

L'importanza della manutenzione nel ciclo di vita dei velivoli.

L'attività didattica del Politecnico di Torino nel settore della manutenzione aeronautica.

G.M. Di Cicca - G. Guglieri
Politecnico di Torino (DIMEAS)

- La manutenzione nel ciclo di vita dei velivoli
 - La formazione del manutentore
 - situazione attuale
 - nuove tendenze
 - Il manutentore “ingegnere”
 - L’esperienza del Politecnico di Torino:
 - offerta formativa e struttura dei corsi
 - strumenti didattici
-

La manutenzione aeronautica

L'insieme delle attività necessarie per l'accertamento e il mantenimento delle buone condizioni di aero-navigabilità dell'aeromobile. Tali attività comprendono le ispezioni, le revisioni, le riparazioni, le sostituzioni, le prove, le modifiche e i lavori di rettifica degli inconvenienti, in applicazione del programma di manutenzione e di quant'altro reso obbligatorio dalle autorità responsabili della certificazione dei prodotti (aeromobile, sotto-sistemi e componenti).

Essa mira a salvaguardare il valore del bene e a garantirne l'utilizzo ottimale, in adeguate condizioni di efficienza, sicurezza e operatività e si attua tradizionalmente in due modalità:

- Preventiva (programmabile – scheduled)
 - Reattiva (correttiva – unscheduled)
-

La manutenzione nel ciclo di vita dei velivoli

La diffusione di nuove tecnologie complesse e l'esigenza di salvaguardare la sicurezza e l'ambiente ha tuttavia incrementato il fabbisogno di manutenzione. Le normative nazionali e europee sono di fatto particolarmente puntuali nel campo aeronautico civile. Conseguentemente, le esigenze della manutenzione aeronautica sono diventate parte integrante della definizione dei requisiti progettuali dell'aeromobile di moderna concezione, al punto di prevedere sistemi di bordo dedicati in modo specifico alla gestione degli interventi manutentivi.

La manutenzione moderna è infatti orientata verso la prevenzione delle avarie, con studi e metodologie volti a migliorare l'efficacia degli interventi tecnici, con diversi modelli applicativi: ad esempio la manutenzione preventiva a cicli oppure la manutenzione sulle condizioni di funzionamento.

La manutenzione nel ciclo di vita dei velivoli

La soluzione attuata è di solito un mix di manutenzione pianificata, preventiva e predittiva che porta al superamento del programma di manutenzione basato sull'applicazione rigida dei “limiti di impiego e di revisione”.

Per controllare e mitigare i costi, la manutenzione deve essere continuamente tarata e bilanciata in modo da mantenere il “life cycle cost” del prodotto tecnologico a livelli economicamente accettabili (problema ingegneristico ... DFM “**Design for Maintainability**”).

Progettare in funzione della manutenibilità

Che cos'è il design per la manutenzione?

In primo luogo, il design è la trasformazione di un'idea in un prodotto, processo o servizio che soddisfi sia i requisiti di progetto che le esigenze degli utenti finali. La manutenibilità è il grado in cui il prodotto può essere mantenuto in servizio o riparato facilmente, in modo economico e efficiente.

Possiamo quindi definire la progettazione per la manutenibilità come la strategia di progettazione, che coinvolge sia il progettista che l'utente finale, con i seguenti obiettivi:

- Identificare e dare priorità alle esigenze di manutenzione
- Ridurre i tempi di manutenzione
- Aumentare la soddisfazione del cliente
- Diminuire l'onere della logistica e dei costi del ciclo di vita del prodotto.

Il Design per Manutenibilità (DFM) è un processo iterativo che utilizza i seguenti principi:

1. Utilizzare un approccio cooperativo (team) con DFM come obiettivo.
2. Raccogliere i dati di manutenzione (base dati).
3. Sviluppare / identificare i requisiti di manutenzione utilizzando le informazioni disponibili.
4. Design sviluppato utilizzando i requisiti di manutenzione selezionati.
5. Progettare, analizzare, testare e migliorare il prodotto.
6. Fabbricare il prodotto (rilasciare al mercato).
7. Raccogliere i dati di manutenzione e elaborare le informazioni.
8. Apportare miglioramenti come richiesto dalla sicurezza, dall'economia di gestione e da altri fattori.
9. Ripetere il processo con prodotti di nuova generazione.

Vantaggi del design per la manutenibilità

L'obiettivo della progettazione per la manutenibilità è fornire benefici (valore aggiunto) sia al costruttore che all'utente finale. I produttori devono trovare nuovi incentivi per convincere i clienti ad acquistare i loro prodotti. L'incentivo è un alto livello di manutenibilità. Prodotti durevoli (ad esempio quelli aeronautici) hanno cicli di vita lunghi e richiedono sia manutenzione programmata che non programmata per tutto il ciclo di vita.

Vantaggi (ovvio risultato?)

Facile accesso ai componenti da riparare o sostituire, componenti modulari facili e veloci da sostituire, componenti installabili in un solo modo, autodiagnosi o strumenti per trovare rapidamente i problemi e i guasti, ridotto utilizzo di attrezzi speciali, componenti e ricambi standardizzati, numero di componenti e ricambi ridotto, ...

