCE, Unindustria), Centri di Ricerca (Centro Sviluppo Materiali, Centro Italiano Ricerche Aerospaziali), PMI del settore manifatturiero e grandi aziende sia nazionali che multinazionali operanti nel settore della produzione di beni e servizi (HFV - Holding Fotovoltaica Spa, Telecom Italia, NIS GAZPROM NEFT Group, Enercon GmbH, EFM S.p.A., Enel Green Power S.p.A., Aermec S.p.A., Global Sensing S.r.l., Brembo S.p.A., Gruppo Tradeinv Gas & Energy S.p.A.), rappresentanti di società startup e incubatori (Translated, Memopal, PiCampus), che costituiscono un campione di referenti pienamente rappresentativo di tutte le categorie di portatori di interesse cui si orienta il corso di laurea in esame, sia nel settore aeronautico che più in generale dell'ingegneria industriale, il quale assorbe una percentuale elevata dei laureati del corso di studi. Il confronto con gli stakeholder ha confermato come ancora pienamente valido sia l'obiettivo formativo che l'impianto della offerta formativa alla base del corso di laurea. Ciò non desta sorpresa essendo quello dell'ingegneria aeronautica un settore specialistico ma ben consolidato. L'offerta didattica è orientata alla progettazione aerodinamica e strutturale di aeromobili e quindi è specificamente indirizzata alle aziende costruttrici. Tuttavia la peculiarità rappresentata da un corso di laurea magistrale attivato col presupposto che a monte ci sia una qualsiasi laurea nella classe industriale, rende il profilo del laureato estremamente ampio e flessibile, consentendo di inserirsi agevolmente sia nel contesto dell'industria aeronautica sia in quello più ampi dell'industria manifatturiera. I dati di settore mostrano che gli ingegneri energetici e meccanici, di cui gli aeronautici sono un sottoinsieme, in percentuale occupano il secondo posto assoluto dietro gli ingegneri civili con riferimento al tipo di professione svolta sul totale di occupati con titolo accademico in ingegneria e che del totale di ingegneri industriali richiesti annualmente dal mondo del lavoro circa il 50% risulta avere competenze di tipo meccanico (progettista e disegnatore meccanico). Ciò è giustificato dalla vocazione tradizionalmente manifatturiera del tessuto industriale italiano ed il suo peso di rilievo nel contesto internazionale in particolare nel settore dei macchinari e della meccanica di precisione. Ciò fa sì che il settore manifatturiero e meccanico, di cui l'aeronautico è una delle espressioni dia prospettive molto interessanti e stabili in termini occupazionali, anche considerando l'indotto manifatturiero a supporto dei produttori di aeromobili. Gli stakeholder osservano inoltre come occorra comunque preservare la solidità della preparazione tecnica di base che è la sola che consenta di garantire una adeguata flessibilità nella vita professionale. Ciò conferma la validità dell'impostazione data al CdS con il binomio laurea nella classe industriale associata alla laurea magistrale di indirizzo aeronautico.

### **Modalità di ammissione**

Per poter accedere al Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aeronautica lo studente deve essere in possesso di una Laurea (DM 509/99 o DM 270/04) nella Classe delle Lauree in "Ingegneria Industriale".

## Offerta didattica

### Primo anno

#### Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>20801740 - AERODINAMICA</b>	B	ING-IND/06	9	72	AP	ITA
<b>20810096 - FONDAMENTI DI AERONAUTICA</b>	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA

#### Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>20801830 - DINAMICA DEL VOLO</b>	B	ING-IND/03	9	72	AP	ITA
<b>20810027 - TERMOFLUIDODINAMICA DEI SISTEMI PROPULSIVI</b>	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801741 - COSTRUZIONI AERONAUTICHE</b>	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA

### Secondo anno

#### Primo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>20801822 - LABORATORIO DI AERODINAMICA E AEROACUSTICA</b>	B	ING-IND/06	9	72	AP	ITA
<b>20801816 - ANALISI DI STRUTTURE AERONAUTICHE</b>	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA
<b>Gruppo opzionale:</b> comune Orientamento unico AD OBBLIGATORIE AFFINI	C					

#### Secondo semestre

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>20801818 - PROGETTAZIONE STRUTTURALE DEI VELIVOLI</b>	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA
<b>20801826 - AEROELASTICITA'</b>	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA
<b>Gruppo opzionale:</b> comune Orientamento unico AD OBBLIGATORIE AFFINI	C					



Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>20801832 - PROVA FINALE</b>	E		12	300	I	ITA
<b>22902343 - A SCELTA DELLO STUDENTE</b>	D		8	72	AP	ITA
<b>20802034 - ULTERIORI ABILITÀ FORMATIVE</b>	F		1	25	AP	ITA

## Dettaglio dei gruppi opzionali

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>Gruppo opzionale: comune Orientamento unico AD OBBLIGATORIE AFFINI</b>						
<b>20801744 - TECNOLOGIE DEI MATERIALI PER L'AERONAUTICA</b> (secondo semestre)	C	ING-IND/22	9	72	AP	ITA
<b>20801817 - COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI</b> (primo semestre)			0	0		
COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI MODULO I (primo semestre)	C	ING-INF/04	6	48	AP	ITA
COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI MODULO II (primo semestre)	C	ING-INF/04	3	24		
<b>20801821 - INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE</b> (primo semestre)	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801825 - TURBOMACCHINE</b> (secondo semestre)	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801835 - MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA</b> (secondo semestre)	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801838 - OLEODINAMICA E PNEUMATICA</b> (primo semestre)	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801715 - MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI</b> (primo semestre)	C	ING-IND/32	9	72	AP	ITA
<b>20810159 - STATISTICA APPLICATA</b> (primo semestre)	C	FIS/01	6	48	AP	ITA

### Legenda

**Tip. Att. (Tipo di attestato):** AP (Attestazione di profitto), AF (Attestazione di frequenza), I (Idoneità)

**Att. Form. (Attività formativa):** A Attività formative di base B Attività formative caratterizzanti C Attività formative affini ed integrative D Attività formative a scelta dello studente (art.10, comma 5, lettera a) E Per la prova finale e la lingua straniera (art.10, comma 5, lettera c) F Ulteriori attività formative (art.10, comma 5, lettera d) R Affini e ambito di sede classe LMG/01 S Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali (art.10, comma 5, lettera e)

## Obiettivi formativi

### MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA

in - Secondo anno - Secondo semestre

ACQUISIZIONE DEGLI STRUMENTI DI ANALISI DELLE PRESTAZIONI DI MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA, AD ACCENSIONE COMANDATA E DIESEL, DI IMPIEGO SIA NEL SETTORE INDUSTRIALE, SIA IN QUELLO DEI TRASPORTI. ACQUISIZIONE DI METODOLOGIE DI ANALISI E DI SINTESI PER POTER OPERARE NELL'AMBITO DELLE ATTIVITÀ DI INNOVAZIONE NELL'INDUSTRIA DEI MOTORI E DELLA RELATIVA COMPONENTISTICA. AFFINAMENTO DELLE CONOSCENZE OPERATIVE SULLE PROBLEMATICHE LEGATE ALLA TERMOFLUIDODINAMICA DEI MOTORI VOLUMETRICI, ALLA COMBUSTIONE, ALLA FORMAZIONE E CONTROLLO DEGLI INQUINANTI E ALLA GESTIONE DELL'ASSIEME MOTORE-UTILIZZATORE. ACQUISIZIONE DEGLI STRUMENTI DI ANALISI DELLE CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEGLI IMPIANTI MOTORI CON TURBINE A GAS SIA PER IL SETTORE INDUSTRIALE E SIA PER QUELLO DEL TRASPORTO AEREO, NAVALE E TERRESTRE. ACQUISIZIONE DELLE COMPETENZE OPERATIVE NECESSARIE PER L'ATTIVITÀ PROFESSIONALE NEL SETTORE DEGLI IMPIANTI CON TURBINE A GAS E IN QUELLO DEI COMPONENTI.

(English)

ACQUISITION OF TOOLS FOR ANALYZING RECIPROCATING INTERNAL COMBUSTION ENGINES PERFORMANCES, SPARK IGNITION AND DIESEL ONES, FOR USE IN BOTH INDUSTRIAL, AND TRANSPORT SECTORS. REFINEMENT OF KNOWLEDGE ON OPERATIONAL ISSUES RELATED TO THE THERMO-FLUID DYNAMICS OF RECIPROCATING ENGINES, COMBUSTION, POLLUTION CONTROL AND MANAGEMENT OF ENGINE POWER TRAIN ACQUISITION OF TOOLS FOR THE ANALYSIS OF FUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF PLANTS WITH GAS TURBINE ENGINES FOR BOTH THE INDUSTRY AND FOR THE AVIATION, MARINE AND TERRESTRIAL PROPULSION. ACQUISITION OF OPERATIONAL SKILLS NECESSARY FOR PROFESSIONAL ACTIVITY IN PLANTS WITH GAS TURBINES.

### MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI

in - Secondo anno - Primo semestre

CONOSCERE LE SOLUZIONI COSTRUTTIVE E LE CARATTERISTICHE FUNZIONALI DELLE PRINCIPALI MACCHINE ELETTRICHE ROTANTI, INCLUSI I MODELLI UTILIZZATI PER LO STUDIO DEL COMPORTAMENTO ELETTROMECCANICO IN REGIME DINAMICO, AL FINE DI ACQUISIRE LA CAPACITÀ DI SCEGLIERE E DI SAPER UTILIZZARE LE VARIE MACCHINE ELETTRICHE ROTANTI IMPIEGATE NELLE APPLICAZIONI ELETTRICHE INDUSTRIALI O NEI SISTEMI DI PRODUZIONE DELLA POTENZA ELETTRICA. CONOSCERE LE CONFIGURAZIONI DI BASE DEI CONVERTITORI ELETTRONICI DI POTENZA UTILIZZATI PER LA REGOLAZIONE DELLE GRANDEZZE ELETTRICHE DI ALIMENTAZIONE DELLE MACCHINE ELETTRICHE. CONOSCERE GLI ALGORITMI DI BASE UTILIZZATI NEGLI AZIONAMENTI ELETTRICI PER LA REGOLAZIONE ED IL CONTROLLO DELLE PRESTAZIONI ELETTROMECCANICHE DELLA MACCHINA. SAPER INDIVIDUARE LE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DI DIMENSIONAMENTO DI UN AZIONAMENTO ELETTRICO IN RELAZIONE ALLE SPECIFICHE TECNICHE DELLA APPLICAZIONE.

(English)

The course has the purpose to describe the manufacturing features and the functional characteristics of the main rotating electrical machines, including dynamic models used for the study of the electrical machine behavior in electromechanical systems. It is expected that the student will acquire the ability to select the various electromechanical equipment used in industrial applications or in power systems for the production of the electric energy. The course gives basic knowledge concerning the main configurations of the power electronic converters that are used for the control of power supply of electrical machines as well as it gives basic knowledge of the main algorithms being used in electric drives for control and monitoring of the machine performance; as a result, the course is targeted to give know how concerning how to identify the main design characteristics of an electric drive in connection with the functional specification of a given application.

### COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI

COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI MODULO I: in - Secondo anno - Primo semestre, in - Secondo anno - Primo semestre, in - Secondo anno - Primo semestre, in - Secondo anno - Secondo semestre

Fornire allo studente conoscenze metodologiche per la modellistica e l'analisi di sistemi lineari e stazionari rappresentabili con modelli alle variabili di stato continui o discretizzati nel tempo. Fornire gli strumenti per la progettazione di algoritmi di controllo nei due domini e le competenze relative alla progettazione di controllori basati su microcalcolatore. Lo studente sarà in grado di derivare il modello dinamico alle variabili di stato di un sistema anche a più ingressi e più uscite, valutare le proprietà strutturali e progettare un controllore assegnando le dinamiche desiderate, eventualmente con l'impiego di un osservatore e, se necessario, ottimizzandone le prestazioni rispetto ad alcuni indici di costo.

(English)

STATE SPACE: INPUT-STATE REPRESENTATIONS, INTERCONNECTION OF SYSTEMS, TRANSITION MATRIX, EXPONENTIAL OF A MATRIX, FROM TRANSFER FUNCTION TO STATE SPACE AND VICE-VERSA, COORDINATE TRANSFORMATION, EIGENVALUES, MODAL ANALYSIS, STRUCTURAL PROPERTIES, ASYMPTOTIC OBSERVER, EIGENVALUES ASSIGNMENT, SEPARATION PRINCIPLE, OUTPUT REGULATION, OPTIMAL CONTROL. DISCRETE TIME SYSTEMS: DISCRETE IMPLEMENTATION OF FEEDBACK CONTROL SYSTEM. HARDWARE CHARACTERISTICS, D/A AND A/D CONVERSION. SAMPLING AND RECONSTRUCTION, SHANNON THEOREM. DIFFERENCE EQUATIONS, Z TRANSFORM, MODES, STABILITY. APPROXIMATE METHODS. SYNTHESIS OF CONTROL SYSTEMS.

## LABORATORIO DI AERODINAMICA E AEROACUSTICA

in - Secondo anno - Primo semestre

LO SCOPO DEL CORSO È FAR ACQUISIRE LA SENSIBILITÀ E LE COMPETENZE OPERATIVE NEL SETTORE DELL'AERODINAMICA SPERIMENTALE PER APPLICAZIONI AERONAUTICHE E PIÙ IN GENERALE NEL CAMPO DELL'INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INGEGNERIA AMBIENTALE. VERRANNO INTRODOTTI I FONDAMENTI TEORICI DELL'AEROACUSTICA INCLUDENDO PROBLEMATICHE TEORICO-PROGETTUALI ED APPROFONDENDO, MEDIANTE LE ESERCITAZIONI DI LABORATORIO, GLI ASPETTI RELATIVI ALLA MISURA DEL RUMORE IN CONFIGURAZIONI DI INTERESSE AERONAUTICO (AD ESEMPIO IN GETTI COMPRESSIBILI E FLUSSI DI PARETE). IL CORSO SARÀ RIVOLTO IN PARTICOLARE A FAR ACQUISIRE AGLI STUDENTI LA CAPACITÀ DI OPERARE CON STRUMENTAZIONE E TECNICHE DI ELABORAZIONE DEI DATI DI TIPO CONVENZIONALI ED AVANZATE.

(English)

The specific aim of this module is to achieve cognitive and practical skills in experimental aerodynamics applied to the aeronautic field and more generally to the industrial and environmental engineering fields. Lectures are also focused on arguments that deal with the fundamental theory of aeroacoustics, including theoretical design problems. Practical exercises and experimental experiences in the department laboratory will deepen aspects related to noise measurements with particular attention on their application in the aeronautical field (ex.: compressible jets and wall flows). Having successfully complete the module, the student will be able to recognize, acquire and analyze aeroacoustics and aerodynamics problems with conventional and advanced instrumentation and elaboration techniques.

## INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE

in - Secondo anno - Primo semestre

FORNIRE LE CONOSCENZE DI BASE SULLA FORMAZIONE DEGLI INQUINANTI PROVENIENTI DA IMPIANTI DI CONVERSIONE DELL'ENERGIA E DA MEZZI DI TRASPORTO E SULLE MODALITÀ DI DIFFUSIONE E TRASPORTO DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA. ACQUISIZIONE DELLE COMPETENZE NECESSARIE PER L'UTILIZZAZIONE DI MODELLI DI PREVISIONE AI FINI DELLA PREDISPOSIZIONE DI STUDI DI IMPATTO AMBIENTALE (SIA). AFFINAMENTO DELLE CONOSCENZE PER L'ANALISI DEI SISTEMI ENERGETICI ALLA LUCE DELLA LORO INTERAZIONE CON L'AMBIENTE E DEL LORO SVILUPPO. ACQUISIZIONE DELLE TECNOLOGIE E DEI SISTEMI DI MISURA, CONTROLLO E ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI INQUINANTI NEL SETTORE DEGLI IMPIANTI DI CONVERSIONE DELL'ENERGIA E IN QUELLO DEI TRASPORTI.

(English)

ACQUISITION OF BASIC KNOWLEDGE ABOUT POLLUTANTS FORMATION IN POWER PLANT AND MOTOR VEHICLE; ACQUISITION OF TOOLS FOR AIR POLLUTION MODELING. ACQUISITION OF ADVANCED KNOWLEDGE TO ANALYZE SOURCES IN LIGHT OF THEIR POLLUTANTS EMISSIONS; ACQUISITION OF SKILLS NECESSARY TO MEASURE AND CONTROL THE EMISSIONS IN ATMOSPHERE (PRE-COMBUSTION, COMBUSTION AND POST-COMBUSTION CONTROLS).

## TURBOMACCHINE

in - Secondo anno - Secondo semestre

IL CORSO SI PREFIGGE DI INSEGNARE AGLI STUDENTI IL DIMENSIONAMENTO DI TURBOMACCHINE IDRAULICHE E A FLUIDO ELASTICO OPERATRICI E MOTRICI. A PARTIRE DA SPECIFICHE PRESTAZIONALI E DA VINCOLI PRESTABILITI DI PROGETTO, LO STUDENTE IMPARERÀ A DIMENSIONARE LE TURBOMACCHINE IN RELAZIONE AGLI ASPETTI CHE LIMITANO LE PRESTAZIONI: MATERIALI IMPIEGATI, CAVITAZIONE, VELOCITÀ DI EFFLUSSO TRANSONICHE. IMPARERÀ AD OTTIMIZZARE I GRADI DI LIBERTÀ DEL PROGETTO PER RAGGIUNGERE L'OTTIMO DEGLI OBIETTIVI PREFISSATI. INOLTRE SARÀ IN GRADO DI CALCOLARE LE MAPPE PRESTAZIONALI DELLE TURBOMACCHINE UNA VOLTA ASSEGNATA L' ARCHITETTURA E LE QUANTITÀ GEOMETRICHE DI INTERESSE.