La formazione del manutentore (situazione attuale)

A livello europeo, e in parte a livello italiano, la formazione del manutentore aeronautico (soprattutto per la parte teorica denominata “basic knowledge” ai sensi della norma EASA Part66) viene erogata da:

- Scuole riconosciute EASA Part 147
- Istituti tecnici o scuole professionali
- Agenzie formative di varia natura
- Università (abbinata a laurea o attestazione para-universitaria)
- Corsi online o similari (distance learning)



In molti casi la formazione è finalizzata esclusivamente a superare i relativi esami basici (17 moduli) presso organizzazioni di addestramento approvate che possono essere effettuare anche i relativi corsi.

Tali corsi ed esami possono essere effettuati esclusivamente da organizzazioni di addestramento approvate.

Manca completamente la formazione dell'ingegnere progettista con competenze nel settore della manutenzione aeronautica (DFM?).

La formazione del manutentore (situazione attuale)

L'attuale syllabus EASA Part 66 è un elenco di argomenti che devono essere oggetto di corsi di approvati dalle autorità aeronautiche.

Gli obiettivi formativi specifici sono aperti all'interpretazione degli enti di formazione e delle autorità aeronautiche locali. Di conseguenza, in Europa, ci sono disparità nel livello di formazione impartito ai futuri manutentori, che ha portato talvolta a una mancanza di uniformità tra i vari paesi europei.

Questa mancanza pone un punto interrogativo sulle reali capacità e competenze dei tecnici manutentori e riduce la mobilità internazionale della forza lavoro nel settore manutentivo aeronautico.

La formazione del manutentore (situazione attuale)

L'attività didattica (formazione) viene condotta servendosi prevalentemente di strumenti didattici convenzionali:

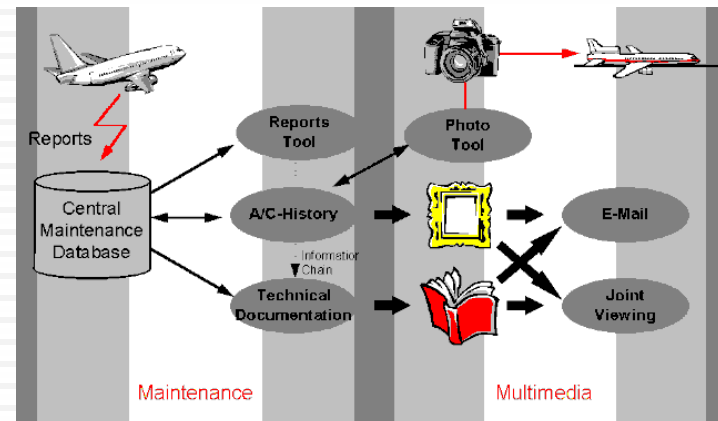
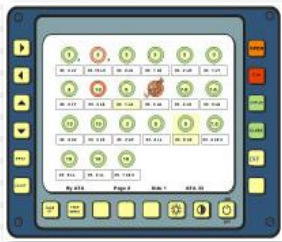
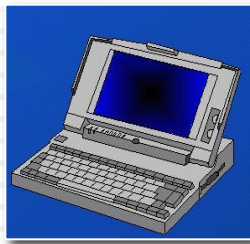
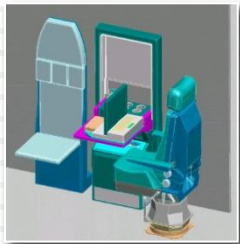
- lezioni in aula (docente)
 - dispense e libri tecnici
 - materiale online
 - video-lezioni o materiale audio-visivo di varia tipologia
 - esercitazioni pratiche e on-site training (in azienda o laboratorio)
-

La formazione del manutentore (nuove tendenze)

Adattare la didattica alle nuove tecnologie informatiche e alle nuove pratiche di manutenzione.

Nello specifico si suggerisce di introdurre nei percorsi formativi l'utilizzo di strumenti evoluti di tipo informatico-digitale destinati a

- gestire in modo efficiente e diretto i report manutentivi
- gestire le segnalazioni dei piloti,
- real-time monitoring and health status assessment del velivolo,
- documentazione on-line in tempo reale,
- on-board maintenance systems (OMS) e post-flight reporting.



Architettura di un sistema informatico integrato

Training e supporto informativo/documentale:
evoluzione degli strumenti

La formazione del manutentore (nuove tendenze)

L'industria aeronautica ha una lunga tradizione nel definire le convenzioni per gli scambi informativi (**worksharing**) tra aziende aerospaziali, operatori della manutenzione aeronautica e linee aeree.

In passato, la documentazione manutentiva veniva prodotta in formato elettronico quale copia dell'originale cartaceo, mentre, ad oggi, si è preferito sfruttare le potenzialità ipertestuali (utilizzo dei link) per aumentare il valore informativo riducendo la ridondanza dei contenuti a favore di una migliore leggibilità, di una adeguata granularità del contenuto e di una semplificazione della continua fase di aggiornamento. Evidentemente gli strumenti di accesso alla struttura informativa superano il concetto di base dati relazionale integrando la funzione di gestione delle informazioni tramite rete (global networking).

In effetti, le informazioni contenute nel sistema non sono statiche per definizione in quanto devono integrare le segnalazioni del personale di bordo (manutenzione straordinaria) e lo storico dei dati di volo (manutenzione programmata). Il formato stesso dei dati non si limita al formato scritto ma include spesso contenuti audio/video esplicativi.

La formazione del manutentore (nuove tendenze)

Introdurre metodi pedagogici e contenuti formativi non convenzionali.

L'analisi dei fattori umani (human factors) è stata originariamente introdotta nell'ambito aerospaziale con riferimento all'attività di pilotaggio e controllo del velivolo/traffico aereo. Solo successivamente tali considerazioni sono state estese al settore della manutenzione aeronautica nell'ottica di ridurre gli errori manutentivi (Maintenance Resource Management).

Un opportuno addestramento crea una consapevolezza e un'abitudine di lavoro da parte degli operatori manutentivi che accresce il livello di sicurezza degli interventi (safety nets).

In quest'ottica si suggerisce di utilizzare modalità di lezione di forte interattività che coinvolgano nella discussione di "case studies" gli studenti in modo da consolidare le capacità di "problem solving" dei futuri manutentori. Le lezioni dovrebbero essere corredate di un archivio storico di casi reali e casi di studio dettagliati.

La formazione del manutentore (nuove tendenze)

Miglioramento delle tecniche di formazione sul velivolo e della formazione pratica.

Si suggerisce un consolidamento delle esercitazioni pratiche a bordo macchina utilizzando metodologie che riducano il rischio per gli operatori e comunque diano un alto livello di realismo (trouble-shooting exercises).



Il rischio per gli operatori e la cultura della sicurezza

La formazione del manutentore (nuove tendenze)

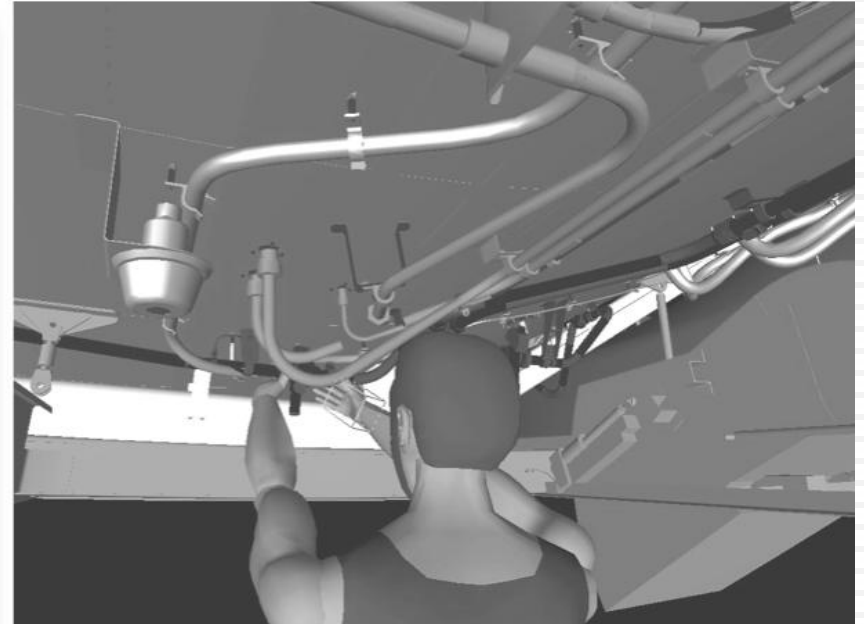
Le attività manutentive prevedono l'ispezione e la riparazione di strutture, impianti propulsivi e sistemi di bordo in hangar o in ambiente aeroportuale all'aperto. Un addestramento adeguato e l'abitudine all'applicazione delle norme di sicurezza garantiscono l'incolumità degli operatori ed evitano il danneggiamento degli aeromobili.

In questo contesto gli incidenti manutentivi sono riconducibili a numerosi eventi: manovre a terra degli aeromobili, mancanza di comunicazione tra gli operatori delle squadre manutentive, accesso di personale non autorizzato alle aree di manutenzione, ecc.

A tutti gli effetti, **l'utilizzo di strumenti virtuali o di realtà** aumentata costituisce un importante passo in avanti. Si suggerisce pertanto anche l'introduzione di strumenti di simulazione (in una prima fase non necessariamente basati sulla realtà virtuale) che riproducano il comportamento del velivolo o di sottosistemi significativi ai fini dell'apprendimento (ad esempio simulatori aero-meccanici del velivolo, simulatori della strumentazione presente nel cockpit oppure simulatori grafici di flusso/funzionali per i principali sistemi di bordo quali elettrici, pneumatici, propulsivi, ...).

La formazione del manutentore (nuove tendenze)

Questi strumenti consentono di sviluppare due modalità d'apprendimento fondamentali: “active learning” (partecipazione interattiva alle lezioni e giusto compendio teorico-pratico) e “operationally oriented learning” (esercizi orientati al trouble-shooting in condizioni operative realistiche).