(English)

THE AIM OF THE COURSE IS TO PROVIDE STUDENTS WITH PRELIMINARY DESIGN PROCEDURES AND CRITERIA FOR TURBOMACHINES. (FROM GAS, STEAM, AND HYDRAULIC TURBINES TO PUMPS, FANS, BLOWERS AND COMPRESSORS). MOVING FROM PERFORMANCE TARGETS AND SPECIFIC DESIGN BOUNDARY CONDITIONS, THE STUDENT WILL LEARN SOME SIMPLIFIED DESIGN METHODOLOGIES TAKING MATERIAL, MECHANICAL AND THERMAL STRESSES, TRANSONIC FLOW LIMITS AND CAVITATION INTO ACCOUNT. THE OPTIMIZATION OF THE DEGREE OF FREEDOM WILL BE IMPLEMENTED IN THE DESIGN PROCEDURES. THE STUDENT WILL BE ABLE TO ANALYSE MACHINE PERFORMANCE ONCE THE MAIN GEOMETRIC QUANTITIES ARE GIVEN.

## AEROELASTICITA'

in - Secondo anno - Secondo semestre

FAMILIARIZZARE LO STUDENTE CON METODOLOGIE UTILIZZATE NELL'INGEGNERIA AERONAUTICA PER LA FORMULAZIONE E LA SOLUZIONE DI PROBLEMATICHE AEROELASTICHE. IL SETTORE DELL'AEROELASTICITÀ STUDIA L'INTERAZIONE TRA LA STRUTTURA E L'ARIA CHE LA CIRCONDA, CON ENFASI SUI FENOMENI DI INSTABILITÀ COME IL FLUTTER E LA DIVERGENZA. FORMULAZIONI AEROELASTICHE PER CONFIGURAZIONI ALARI 2D E 3D SONO OTTENUTE ACCOPPIANDO LE EQUAZIONI DELLA DINAMICA STRUTTURALE CON TEORIE AERODINAMICHE NON STAZIONARIE, E QUINDI VENGONO PRESENTATI E DISCUSSI METODI PER LA LORO SOLUZIONE.

(English)

STUDENTS ARE INTRODUCED TO THE METHODOLOGIES APPLIED IN AERONAUTICS FOR THE ANALYSIS OF AEROELASTIC PROBLEMS. THESE CONCERN FLUID-STRUCTURE INTERACTIONS, WITH ATTENTION TO INSTABILITY PHENOMENA LIKE FLUTTER AND DIVERGENCE. AEROELASTIC FORMULATIONS FOR 2D AND 3D WING MODELS ARE OBTAINED BY COUPLING STRUCTURAL DYNAMICS EQUATIONS WITH UNSTEADY AERODYNAMIC THEORIES, AND THEN SOLUTION METHODS ARE PRESENTED AND DISCUSSED.

## COSTRUZIONI AERONAUTICHE

in - Primo anno - Secondo semestre

CONOSCENZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DI BASE PRESENTI NELLE COSTRUZIONI AERONAUTICHE; CONOSCENZA DEGLI STRUMENTI ANALITICI PER LA ANALISI DEI LORO STATI DI DEFORMAZIONE E SFORZO. CONOSCENZA DELLE STRUTTURE AERONAUTICHE COMPLESSE, CON PARTICOLARE ENFASI SUL CASSONE ALARE E SULLA STRUTTURA DI FUSOLIERA; ACQUISIZIONE DEI MODELLI MATEMATICI ADEGUATI ALLA LORO ANALISI E PROGETTAZIONE DI MASSIMA CON INCLUSIONE DEI CRITERI DA APPLICARE PER SCONGIURARE L'INSORGENZA DI CONDIZIONI DI LAVORO STRUTTURALMENTE CRITICHE PER ALA E FUSOLIERA.

(English)

INTRODUCTION TO THE BASIC COMPONENTS OF AERONAUTICAL STRUCTURES: ANALYSIS OF STRESS AND STRAIN. COMPLEX AERONAUTICAL STRUCTURES WITH EMPHASIS ON WING BOX AND FUSELAGE: THEIR MATHEMATICAL MODELING FOR PRELIMINARY DESIGN PURPOSES AND STRUCTURAL INSTABILITY ANALYSIS.

## TECNOLOGIE DEI MATERIALI PER L'AERONAUTICA

in - Secondo anno - Secondo semestre

FORNIRE UNA CONOSCENZA PER UNA CORRETTA SCELTA ED IMPIEGO DEI MATERIALI PIÙ IMPORTANTI ATTUALMENTE UTILIZZATI IN AMBITO AERONAUTICO. IL CORSO FORNISCE ELEMENTI DI CONOSCENZA SUI MATERIALI STRUTTURALI QUALI I COMPOSITI A MATRICE POLIMERICA E LE LEGHE LEGGERE (COMPOSIZIONE, STRUTTURA, PROPRIETÀ, PROCESSI PRODUTTIVI ED IMPIEGO PER FUSOLIERA, PIANI ALARI, ECC..) E SU MATERIALI PER LE ALTE TEMPERATURE COME LE LEGHE DI TITANIO E LE SUPERLEGHE, MATERIALI CERAMICI E RIVESTIMENTI PER L'IMPIEGO IN COMPONENTI DEL SISTEMA PROPULSIVO.

(English)

THE AIM OF THE CLASS IS TO GAIN THE KNOWLEDGE FOR THE BEST MATERIALS CHOICE IN THE FIELD OF AERONAUTICS. THE CLASS IS FOCUSED ON THE STUDY OF THE STRUCTURE, COMPOSITION, PROPERTIES TECHNOLOGICAL PROCESSES AND APPLICATION OF STRUCTURAL MATERIALS SUCH AS COMPOSITES IN A POLYMERIC MATRIX AND LIGHTWEIGHT ALLOYS. THE CLASS WILL ALSO DEAL WITH HIGH TEMPERATURE MATERIALS SUCH AS TITANIUM ALLOYS AND SUPER-ALLOYS, CERAMIC MATERIALS AND COATINGS FOR THE COMPONENTS OF THE PROPULSION SYSTEM.

## ANALISI DI STRUTTURE AERONAUTICHE

in - Secondo anno - Primo semestre

FORNIRE LE CONOSCENZE DI BASE PER AFFRONTARE IN MODO CRITICO LA PROGETTAZIONE DI DETTAGLIO DI STRUTTURE AERONAUTICHE NONCHÉ UNA CONOSCENZA APPROFONDIRITA DEGLI STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA COMUNEMENTE UTILIZZATI IN TALE CAMPO. PARTICOLARE ENFASI VERRÀ DATA AL METODO DEGLI ELEMENTI FINITI E ALLA SUA APPLICAZIONE NELLA MODELLIZZAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI TIPICI DELLE COSTRUZIONI AERONAUTICHE. LE TECNICHE ACQUISITE VERRANNO UTILIZZATE NELLA PROGETTAZIONE DI UNA STRUTTURA ALARE E/O DI FUSOLIERA CON REQUISITI ASSEGNATI.

(English)

TO INTEGRATE AND TO COMPLETE THE STUDENTS KNOWLEDGE IN STRUCTURAL DYNAMICS, FOCUSING ON SPECIFIC PROBLEMS OF AIRCRAFT STRUCTURES AND ON NUMERICAL METHODS WIDELY USED FOR THEIR ANALYSIS. IN PARTICULAR, THE EMPHASIS WILL BE PLACED ON LINEAR AND NON-LINEAR MODELING OF AIRCRAFT STRUCTURES SUBJECT TO THE COMBINED ACTION OF THERMAL AND EXTERNAL LOADS. IN A FIRST STAGE, THE THEORY NECESSARY FOR THE MODELING OF SPECIFIC AIRCRAFT STRUCTURES PROBLEMS WILL BE PRESENTED AND THE BASIC THEORY OF FINITE ELEMENT METHODS WILL BE PROVIDED, WITH PARTICULAR ATTENTION TO AERONAUTICAL APPLICATIONS. IN A SECOND STAGE, THE STUDENT WILL BECOME FAMILIAR WITH FINITE ELEMENT CODES COMMONLY USED FOR STRUCTURAL DESIGN IN INDUSTRIES. THIS ACTIVITY WILL BE AIMED AT THE STRUCTURAL ANALYSIS OF ONE OF THE MOST IMPORTANT ELEMENTS OF THE AIRCRAFT (WING AND/OR FUSELAGE).

## TERMOFLUIDODINAMICA DEI SISTEMI PROPULSIVI

in - Primo anno - Secondo semestre

Fornire le conoscenze di base utili nello studio del funzionamento dei turbomotori e dei principali propulsori a getto di impiego aeronautico nonché dei propulsori ad elica di interesse aeronautico e navale. L'obiettivo è perseguito estendendo e completando le conoscenze di base relative ai flussi compressibili ed alla combustione. Particolare cura verrà data all'apprendimento delle principali metodologie numeriche utilizzate in ambito industriale e di ricerca applicata, anche attraverso attività di laboratorio.