La formazione del manutentore (nuove tendenze)

In questo ambito bisogna osservare che gli attuali strumenti multimediali (l'utilizzo su piattaforme PC based di software per la resa virtuale e non del velivolo, che consentano all'allievo di simulare l'ispezione e l'accesso all'aeromobile da postazione fissa), per quanto validi, non riescono tuttavia a riprodurre del tutto la complessità dei processi manutentivi.

L'addestramento pratico è di fatto insostituibile per garantire un adeguato livello di preparazione degli operatori. In particolare, la consapevolezza dei rischi viene sottovalutata senza integrare la formazione con l'addestramento sul campo. Va però sottolineato che, se gli strumenti multimediali vengono completati con un adeguato livello di immersione dell'operatore (realtà aumentata o virtuale), la situazione cambia radicalmente, garantendo un migliore livello di apprendimento del personale in addestramento ed una riduzione dei tempi di formazione.

Il manutentore “ingegnere”

Progetto europeo: Development of Qualification Framework for Cycles of Higher Education in Aircraft Engineering (AIRQUAL)

Definizione degli obiettivi formativi specifici del Corso di Studi in Ingegneria Aerospaziale (primo livello) e sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati:

- Ingegnere progettista / analista aero-meccanico
- Ingegnere sistemista aerospaziale
- Ingegnere tecnologo aerospaziale
- Ingegnere addetto alla manutenzione e al supporto tecnico**

Funzioni

All'ingegnere addetto alla manutenzione viene tipicamente richiesto provvedere all'attività di gestione e al controllo/supervisione della manutenzione aeronautica per aeromobili ad ala fissa e rotante ai sensi delle normative internazionale (EASA Part 66 - Licenza categoria B1, B2 e C). A partire quindi dalla sua preparazione generale in campo aerospaziale, egli provvede specificamente al supporto tecnico del prodotto nei confronti del cliente con una delle seguenti qualifiche funzionali: Assistant of Technical Data Manager, Assistant of Technical Publication Manager, Assistant of Service Engineering Manager, Technical Publication dept., Spare Parts and Logistics Dept., Service Engineering Dept., Maintenance Engineering Assistant.

Competenze

Questo ingegnere esercita competenze specifiche nel settore della manutenzione aerospaziale, come specificato dalla normativa EASA Part 66:

- identifica e applica le procedure tecniche e amministrative per garantire la “continuing airworthiness” degli aeromobili;
- conosce la sistemistica aeronautica, gli standard operativi, le tecnologie avioniche, affidabilità e sicurezza (controllo qualità, reliability, failure rate, safety, risk assessment e qualità dei componenti);
- analizza a livello di sistema i requisiti di affidabilità e sicurezza (criticità dei guasti, valutazione degli effetti di failure a livello di funzioni-multiple, livelli di failure tolerance in funzione della criticità delle funzioni, processi di Failure Detection Isolation & Recovery);
- conosce e applica criteri sistemistici relativi all'affidabilità, manutenibilità e sicurezza (probabilità di guasto, Mean Time Between Failures, criteri di definizione per le parti “spare”, tempi di intervento, aspetti logistici, criteri di progettazione orientati alla manutenibilità);
- utilizza strumentazione di laboratorio
- utilizza la lingua inglese scritta e parlata
- sa lavorare in gruppo, ha capacità di ascolto del contributo di altri esperti
- sa comunicare i risultati del suo lavoro in forma orale e grafica (presentazioni, rapporti tecnici) in modo professionale

Politecnico di Torino: Facts and Figures



update a.y. 2010/11

- **30.000 students**
- **3 schools of engineering**
- **2 schools of architecture**
- **1 PhD School**
- **11 departments**
- **815 academic staff**
- **270 mill. Euros of budget 2012**
- **52 educational programs 2010/11**
- **4.200 international students**
- **Approx. 405 international cooperation agreements**
- **10.704 internships since 2007**