(English)

FUNDAMENTALS OF COMPRESSIBLE FLOWS IN CHANNELS, INCLUDING NON ISENTROPIC RAYLEIGH AND FANNO FLOWS. OBLIQUE SHOCK WAVES. PRANDTL MEYER EXPANSIONS. COMPRESSIBLE POTENTIAL FLOWS AND SMALL PERTURBATION THEORIES FOR SUBSONIC AND SUPERSONIC FLOWS. SUPERSONIC PROFILES AND WINGS. THERMODYNAMIC DESCRIPTION OF AIR-BREATHING ENGINES AND PROPELLERS. BLADE ELEMENT THEORY.

## FONDAMENTI DI AERONAUTICA

in - Primo anno - Primo semestre

Conoscenza dell'architettura delle diverse tipologie di velivoli, del ruolo e funzionamento per il volo dei diversi elementi che compongono i velivoli; capacità di studio del velivolo come punto materiale, per analisi delle prestazioni ed identificazione dei corrispondenti parametri di influenza; conoscenza delle principali situazioni operative. Introduzione di alcune metodologie di modellazione e simulazione matematica tipiche dell'ingegneria aeronautica, ed esempi di utilizzo.

(English)

KNOWLEDGE OF THE DIFFERENT TYPE OF AIRCRAFT ARCHITECTURE, OF THE ROLE AND PRINCIPLE OF OPERATION OF THE MAIN AIRCRAFT COMPONENTS FOR FLIGHT PURPOSES; CAPABILITY OF STUDY OF THE AIRCRAFT AS A MATERIAL POINT, FOR ANALYSIS OF PERFORMANCE AND IDENTIFICATION OF CORRESPONDING INFLUENCING PARAMETERS; KNOWLEDGE OF THE MAIN OPERATING CONDITIONS. INTRODUCTION OF SOME METHODOLOGIES FOR MATHEMATICAL MODELLING AND SIMULATION TYPICALLY USED IN AERONAUTICAL ENGINEERING, AND THEIR UTILIZATION.

## PROGETTAZIONE STRUTTURALE DEI VELIVOLI

in - Secondo anno - Secondo semestre

SCOPO DEL CORSO È INTRODURRE LO STUDENTE ALLE METODOLOGIE UTILIZZATE PER LA PROGETTAZIONE CONCETTUALE DI VELIVOLI CON REQUISITI TECNICO-NORMATIVI ASSEGNATI, PONENDO L'ENFASI SULL'INTEGRAZIONE, IN UN'OTTICA DI PROGETTO OTTIMALE, DEGLI ASPETTI AERODINAMICI, STRUTTURALI, DI MECCANICA DEL VOLO E PROPULSIVI. ATTRAVERSO ESERCITAZIONI DI LABORATORIO, LO STUDENTE AVRÀ L'OPPORTUNITÀ DI UTILIZZARE LE METODOLOGIE ACQUISITE NELLA PROGETTAZIONE PRELIMINARE DI UN VELIVOLO SPECIFICO.

(English)

AIM OF THE COURSE IS TO PROVIDE THE FUNDAMENTAL METHODOLOGIES ADOPTED FOR THE CONCEPTUAL DESIGN OF COMMERCIAL AIRCRAFT STARTING FROM THE MISSION REQUIREMENTS AND TAKING INTO ACCOUNT ALL THE MAJOR TECHNICAL, REGULATION AND ENVIRONMENTAL CONSTRAINTS. THE DESIGN IS CONCEIVED IN AN INTEGRATED MULTIDISCIPLINARY FASHION, WITH A CAREFUL ANALYSIS OF THE MOST ADVANCED OPTIMIZATION TECHNIQUES. DURING THE COURSE, THE STUDENTS ARE INVOLVED IN THE COMPLETE DESIGN OF A REALISTIC CONFIGURATION.

## AERODINAMICA

in - Primo anno - Primo semestre

RAGGIUNGERE UNA BUONA CONOSCENZA DELL'AERODINAMICA DI PROFILI E DI ALI SIA IN CASI INCOMPRESSIBILI CHE COMPRESSIBILI CON URTI ED ONDE DI ESPANSIONE E FORNIRE LE CONOSCENZE FONDAMENTALI RIGUARDANTI LA TURBOLENZA E L'ANALISI DI SEGNALI ALEATORI. IL CORSO È IMPOSTATO IN MODO DA METTERE IN GRADO LO STUDENTE DI AFFRONTARE TUTTE LE PROBLEMATICHE DI PROGETTAZIONE AERODINAMICA CON METODI CLASSICI.

(English)

FUNDAMENTAL CONCEPTS ON AERODYNAMICS OF WINGS AND PROFILES INCLUDING TURBULENCE AND ANALYSIS OF RANDOM SIGNALS. THE COURSE WILL PROVIDE BASIC INSTRUMENTS FOR AERODYNAMIC DESIGN WITH STANDARD APPROACHES.

## OLEODINAMICA E PNEUMATICA

in - Secondo anno - Primo semestre

Fornire le conoscenze sugli aspetti funzionali dei componenti oleodinamici e pneumatici nell'ambito del settore dell'Ingegneria Meccanica e Aeronautica. Fare acquisire le competenze progettuali necessarie per la progettazione dei sistemi complessi, oleodinamici e pneumatici, per l'analisi delle loro prestazioni e per l'identificazione delle loro caratteristiche dinamiche.

(English)

ACQUISITION OF BASIC KNOWLEDGE ABOUT THE FUNCTIONAL CHARACTERISTICS, IN STEADY STATE, THE HYDRAULIC AND PNEUMATIC COMPONENTS OF INTEREST FOR INDUSTRIAL ENGINEERING. ACQUISITION OF SKILLS NEEDED FOR THE DESIGN OF HYDRAULIC AND PNEUMATIC ARCHITECTURE COMPLEX AND HIGHLY INTEGRATED WITH ELECTRICAL COMPONENTS AND SYSTEMS MANAGEMENT IN PROGRAMMABLE LOGIC. REFINEMENT AND CONSOLIDATION OF KNOWLEDGE FOR THE IDENTIFICATION OF THE DYNAMIC BEHAVIOR OF

COMPONENTS AND HYDRAULIC SYSTEMS AND FOR THE STABILITY ANALYSIS OF MECHANICAL, HYDRAULIC AND ELECTRICAL INTEGRATED SYSTEMS.

## DINAMICA DEL VOLO

in - Primo anno - Secondo semestre

STUDIO DELLE EQUAZIONI DELLA DINAMICA DEL VELIVOLO E DELLE SUE PRESTAZIONI. DINAMICA E PRESTAZIONI DEL PUNTO MATERIALE E DEL CORPO RIGIDO. SEGMENTI CARATTERISTICI. STABILITA' E CONTROLLO.

(English)

EQUATIONS OF MOTION OF THE AERIAL VEHICLE AND ITS PERFORMANCE. MATERIAL POINT AND RIGID BODY STUDIES. CHARACTERISTIC FLIGHT SEGMENTS. STABILITY AND CONTROL.

**DIPARTIMENTO: INGEGNERIA**

Corso di laurea in Ingegneria aeronautica (LM-20) A.A. 2019/2020

*Programmazione didattica*

**Primo anno**

**Primo semestre**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>20801740 - AERODINAMICA</b> Canale: N0 CAMUSSI ROBERTO	B	ING-IND/06	9	72	AP	ITA
<b>20810096 - FONDAMENTI DI AERONAUTICA</b> GENNARETTI MASSIMO	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA

**Secondo semestre**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>20801830 - DINAMICA DEL VOLO</b> Canale: N0 Bando	B	ING-IND/03	9	72	AP	ITA
<b>20810027 - TERMOFLUIDODINAMICA DEI SISTEMI PROPULSIVI</b> PALMIERI FULVIO	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801741 - COSTRUZIONI AERONAUTICHE</b> Canale: N0 BERNARDINI GIOVANNI	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA

**Secondo anno**

**Primo semestre**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>20801822 - LABORATORIO DI AERODINAMICA E AEROACUSTICA</b> Canale: N0 DI MARCO ALESSANDRO	B	ING-IND/06	9	72	AP	ITA
<b>20801816 - ANALISI DI STRUTTURE AERONAUTICHE</b> Canale: N0 BERNARDINI GIOVANNI	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA



Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>Gruppo opzionale:</b> comune Orientamento unico AD OBBLIGATORIE AFFINI	C			288		

**Secondo semestre**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>20801818 - PROGETTAZIONE STRUTTURALE DEI VELIVOLI</b> Canale: N0 <i>IEMMA UMBERTO</i>	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA
<b>20801826 - AEROELASTICITA'</b> Canale: N0 <i>GENNARETTI MASSIMO</i>	B	ING-IND/04	9	72	AP	ITA
<b>Gruppo opzionale:</b> comune Orientamento unico AD OBBLIGATORIE AFFINI	C			288		
<b>20801832 - PROVA FINALE</b>	E		12	300	I	ITA
<b>22902343 - A SCELTA DELLO STUDENTE</b>	D		8	72	AP	ITA
<b>20802034 - ULTERIORI ABILITÀ FORMATIVE</b>	F		1	25	AP	ITA