Politecnico di Torino: Departments

**DISAT - Dept of Applied
Science and Technology**

**DIMEAS - Dept of
Mechanical and
Aerospace Engineering**

DENERG - Dept of Energy

**DAD - Dept of
Architecture and Design**

**DIGEP - Dept of
Management and
Production Engineering**

**POLITO
Departments**

**DIATI - Dept of
Environment, Land and
Infrastructure Engineering**

**DISEG - Dept of
Structural, Geotechnical
and Building Engineering**

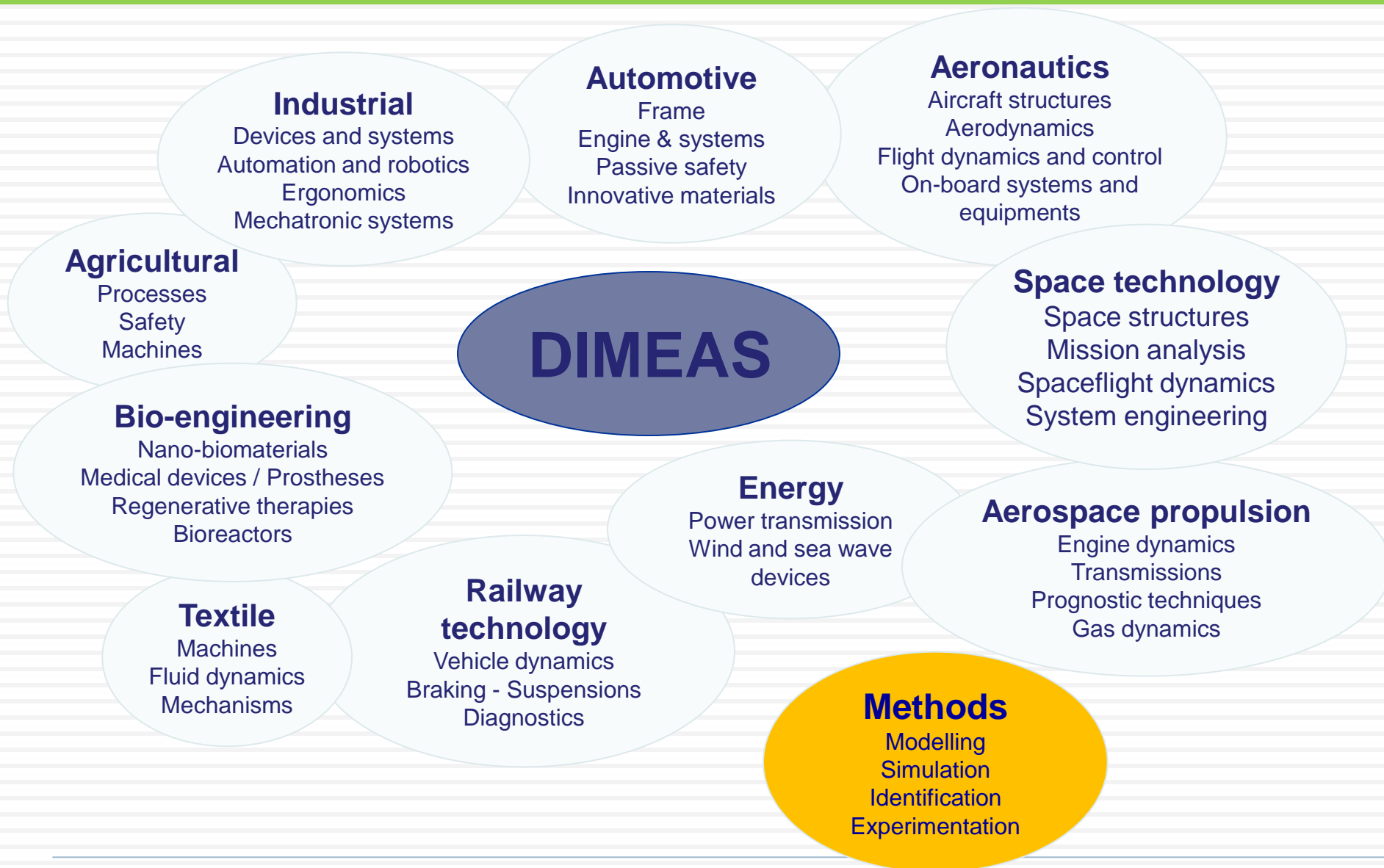
**DISMA - Dept of
Mathematical Sciences**

**DIST - Interuniversity Dept
of Regional and Urban
Studies and Planning**

**DAUIN - Dept of Control and
Computer Engineering**

**DET - Dept of Electronics
and Telecommunications**

The mission: domains of competence



Staff and people

The numbers of DIMEAS (2013)

- 25 full professors
- 28 associated professors
- 36 assistant professors

89 professors

- 18 administrative people
- 3 ICT technicians
- 12 laboratory technicians
- 2 library technician

35 admin & technical people

- 121 PhD students
- 106 Research grants

227 PHD & grant students

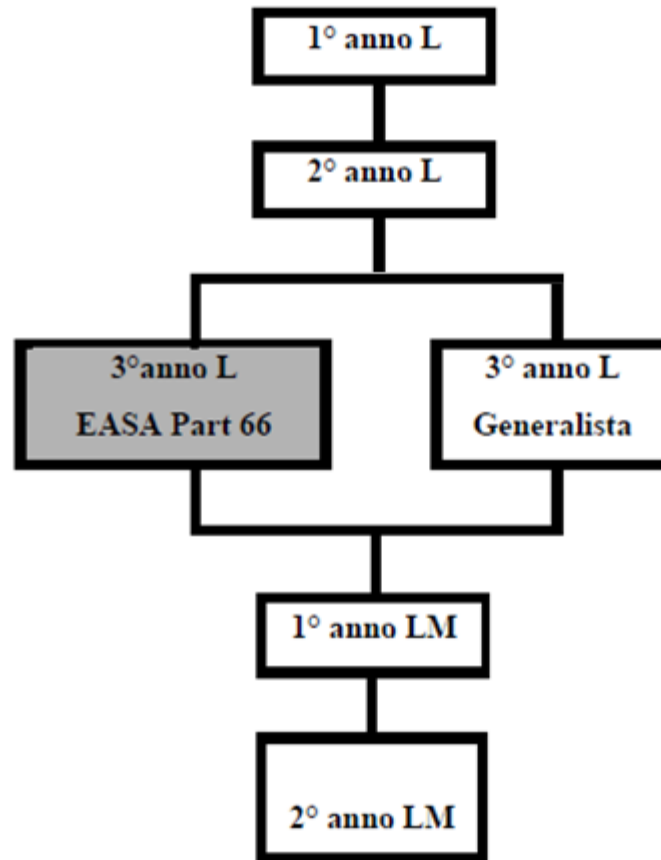
Grand total: 124+ 227 = 351

L'offerta formativa in Ingegneria Aerospaziale afferisce al **Collegio di Ingegneria Meccanica, Aerospaziale, dell'Autoveicolo e della Produzione (Collegio IMAAP)**.

Negli ultimi anni accademici si sono iscritte **annualmente circa 1.300 matricole** ai Corsi di Studio coordinati dal Collegio di Ingegneria Meccanica, Aerospaziale, dell' Autoveicolo e della Produzione. Si conferma quindi un andamento in crescita.

Tra i vari corsi di laurea si osserva che quello in Ingegneria Aerospaziale negli anni 2011-2012 e 2012-2013 ha registrato (al primo livello) un numero di **nuove immatricolazioni per anno compreso tra 250 e 300**.

Offerta formativa in Ingegneria Aerospaziale al Politecnico di Torino



L = Laurea (triennale) in Ingegneria Aerospaziale
LM = Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale

Orientamento Generalista, fortemente teorico;

Orientamento *EASA-Part66*, più indirizzato alla pratica e particolarmente indicato a chi intende entrare subito nel mondo del lavoro.

Gli insegnamenti sono di natura applicativa, sia di tipo tecnico (le tecnologie e le costruzioni aerospaziali, l' aerodinamica applicata, i sistemi avionici, la propulsione aeronautica) sia di contesto (la legislazione aeronautica e i fattori umani). Compagnono, inoltre, contenuti relativi alle pratiche di manutenzione, richiesti per soddisfare la norma internazionale EASA Part 66 che regola il riconoscimento delle Aircraft Maintenance Licence.

Se si decide di continuare gli studi, è possibile comunque iscriversi al corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Aerospaziale.

Con l'orientamento **EASA-Part66** si ottiene una certificazione, contestualmente alla laurea, riconosciuta dall'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) ai fini del rilascio della Aircraft Maintenance Licence. Il riconoscimento è limitato alla sola parte di "**basic knowledge**" e non include l'esperienza pratica che dovrà essere completata dal laureato presso un'azienda del settore manutentivo aeronautico.

La formazione attribuita nel percorso professionalizzante è stata riconosciuta dall'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile a partire dagli anni accademici 2003/04 e 2004/05, anche sulla base delle pregresse esperienze relative al riconoscimento dei crediti di basic knowledge ai sensi della precedente norma JAR 66.

Tra le università, in Italia solo il Politecnico di Torino e in Europa pochissime altre godono di questo riconoscimento, regolamentato da un manuale della qualità sottoscritto dal Politecnico di Torino e riconosciuto dall'ENAC con uno specifico certificato di accreditamento.

Struttura organizzativa del Corso di Laurea di Primo Livello in Ingegneria Aerospaziale con orientamento EASA-Part66

Il **Referente del Corso di Studio** cura il funzionamento e assicura la qualità dei corsi. Egli è anche latore delle istanze culturali e delle proposte avanzate dal Dipartimento al quale i Corsi di Studio sono attribuiti. Il Referente assolve anche alla funzione di dirigente responsabile (“accountable manager”) in quanto responsabile del processo.

Il **Quality Manager**, delegato dal Collegio e per conto del Politecnico di Torino, cura tutti gli aspetti relativi all’accreditamento ENAC per la certificazione EASA – Part 66.

Alla figura del Quality Manager è affiancata quella del **Program Manager** e del **Program Manager Aggiunto**, anch’ essi nominati dal Collegio, che fungono da coadiutori operativi.

PRIMO ANNO

(per iscritti al 1° anno post a.a. 2010-2011)

PRIMO ANNO
Analisi matematica I (10 CFU)
Chimica (8 CFU)
Inglese (3 CFU)
Geometria (10 CFU)
Fisica I (10 CFU)
Informatica (8 CFU)
Scelta libera (6 CFU)

SECONDO ANNO

(per iscritti al 1° anno post a.a. 2010-2011)

SECONDO ANNO
Analisi matematica II (6 CFU)
Fisica II (6 CFU)
Disegno tecnico industriale (6 CFU)
Fondamenti di Elettrotecnica ed Elettronica (10 CFU)
Termodinamica applicata e trasmissione del calore (8 CFU)
Fondamenti di meccanica strutturale (8 CFU)
Economia, organizzazione e sicurezza d'impresa (10 CFU)
Meccanica delle macchine (8 CFU)

TERZO ANNO

(per iscritti al 1° anno post a.a. 2010-2011)