**Dettaglio dei gruppi opzionali**

Denominazione	Att. Form.	SSD	CFU	Ore	Tip. Att.	Lingua
<b>Gruppo opzionale: comune Orientamento unico AD OBBLIGATORIE AFFINI</b>						
<b>20801744 - TECNOLOGIE DEI MATERIALI PER L'AERONAUTICA</b> (secondo semestre) Canale: N0 SEBASTIANI MARCO	C	ING-IND/22	9	72	AP	ITA
<b>20801817 - COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI</b> (primo semestre) COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI MODULO I (primo semestre) Canale: N0 PANZIERI STEFANO	C	ING-INF/04	6	48	AP	ITA
COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI MODULO II (primo semestre) Canale: N0 Bando	C	ING-INF/04	3	24		
<b>20801821 - INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE</b> (primo semestre) Canale: N0 CHIAVOLA ORNELLA	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801825 - TURBOMACCHINE</b> (secondo semestre) Canale: N0 GIOVANNELLI AMBRA, GIOVANNELLI AMBRA	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801835 - MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA</b> (secondo semestre) Canale: N0 CHIAVOLA ORNELLA, CHIAVOLA ORNELLA	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801838 - OLEODINAMICA E PNEUMATICA</b> (primo semestre) PALMIERI FULVIO, PALMIERI FULVIO	C	ING-IND/08	9	72	AP	ITA
<b>20801715 - MACCHINE E AZIONAMENTI ELETTRICI</b> (primo semestre) LIDOZZI ALESSANDRO, LIDOZZI ALESSANDRO	C	ING-IND/32	9	72	AP	ITA
<b>20810159 - STATISTICA APPLICATA</b> (primo semestre) PLASTINO WOLFANGO, PLASTINO WOLFANGO	C	FIS/01	6	48	AP	ITA

## Legenda

**Tip. Att. (Tipo di attestato):** **AP** (Attestazione di profitto), **AF** (Attestazione di frequenza), **I** (Idoneità)

**Att. Form. (Attività formativa):** **A** Attività formative di base **B** Attività formative caratterizzanti **C** Attività formative affini ed integrative **D** Attività formative a scelta dello studente (art.10, comma 5, lettera a) **E** Per la prova finale e la lingua straniera (art.10, comma 5, lettera c) **F** Ulteriori attività formative (art.10, comma 5, lettera d) **R** Affini e ambito di sede classe LMG/01 **S** Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali (art.10, comma 5, lettera e)

## Obiettivi formativi

### MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA

**in - Secondo anno - Secondo semestre**

ACQUISIZIONE DEGLI STRUMENTI DI ANALISI DELLE PRESTAZIONI DI MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA, AD ACCENSIONE COMANDATA E DIESEL, DI IMPIEGO SIA NEL SETTORE INDUSTRIALE, SIA IN QUELLO DEI TRASPORTI. ACQUISIZIONE DI METODOLOGIE DI ANALISI E DI SINTESI PER POTER OPERARE NELL'AMBITO DELLE ATTIVITÀ DI INNOVAZIONE NELL'INDUSTRIA DEI MOTORI E DELLA RELATIVA COMPONENTISTICA. AFFINAMENTO DELLE CONOSCENZE OPERATIVE SULLE PROBLEMATICHE LEGATE ALLA TERMOFLUIDODINAMICA DEI MOTORI VOLUMETRICI, ALLA COMBUSTIONE, ALLA FORMAZIONE E CONTROLLO DEGLI INQUINANTI E ALLA GESTIONE DELL'ASSIEME MOTORE-UTILIZZATORE. ACQUISIZIONE DEGLI STRUMENTI DI ANALISI DELLE CARATTERISTICHE FUNZIONALI DEGLI IMPIANTI MOTORI CON TURBINE A GAS SIA PER IL SETTORE INDUSTRIALE E SIA PER QUELLO DEL TRASPORTO AEREO, NAVALE E TERRESTRE. ACQUISIZIONE DELLE COMPETENZE OPERATIVE NECESSARIE PER L'ATTIVITÀ PROFESSIONALE NEL SETTORE DEGLI IMPIANTI CON TURBINE A GAS E IN QUELLO DEI COMPONENTI.

### COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI

**in - Secondo anno - Primo semestre, in - Secondo anno - Secondo semestre**

Fornire allo studente conoscenze metodologiche per la modellistica e l'analisi di sistemi lineari e stazionari rappresentabili con modelli alle variabili di stato continui o discretizzati nel tempo. Fornire gli strumenti per la progettazione di algoritmi di controllo nei due domini e le competenze relative alla progettazione di controllori basati su microcalcolatore. Lo studente sarà in grado di derivare il modello dinamico alle variabili di stato di un sistema anche a più ingressi e più uscite, valutare le proprietà strutturali e progettare un controllore assegnando le dinamica desiderate, eventualmente con l'impiego di un osservatore e, se necessario, ottimizzandone le prestazioni rispetto ad alcuni indici di costo.

#### COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI MODULO I

**in - Secondo anno - Primo semestre**

Fornire allo studente conoscenze metodologiche per la modellistica e l'analisi di sistemi lineari e stazionari rappresentabili con modelli alle variabili di stato continui o discretizzati nel tempo. Fornire gli strumenti per la progettazione di algoritmi di controllo nei due domini e le competenze relative alla progettazione di controllori basati su microcalcolatore. Lo studente sarà in grado di derivare il modello dinamico alle variabili di stato di un sistema anche a più ingressi e più uscite, valutare le proprietà strutturali e progettare un controllore assegnando le dinamica desiderate, eventualmente con l'impiego di un osservatore e, se necessario, ottimizzandone le prestazioni rispetto ad alcuni indici di costo.

**Docente: PANZIERI STEFANO**

Spazio di Stato. Rappresentazioni ingresso-uscita ed ingresso-stato-uscita. Scelta delle variabili di stato. Interconnessione di sistemi alle variabili di stato. Matrice di transizione dello stato. Proprietà dell'esponenziale di matrice. Passaggio dalla funzione di trasferimento allo spazio di stato e viceversa. Trasformazioni di coordinate  $x=Tz$ . Trasformazione di coordinate per forma compagna. Autovalori della matrice dinamica A. Diagonalizzazione con autovalori distinti, relazioni con l'espansione in frazioni parziali. Cenni sul caso di autovalori coincidenti e forma di Jordan. Proprietà strutturali dei sistemi. Osservatore asintotico dello stato. Assegnazione degli autovalori dall'uscita. Principio di separazione. Spostamento della singola dinamica. Spostamento di una dinamica da più di un ingresso con minimizzazione dello sforzo di controllo. Osservatore asintotico dello stato. Assegnazione degli autovalori con reazione dall'uscita. Principio di separazione. Regolazione dell'uscita con misura dello stato e con estensione dinamica. Il regolatore di Francis. Spazio di Stato. Il controllo ottimo. Ottimizzazione di indici integrali: equazione di Eulero-Lagrange. Ottimizzazione vincolata. Controllo a minima energia. Equazione di Riccati. Cenni sui sistemi non-lineari. Caratteristiche. Stabilità asintotica e non di un punto per sistemi nonlineari autonomi. Linearizzazione intorno ad un punto di equilibrio. Feedback linearizzazione. Sistemi tempo discreto. L'implementazione dei controllori con microcalcolatori. Cenni sulle caratteristiche dell'hardware, i sistemi di conversione A/D e D/A. Campionatori e organi di tenuta. Teorema del campionamento. Equazioni alle differenze, trasformata Z, relazioni tra modelli tempo continuo e tempo discreto. Modi di evoluzione e stabilità dei sistemi tempo discreto. Derivazione delle equazioni alle differenze da quelle differenziali. Metodi approssimati. Sintesi dei sistemi di controllo

#### COMPLEMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI MODULO II

**in - Secondo anno - Primo semestre**

Fornire allo studente conoscenze metodologiche per la modellistica e l'analisi di sistemi lineari e stazionari rappresentabili con modelli alle variabili di stato continui o discretizzati nel tempo. Fornire gli strumenti per la progettazione di algoritmi di controllo nei due domini e le competenze relative alla progettazione di controllori basati su microcalcolatore. Lo studente sarà in grado di derivare il modello dinamico alle variabili di stato di un sistema anche a più ingressi e più uscite, valutare le proprietà strutturali e progettare un controllore assegnando le dinamica desiderate, eventualmente con l'impiego di un osservatore e, se necessario, ottimizzandone le prestazioni rispetto ad alcuni indici di costo.

### LABORATORIO DI AERODINAMICA E AEROACUSTICA

**in - Secondo anno - Primo semestre**

LO SCOPO DEL CORSO È FAR ACQUISIRE LA SENSIBILITÀ E LE COMPETENZE OPERATIVE NEL SETTORE DELL'AERODINAMICA

SPERIMENTALE PER APPLICAZIONI AERONAUTICHE E PIÙ IN GENERALE NEL CAMPO DELL'INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INGEGNERIA AMBIENTALE. VERRANNO INTRODOTTI I FONDAMENTI TEORICI DELL'AEROACUSTICA INCLUDENDO PROBLEMATICHE TEORICO-PROGETTUALI ED APPROFONDENDO, MEDIANTE LE ESERCITAZIONI DI LABORATORIO, GLI ASPETTI RELATIVI ALLA MISURA DEL RUMORE IN CONFIGURAZIONI DI INTERESSE AERONAUTICO (AD ESEMPIO IN GETTI COMPRESSIBILI E FLUSSI DI PARETE). IL CORSO SARÀ RIVOLTO IN PARTICOLARE A FAR ACQUISIRE AGLI STUDENTI LA CAPACITÀ DI OPERARE CON STRUMENTAZIONE E TECNICHE DI ELABORAZIONE DEI DATI DI TIPO CONVENZIONALI ED AVANZATE.

**Docente: DI MARCO ALESSANDRO**

Concetti Fondamentali Richiami di Fluidodinamica: equazioni di governo in campo incompressibile e compressibile, analisi dimensionale, soluzioni asintotiche. Campo sonoro; Onde nei gas e nei liquidi; Diffrazione; Acustica geometrica; Onde nei solidi; Analisi in frequenza del suono; definizione di Decibel e SPL; Filtri; Somma campi sonori; Interferenza e componenti in frequenza. Equazione delle onde nei fluidi Equazione delle onde in un campo privo di sorgente; Soluzioni generali e armoniche; Intensità del suono; Energia e densità di energia; riflessione e trasmissione delle onde. Meccanismi di generazione e propagazione del suono. Sorgenti sonore: Monopoli; Dipoli; Quadripoli. Elementi di analisi del segnale e di teoria della probabilità. Impianti per la misura del suono. Camere anecoiche e camere riverberanti. Tecniche di misura del suono Alcuni fondamenti di matematica; Analisi di Fourier; Sistemi di Misura; Caratterizzazione di sorgenti acustiche mediante microfoni. Principali tecniche sperimentali per lo studio di flussi turbolenti Anemometria a filo caldo ad una e più componenti; anemometria Laser Doppler; Particle Image Velocimetry. Laser Induced Fluorescence. Metodi ottici per l'analisi di campi di densità Interferometria, Schlieren, Shadowgraph Altri tipi di misure in gallerie aerodinamiche: Tubo di Pitot, trasduttori di pressione, misure di portata (Venturimetri, Flussimetri), misure di temperatura con termocoppie, misure di forza e bilance dinamometriche, misure di acustica.

## INTERAZIONE FRA LE MACCHINE E L'AMBIENTE

**in - Secondo anno - Primo semestre**

FORNIRE LE CONOSCENZE DI BASE SULLA FORMAZIONE DEGLI INQUINANTI PROVENIENTI DA IMPIANTI DI CONVERSIONE DELL'ENERGIA E DA MEZZI DI TRASPORTO E SULLE MODALITÀ DI DIFFUSIONE E TRASPORTO DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA. ACQUISIZIONE DELLE COMPETENZE NECESSARIE PER L'UTILIZZAZIONE DI MODELLI DI PREVISIONE AI FINI DELLA PREDISPOSIZIONE DI STUDI DI IMPATTO AMBIENTALE (SIA). AFFINAMENTO DELLE CONOSCENZE PER L'ANALISI DEI SISTEMI ENERGETICI ALLA LUCE DELLA LORO INTERAZIONE CON L'AMBIENTE E DEL LORO SVILUPPO. ACQUISIZIONE DELLE TECNOLOGIE E DEI SISTEMI DI MISURA, CONTROLLO E ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI INQUINANTI NEL SETTORE DEGLI IMPIANTI DI CONVERSIONE DELL'ENERGIA E IN QUELLO DEI TRASPORTI.

**Docente: CHIAVOLA ORNELLA**

Inquinamento atmosferico. Inquinamento su scala locale e su scala globale. Tipologia e formazione degli inquinanti. Effetti nocivi degli inquinanti. Caratterizzazione dell'atmosfera ai fini dell'analisi delle problematiche di inquinamento. Analisi degli impianti motori per la conversione dell'energia ai fini della determinazione della loro interazione con l'ambiente. Caratterizzazione delle sorgenti di emissione. Modelli di qualità dell'aria. Fenomeni di trasporto e diffusione e degli inquinanti in atmosfera. Modelli short-term e climatologici. Modelli deterministici e stocastici. Modello gaussiano. Impiego di codici di calcolo EPA per la valutazione dell'impatto ambientale di impianti motori per la conversione dell'energia. Elementi per la redazione di studi di impatto ambientale di sistemi energetici. Tecnologie per il riduzione delle emissioni inquinanti. Sistemi di controllo della produzione degli inquinanti e sistemi di rimozione delle emissioni solide e gassose in atmosfera. Emissioni acustiche da ambienti industriali. Caratterizzazione delle sorgenti di emissione ed analisi della propagazione in ambiente esterno. Tecnologie per il controllo delle emissioni acustiche. Quadro della normativa in materia di qualità dell'aria, di regolamentazione delle emissioni inquinanti ed acustiche.

## TURBOMACCHINE

**in - Secondo anno - Secondo semestre**

IL CORSO SI PREFIGGE DI INSEGNARE AGLI STUDENTI IL DIMENSIONAMENTO DI TURBOMACCHINE IDRAULICHE E A FLUIDO ELASTICO OPERATRICI E MOTRICI. A PARTIRE DA SPECIFICHE PRESTAZIONALI E DA VINCOLI PRESTABILITI DI PROGETTO, LO STUDENTE IMPARERÀ A DIMENSIONARE LE TURBOMACCHINE IN RELAZIONE AGLI ASPETTI CHE LIMITANO LE PRESTAZIONI: MATERIALI IMPIEGATI, CAVITAZIONE, VELOCITÀ DI EFFLUSSO TRANSONICHE. IMPARERÀ AD OTTIMIZZARE I GRADI DI LIBERTÀ DEL PROGETTO PER RAGGIUNGERE L'OTTIMO DEGLI OBIETTIVI PREFISSATI. INOLTRE SARÀ IN GRADO DI CALCOLARE LE MAPPE PRESTAZIONALI DELLE TURBOMACCHINE UNA VOLTA ASSEGNATA L' ARCHITETTURA E LE QUANTITÀ GEOMETRICHE DI INTERESSE.

## AEROELASTICITA'

**in - Secondo anno - Secondo semestre**

FAMILIARIZZARE LO STUDENTE CON METODOLOGIE UTILIZZATE NELL'INGEGNERIA AERONAUTICA PER LA FORMULAZIONE E LA SOLUZIONE DI PROBLEMATICHE AEROELASTICHE. IL SETTORE DELL'AEROELASTICITÀ STUDIA L'INTERAZIONE TRA LA STRUTTURA E L'ARIA CHE LA CIRCONDA, CON ENFASI SUI FENOMENI DI INSTABILITÀ COME IL FLUTTER E LA DIVERGENZA. FORMULAZIONI AEROELASTICHE PER CONFIGURAZIONI ALARI 2D E 3D SONO OTTENUTE ACCOPPIANDO LE EQUAZIONI DELLA DINAMICA STRUTTURALE CON TEORIE AERODINAMICHE NON STAZIONARIE, E QUINDI VENGONO PRESENTATI E DISCUSSI METODI PER LA LORO SOLUZIONE.

**Docente: GENNARETTI MASSIMO**

Introduzione al modello semi-rigido di ala a 2 gdl e determinazione delle relative equazioni di governo mediante formulazione Lagrangiana. Modelli aerodinamici semplificati 2D, stazionari e quasi-stazionari, per lo studio dell'aeroelasticità del modello semirigido. Studio del flutter e della divergenza

aeroelastica. La teoria aerodinamica 2D, non stazionaria di Theodorsen. Studio del flutter mediante il metodo V-g. Approssimazione alla Padè della 'lift deficiency function' e relativo modello aeroelastico agli stati finiti. Relazione tra la teoria di Theodorsen e la teoria di Wagner. Modello aeroelastico di ali 3D: modello dinamico-strutturale di trave flessio-torsionale, modello aerodinamico 'strip theory' e applicazione del metodo di Galerkin. Effetto della freccia alare. Studio della stabilità aeroelastica. Aerodinamica 3D non-stazionaria: flussi non-viscosi incompressibili; formulazione differenziale per flussi quasi-potenziati incompressibili; formulazione integrale per flussi quasi-potenziati incompressibili e metodo dei pannelli per la sua soluzione numerica. Matrice aerodinamica per l'analisi della stabilità aeroelastica. Approssimazione razionale matriciale della matrice aerodinamica, relativo modello aeroelastico agli stati finiti e studio del flutter. Aeroelasticità sezioni alari con flap di estremità. Attuazione del flap per il controllo del flutter mediante applicazione della teoria del controllo ottimo con osservatore.