TERZO ANNO
Tirocinio e prova finale (9 CFU)
Scienza e tecnologie dei materiali-Metallurgia (10 CFU)
Introduzione alla meccanica del volo (6 CFU)
Tecnica delle costruzioni aeronautiche (10 CFU)
Equipaggiamenti di bordo e sistemi avionici (6 CFU)
Aerodinamica applicata (8 CFU)
Propulsione aeronautica (8 CFU)
Sistemi di bordo aerospaziali (*) (6 CFU)

In rosso i corsi di riferimento per la copertura dei 17 moduli EASA Part66 che sono oggetto di accreditamento da parte di ENAC

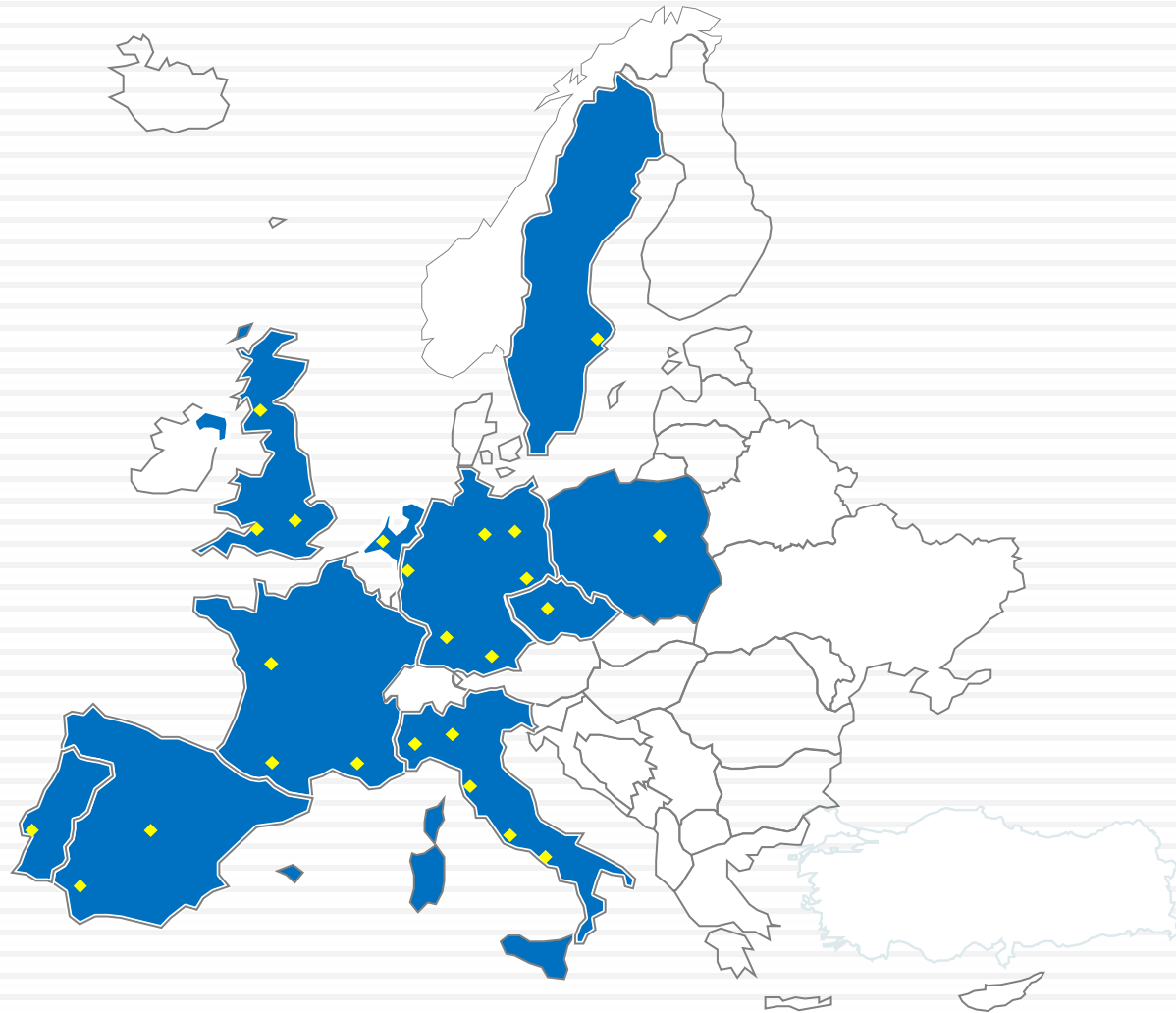
Strumenti formativi specifici

Per l' orientamento **EASA-Part66** vengono adottati alcuni strumenti formativi specifici che affiancano la tradizionale attività didattica:

- Dispense didattiche specifiche, il cui contenuto è soggetto a verifica da parte di ENAC
- Sezione libraria dedicata presso la Biblioteca DIMEAS
- Attività di laboratorio informatico
- Attività di laboratorio sperimentale e visite in azienda
- Interventi in aula di esperti del settore
- Video-lezioni utilizzate durante l'attività didattica in aula (pratiche di manutenzione)
- Disponibilità di una vasta libreria online (pratiche di manutenzione, avionica, meccanica del volo e propulsione aeronautica) contenente documentari tecnici di varia provenienza Aircraft Technical Book Company, Lycoming, TTC Avionics,

...