## COSTRUZIONI AERONAUTICHE

**in - Primo anno - Secondo semestre**

CONOSCENZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI DI BASE PRESENTI NELLE COSTRUZIONI AERONAUTICHE; CONOSCENZA DEGLI STRUMENTI ANALITICI PER LA ANALISI DEI LORO STATI DI DEFORMAZIONE E SFORZO. CONOSCENZA DELLE STRUTTURE AERONAUTICHE COMPLESSE, CON PARTICOLARE ENFASI SUL CASSONE ALARE E SULLA STRUTTURA DI FUSOLIERA; ACQUISIZIONE DEI MODELLI MATEMATICI ADEGUATI ALLA LORO ANALISI E PROGETTAZIONE DI MASSIMA CON INCLUSIONE DEI CRITERI DA APPLICARE PER SCONGIURARE L'INSORGENZA DI CONDIZIONI DI LAVORO STRUTTURALMENTE CRITICHE PER ALA E FUSOLIERA.

**Docente: BERNARDINI GIOVANNI**

1) Teoria delle travi: flessione bidirezionale, torsione; travi a parete sottile monocella soggette a torsione (teoria di Bredt-Batho), travi a parete sottile aperta soggette a torsione; travi a parete sottile monocella e a parete sottile aperta soggette a carichi trasversali (definizione e determinazione del centro di taglio); travi a parete sottile multicella soggette a carichi trasversali e a torsione, travi rastremate. 2) Principi di progettazione del velivolo e introduzione delle strutture semimonoscocca: richiami su criteri di resistenza dei materiali fragili e duttili, tipologie di carichi agenti sul velivolo, accenni alle normative di riferimento per la progettazione del velivolo, struttura del cassone alare, struttura di fusoliera, analisi dello stato di sforzo e deformazione, idealizzazione strutturale. 3) Teoria di Kirchhoff delle piastre sottili: problema a membrana, problema a flessione, metodo delle autofunzioni per piastre semplicemente appoggiate. 4) Elementi di teoria della stabilità elastica: analisi della stabilità dell'equilibrio elastico di travi soggette a carichi di compressione (carico di Eulero); analisi della stabilità dell'equilibrio elastico di piastre soggette a carichi di compressione; problema del buckling per le strutture aeronautiche. 5) Teoria dei gusci: comportamento a membrana di gusci di rivoluzione caricati assialsimmetricamente. Definizione della struttura di fusoliera e analisi del suo stato di sforzo indotto dalla pressurizzazione.

## TECNOLOGIE DEI MATERIALI PER L'AERONAUTICA

**in - Secondo anno - Secondo semestre**

FORNIRE UNA CONOSCENZA PER UNA CORRETTA SCELTA ED IMPIEGO DEI MATERIALI PIÙ IMPORTANTI ATTUALMENTE UTILIZZATI IN AMBITO AERONAUTICO. IL CORSO FORNISCE ELEMENTI DI CONOSCENZA SUI MATERIALI STRUTTURALI QUALI I COMPOSITI A MATRICE POLIMERICA E LE LEGHE LEGGERE (COMPOSIZIONE, STRUTTURA, PROPRIETÀ, PROCESSI PRODUTTIVI ED IMPIEGO PER FUSOLIERA, PIANI ALARI, ECC..) E SU MATERIALI PER LE ALTE TEMPERATURE COME LE LEGHE DI TITANIO E LE SUPERLEGHE, MATERIALI CERAMICI E RIVESTIMENTI PER L'IMPIEGO IN COMPONENTI DEL SISTEMA PROPULSIVO.

**Docente: SEBASTIANI MARCO**

Cenni ai metodi di caratterizzazione dei materiali - tecniche diffrattometriche, microscopiche e spettroscopiche, micro- e nano-meccaniche. Cenni di metallografia e di prove non distruttive. Corrosione ad Umido - Aspetti elettrochimici del degrado, forme di corrosione ad umido, diagrammi di Pourbaix, cinetica della corrosione, ddp e teoria dei potenziali misti - passività, corrosione in ambienti naturali e in ambienti ostili, metodi di prevenzione, protezione, diagnosi e monitoraggio Tribologia - Richiami sulla meccanica del contatto. Aspetti tribologici del degrado (adesione, attrito e usura), principali tipologie di usura (adesiva e abrasiva). - Teoria, metodi e normativa per la quantificazione dell'usura, misure preventive. Protezione dei materiali - rivestimenti resistenti all'usura e alla corrosione, barriere termiche. - Tecnologie di produzione di rivestimenti: rivestimenti galvanici, rivestimenti da fase vapore, rivestimenti termospruzzati. Materiali compositi - concetti fondamentali (matrice-rinforzo-interfaccia) e classificazione; regola delle miscele, interazione rinforzo-matrice, durabilità e degrado (creep, fatica, idrolizzazione). Criteri di progettazione: compositi laminati e sandwich; tecnologie di produzione: hand layup, Filament winding, stampaggi a caldo, a freddo e in autoclave, Resin Transfer Moulding, Spray-up. Esempi di applicazione dei compositi. Materiali ceramici avanzati - correlazione tra precursori, produzione, struttura e proprietà ottenibili. Criteri di affidabilità (statistica di Weibull); tecnologie di produzione: sinterizzazione, pressatura isostatica a caldo, slip casting, tape casting, co-deposizione, thermal spraying. Esempi di applicazione dei ceramici per componenti refrattari e barriere termiche. Degrado, corrosione a secco. Processi di selezione dei materiali: Processi di selezione dei materiali tramite software CES (Cambridge Engineering Selector): fondamenti teorici, indici di prestazione e loro rappresentazione grafica, problemi a complessità crescente per la selezione del materiale in una serie di esempi rilevanti per l'ingegneria meccanica e aeronautica.

## ANALISI DI STRUTTURE AERONAUTICHE

**in - Secondo anno - Primo semestre**

FORNIRE LE CONOSCENZE DI BASE PER AFFRONTARE IN MODO CRITICO LA PROGETTAZIONE DI DETTAGLIO DI STRUTTURE AERONAUTICHE NONCHÉ UNA CONOSCENZA APPROFONDIRITA DEGLI STRUMENTI DI ANALISI NUMERICA COMUNEMENTE UTILIZZATI IN TALE CAMPO. PARTICOLARE ENFASI VERRÀ DATA AL METODO DEGLI ELEMENTI FINITI E ALLA SUA APPLICAZIONE NELLA MODELLIZZAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI TIPICI DELLE COSTRUZIONI AERONAUTICHE. LE TECNICHE ACQUISITE VERRANNO UTILIZZATE NELLA PROGETTAZIONE DI UNA STRUTTURA ALARE E/O DI FUSOLIERA CON REQUISITI ASSEGNATI.

**Docente:** *BERNARDINI GIOVANNI*

1) Richiami di algebra tensoriale: Tensori di ordine  $N$  e operazioni tra tensori. Coordinate curvilinee. Vettori di base covarianti e controvarianti. Vettori e tensori in coordinate curvilinee. Operatori differenziali in coordinate curvilinee. 2) Cinematica del continuo deformabile: Descrizione Euleriana e Lagrangiana del moto. Teoria delle deformazioni finite. Tensore gradiente di spostamento e deformazione. Teorema della decomposizione polare. Tensori di deformazione in una visione Lagrangiana ed Euleriana (tensori di Cauchy-Green e di Eulero-Almansi). Tensore velocità di deformazione. Teoria linearizzata (piccoli spostamenti e deformazioni). Equazione di conservazione della massa in una visione materiale e spaziale. 3) Dinamica del continuo deformabile: Equazione di bilancio della quantità di moto in una visione Lagrangiana ed Euleriana. Teorema di Cauchy. Tensore degli sforzi di Cauchy e di Piola-Kirchhoff. Bilancio del momento della quantità di moto in una visione materiale e spaziale. Equazione di bilancio dell'energia meccanica in una visione materiale e spaziale. 4) Termodinamica del continuo deformabile: Equazioni di conservazione dell'energia totale e dell'energia termodinamica in una visione materiale e spaziale. Teorema di Stokes per il flusso di calore. Secondo principio della termodinamica. 5) Teoria delle relazioni costitutive: Assiomi di Noll. Implicazioni del secondo principio della termodinamica sulla teoria delle relazioni costitutive dei materiali. Cenni alla teoria delle relazioni costitutive di materiali termoelastici: definizione del tensore elastico isoterma, del tensore degli sforzi termici, del tensore conduttività termica. Particolarizzazione delle relazioni costitutive al caso di materiali termoelastici lineari isotropi. 6) Problema termoelastico in strutture di interesse aeronautico: Formulazione termoelastica disaccoppiata. Problema della conduzione del calore e relative condizioni al contorno ed iniziali. Problema della determinazione degli sforzi dovuta all'azione combinata di carichi esterni e carichi termici: la trave di Eulero-Bernoulli e la piastra sottile. 7) Il metodo degli elementi finiti: Formulazione forte e debole del problema termoelastico disaccoppiato. Relazione tra la formulazione forte e debole e trattamento delle condizioni al contorno. Principio dei lavori virtuali. Discretizzazione e definizioni delle funzioni di forma. Scelta delle funzioni di forma. Definizione delle matrici di massa, di rigidità e smorzamento di elemento. Definizione del vettore dei carichi nodali equivalenti. Processo di assemblaggio. Imposizione delle condizioni al contorno sugli spostamenti. Elementi conformi. Elementi non conformi – patch test. Elementi isoparametrici. Metodi classici per la valutazione delle funzioni di forma. Esempi di applicazione in problemi di interesse in ambito aeronautico: aste, travi, piastre e gusci. 8) Introduzione all'utilizzo del codice agli elementi finiti Simulation Mechanical: modellazione geometrica. Definizione delle caratteristiche dei materiali. Definizione delle condizioni al contorno e del sistema di carichi. Metodi di soluzione. Post-processing dei dati. Applicazione all'analisi strutturale di un'ala e/o di una fusoliera.