La rete europea PEGASUS



Partnership of a **E**uropean **G**roup of **A**eronautics and **S**pace **U**niversities

- PEGASUS: rete aperta alle istituzioni universitarie europee qualificate nel settore della formazione in Ingegneria Aerospaziale (website: www.pegasus-europe.org)
 - PoliTO membro fondatore nel 1998 e ha presieduto PEGASUS dal 2003 al 2007
 - 25 università appartenenti a 10 nazioni europee
 - Risultati: oltre 2500 laureati di secondo livello in Ingegneria Aerospaziale provenienti dalle università della rete
 - Riconoscimento reciproco della qualità nella formazione: il PEGASUS AWARD per attestazione esperienza multi-nazionale del singolo studente.
 - Rafforzamento dei meccanismi di scambio degli studenti tra i partner
 - Specifico formato di descrizione del curriculum, permettendo una comprensione immediata del livello di istruzione fornito dai partner.
 - Conferenza studentesca PEGASUS-AIAA
 - PEGASUS-Industry Alliance.
-

L'assicurazione interna di qualità dei Corsi di Studio del Politecnico di Torino è organizzata in modo permanente e si serve di strumenti informatici dedicati.

CdS in Ingegneria Aerospaziale accreditato **EUR-ACE** (in Italia sono Politecnico di Milano e Torino).

EUR-ACE (**EU**ropean **AC**credited **E**ngineer) è un certificato che viene assegnato ai corsi di laurea di ingegneria che sono accreditati a garanzia della qualità della formazione attraverso agenzie di accreditamento autorizzate situate nella [European Higher Education Area](#). Per l'Italia: QUACING - Agenzia per la Certificazione di Qualità e l'Accreditamento EUR-ACE dei Corsi di Studio in Ingegneria.

[European Network for Accreditation of Engineering Education](#) (ENAE) concede tale autorizzazione agli organismi che accreditano i corsi di laurea di ingegneria in conformità con le norme quadro europee e gli standard per agenzie di accreditamento come stabilito da ENAE.

Il certificato EUR-ACE può essere attribuito a corsi di primo e secondo livello in Ingegneria.

Conclusioni

- Nuovi approcci nella gestione della manutenzione degli aeromobili implicano che la manutenzione aeronautica debba essere vista anche come disciplina ingegneristica, in chiave sia progettuale che operativa (in considerazione del tema della complessità tecnica e del ruolo del manutentore, sempre più articolato).
- Il manutentore “ingegnere” costituisce una soluzione nominale del problema formativo del personale addetto alla manutenzione aeronautica.
- Corsi di studio universitari ancora poco sviluppati in ragione della difficile conciliabilità tra vincoli legislativi in tema di manifesto degli studi e regolamenti aeronautici europei (MIUR vs ENAC?).
- Offerta formativa “basic knowledge” EASA Part66 non uniforme a livello nazionale e europeo. Limiti nella potenziale circolazione del personale al di fuori dei confini nazionali.
- Nuovi contenuti e strumenti didattici innovativi non ancora implementati a pieno.
- L’esperienza del Politecnico di Torino come esempio di costruttiva collaborazione tra università e autorità aeronautica, con adeguamento e aggiornamento dell’offerta formativa ai requisiti del profilo professionale di riferimento (meccanismo a supporto della qualità della didattica).

Ente Nazionale Aviazione Civile, <http://www.enac-italia.it/>

European Aviation Safety Agency, <http://www.easa.eu.int/>

Dhillon, B.S., Liu, Y., “Human error in maintenance: a review”, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 12, No. 1, 2006.

Nabben, A., “Innovations and Current Tendencies in Aircraft Maintenance Training”, EATS, Berlino, 2007.

Sadasivan, S., Vembar, D., Stringfellow, P., Washburn, C., Duchowski, A., Gramopadhye, A., “Aircraft Maintenance Technology Education: Integrating Asynchronous Technology and Virtual Reality”, TR-2006-2584, 2006.

Taylor, J.C., “Reliability and Validity of the Maintenance Resources Management/Technical Operations Questionnaire”, International Journal of Industrial Ergonomics, No. 26, 2000.

VVAA, “Maintenance Engineering Training - Meeting future airworthiness challenges”, The Royal Aeronautical Society, Londra, 2007.

VVAA, «PEGASUS - Ensuring The Highest Quality In European Aerospace Engineering Education», 3rd Edition, July 2009.

VVAA, «*Identification of external requirements through surveys with aerospace industries - Functions and competences - Expected learning outcomes*», Development of Qualifications Framework for Cycles of Higher Education in Aerospace Engineering, Accademia University Press, Torino, Italy, 2011.

Xavier, A.J., “Managing Human Factors In Aircraft Maintenance Through A Performance Excellence Framework”, Embry-Riddle Aeronautical University, 2005.