## TERMOFLUIDODINAMICA DEI SISTEMI PROPULSIVI

**in - Primo anno - Secondo semestre**

Fornire le conoscenze di base utili nello studio del funzionamento dei turbomotori e dei principali propulsori a getto di impiego aeronautico nonché dei propulsori ad elica di interesse aeronautico e navale. L'obiettivo è perseguito estendendo e completando le conoscenze di base relative ai flussi compressibili ed alla combustione. Particolare cura verrà data all'apprendimento delle principali metodologie numeriche utilizzate in ambito industriale e di ricerca applicata, anche attraverso attività di laboratorio.

**Docente:** *PALMIERI FULVIO*

PARTE 1: ELEMENTI DI GASDINAMICA Concetti introduttivi; richiami flussi compressibili isentropici; richiami urti normali, Dimensionamento circuiti gasdinamici; Flussi 1-D con variazione di area, con attrito e con apporto di calore. Urti normali e obliqui. Interazione tra urti. Urti staccati. Espansione di Prandtl-Meyer Flussi potenziali compressibili. Cenni al metodo delle caratteristiche PARTE 2: ELEMENTI DI MOTORI PER AEROMOBILI Concetti introduttivi: Classificazione dei propulsori; introduzione alle prestazioni dei propulsori; definizione della Spinta e delle Potenze. Definizione ed espressione dei rendimenti. Cicli e parametri prestazionali dei propulsori. Turbogetto Semplice a punto fisso e in volo. Turbogetto con post-combustore. Turbofan a flussi separati ed associati. Turboelica. Ramjet. Cenni su eliche aeronautiche: teoria dell'elemento di pala. Turbomacchine. Prese dinamiche subsoniche e supersoniche. Sistemi di combustione. Ugelli propulsivi subsonici e supersonici. Motori a combustione interna volumetrici. Endoreattori a propellente solido. Endoreattori a propellente liquido. Ugelli e camere di spinta.

## FONDAMENTI DI AERONAUTICA

**in - Primo anno - Primo semestre**

Conoscenza dell'architettura delle diverse tipologie di velivoli, del ruolo e funzionamento per il volo dei diversi elementi che compongono i velivoli; capacità di studio del velivolo come punto materiale, per analisi delle prestazioni ed identificazione dei corrispondenti parametri di influenza; conoscenza delle principali situazioni operative. Introduzione di alcune metodologie di modellazione e simulazione matematica tipiche dell'ingegneria aeronautica, ed esempi di utilizzo.

**Docente:** *GENNARETTI MASSIMO*

Architettura dei velivoli: parti costituenti e loro ruolo. Elementi di aerodinamica stazionaria dei velivoli ad ala fissa: diagramma della portanza, della resistenza e polare del velivolo; efficienza aerodinamica. Prestazioni dei velivoli ad ala fissa: diagramma delle potenze, autonomie oraria e autonomia chilometrica; studio dei regimi di salita, quota di tangenza pratica e teorica. Volo librato e odografa del moto. Fattore di carico: virata corretta, richiamata e risposta alla raffica istantanea e graduale. Diagramma di inviluppo di volo. Prestazioni al decollo e all'atterraggio. Soluzione di equazioni non lineari: metodi iterativi; metodo di Newton-Raphson. Metodi per la soluzione di sistemi di equazioni differenziali alle derivate ordinarie nel dominio del tempo: forma normale e soluzione mediante: (i) metodo degli autovettori, (ii) cambiamento di riferimento, (iii) integrazione con la funzione esponenziale di matrice. Operatori lineari: autofunzioni e metodo delle autofunzioni per la soluzione di sistemi di equazioni differenziali alle derivate parziali. Metodi di Galerkin e di Rayleigh-Ritz. Calcolo delle variazioni: definizione di funzionale; equazioni di Eulero-Lagrange; condizioni di trasversalità; determinazione della equazione di Riccati per il controllo ottimo.

## PROGETTAZIONE STRUTTURALE DEI VELIVOLI

**in - Secondo anno - Secondo semestre**

SCOPO DEL CORSO È INTRODURRE LO STUDENTE ALLE METODOLOGIE UTILIZZATE PER LA PROGETTAZIONE CONCETTUALE DI VELIVOLI CON REQUISITI TECNICO-NORMATIVI ASSEGNATI, PONENDO L'ENFASI SULL'INTEGRAZIONE, IN UN'OTTICA DI PROGETTO OTTIMALE, DEGLI ASPETTI AERODINAMICI, STRUTTURALI, DI MECCANICA DEL VOLO E PROPULSIVI. ATTRAVERSO ESERCITAZIONI DI LABORATORIO, LO STUDENTE AVRÀ L'OPPORTUNITÀ DI UTILIZZARE LE METODOLOGIE ACQUISITE NELLA PROGETTAZIONE PRELIMINARE DI UN VELIVOLO SPECIFICO.

**Docente: IEMMA UMBERTO**

Metodi classici di dimensionamento preliminare di velivoli: stima pesi, profili di missione, dimensionamento preliminare aerodinamico/strutturale, selezione apparato propulsivo, lofting di primo tentativo, Ottimizzazione multidisciplinare di progetto concettuale: Metodi locali e globali, ottimizzazione multi-obiettivo, metamodelli e modelli surrogati, DOE, KBE, ottimizzazione robusta.

## AERODINAMICA

**in - Primo anno - Primo semestre**

RAGGIUNGERE UNA BUONA CONOSCENZA DELL'AERODINAMICA DI PROFILI E DI ALI SIA IN CASI INCOMPRESSIBILI CHE COMPRESSIBILI CON URTI ED ONDE DI ESPANSIONE E FORNIRE LE CONOSCENZE FONDAMENTALI RIGUARDANTI LA TURBOLENZA E L'ANALISI DI SEGNALI ALEATORI. IL CORSO È IMPOSTATO IN MODO DA METTERE IN GRADO LO STUDENTE DI AFFRONTARE TUTTE LE PROBLEMATICHE DI PROGETTAZIONE AERODINAMICA CON METODI CLASSICI.

**Docente: CAMUSSI ROBERTO**

Generalità su profili alari. Atmosfera standard. Flussi Potenziali 2D e 3D. Teorema di Green e metodi BEM. Metodo dei Pannelli. Ala infinita: teoria di Glauert. Ala finita: teoria del filetto portante. Superficie portante. Strato limite: soluzioni simili (Falkner-Skan) e metodi integrali. Gallerie del vento: classificazione, caratteristiche generali, principi di progettazione e dimensionamento. Turbolenza: equazioni generali e principali modelli, turbolenza omogenea e isotropa, cenni alla teoria di Kolmogorov, strato limite turbolento. Elementi di fluidodinamica numerica: metodi di discretizzazione, principali metodi numerici (differenze finite, volumi finiti), simulazione numerica di flussi turbolenti, codici di calcolo industriali.

## OLEODINAMICA E PNEUMATICA

**in - Secondo anno - Primo semestre**

Fornire le conoscenze sugli aspetti funzionali dei componenti oleodinamici e pneumatici nell'ambito del settore dell'Ingegneria Meccanica e Aeronautica. Fare acquisire le competenze progettuali necessarie per la progettazione dei sistemi complessi, oleodinamici e pneumatici, per l'analisi delle loro prestazioni e per l'identificazione delle loro caratteristiche dinamiche.

## DINAMICA DEL VOLO

**in - Primo anno - Secondo semestre**

STUDIO DELLE EQUAZIONI DELLA DINAMICA DEL VELIVOLO E DELLE SUE PRESTAZIONI. DINAMICA E PRESTAZIONI DEL PUNTO MATERIALE E DEL CORPO RIGIDO. SEGMENTI CARATTERISTICI. STABILITÀ E CONTROLLO.