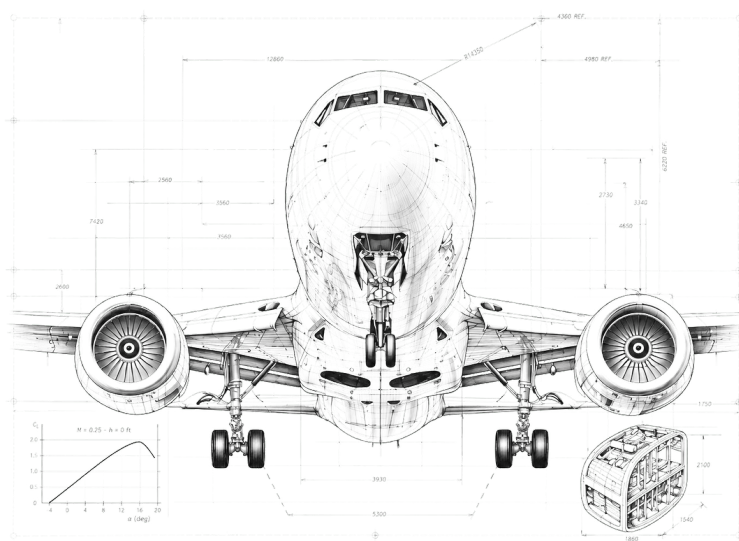


La normativa aeronautica europea

e la manutenzione degli aeromobili

Autorità, regolamenti e mantenimento dell'aeronavigabilità

ICAO · EASA · ENAC · Basic Regulation · Part-M, 145, 66, 147



Articolazione *Costruzione del Mezzo Aeronautico* — Classe V

B. Raucci

Monografia didattica — uso interno

Indice

I	Perché esiste una normativa aeronautica	I
1.1	Un problema che nasce con il volo stesso	I
1.2	Il carattere internazionale dell'aviazione	I
1.3	La gerarchia delle fonti: un'idea da tenere sempre presente	2
2	Le autorità aeronautiche	3
2.1	Il livello mondiale: l'ICAO	3
2.2	Il livello europeo: dalla JAA all'EASA	3
2.2.1	1970 — La JAA e le prime codifiche comuni	3
2.2.2	1987 — Le JAR, equivalente europeo delle FAR statunitensi	3
2.2.3	2002 — Nasce l'EASA, un'autorità con poteri propri	4
2.3	Il livello nazionale: l'ENAC in Italia	4
3	L'architettura dei regolamenti EASA	6
3.1	La legge quadro: la Basic Regulation	6
3.2	La navigabilità iniziale: il Reg. (UE) 748/2012	7
3.3	La navigabilità continua: il Reg. (UE) 1321/2014	8
3.4	AMC e GM: il materiale che spiega come fare	9
4	Le Certification Specifications (CS)	II
4.1	Perché servono categorie diverse	II
4.2	Le principali categorie di velivoli ed elicotteri	II
5	La manutenzione aeronautica	I4
5.1	Che cosa significa “mantenere l'aeronavigabilità”	I4
5.2	Le filosofie manutentive	I4
5.3	I tipi di intervento e i controlli non distruttivi	I5
5.4	Affidabilità e sicurezza: due facce della stessa medaglia	I5
A	Glossario delle sigle	I7

Perché esiste una normativa aeronautica

Dove stiamo andando

In questo capitolo capiremo *perché* il volo è forse l'attività umana più regolamentata al mondo, e come si è arrivati, in poco più di un secolo, a un sistema di regole condiviso da quasi tutti gli Stati. Metteremo a fuoco tre idee-chiave: la *sicurezza* come obiettivo primario, l'*armonizzazione* internazionale come strumento, e la *gerarchia delle fonti* come metodo. Sono le fondamenta su cui poggia tutto il resto della monografia.

1.1 Un problema che nasce con il volo stesso

Quando i fratelli Wright si staccano da terra il 17 dicembre 1903, l'aeroplano è un oggetto sperimentale, costruito e provato da chi lo ha progettato. Non esiste alcuna regola: chi vola risponde solo a sé stesso. Ma non appena l'aereo diventa un *mezzo di trasporto* — cioè trasporta persone che non lo hanno costruito e che si fidano di chi lo pilota e di chi lo mantiene — nasce un problema nuovo. Chi garantisce al passeggero che quel velivolo sia sicuro? Chi stabilisce quali requisiti minimi deve soddisfare la struttura, il motore, l'equipaggio?

La risposta a questa domanda è la *normativa aeronautica*: l'insieme organizzato di regole tecniche e giuridiche che disciplinano la progettazione, la costruzione, l'esercizio e la manutenzione degli aeromobili, con un unico grande obiettivo di fondo.

Obiettivo primario della normativa

Stabilire e mantenere un livello elevato e uniforme di **sicurezza** (*safety*) dell'aviazione civile, tutelando le persone trasportate, gli equipaggi e i terzi a terra. Tutti gli altri obiettivi (qualità, tutela ambientale, efficienza del mercato) sono importanti, ma *subordinati* alla sicurezza.

Osservazione

In inglese si distinguono due parole che in italiano rendiamo entrambe con “sicurezza”: la *safety* (assenza di condizioni che possano provocare danni per cause accidentali, cioè la sicurezza del volo in senso tecnico) e la *security* (protezione da atti dolosi, come dirottamenti o attentati). La normativa che studiamo in questa unità riguarda soprattutto la *safety*; la *security* è materia di altri regolamenti.

1.2 Il carattere internazionale dell'aviazione

C'è una seconda ragione che rende la normativa aeronautica particolare. Un aereo che decolla da Napoli e atterra a New York attraversa lo spazio aereo di più Stati e opera in Paesi con ordinamenti giuridici diversi. Se ogni nazione imponesse regole tecniche incompatibili con quelle delle altre, il trasporto aereo internazionale sarebbe semplicemente impossibile: un velivolo certificato in Italia potrebbe risultare “fuori norma” appena varcato il confine.

Da qui nasce l'esigenza di **armonizzare** le regole, cioè renderle il più possibile uniformi tra Stati diversi. È il filo conduttore che percorre tutta la storia della normativa aeronautica, dal 1944 a oggi, e che spiega la nascita degli organismi che studieremo nel prossimo capitolo.

Perché l'armonizzazione conviene a tutti

Un costruttore europeo che progetta un nuovo velivolo sostiene costi enormi per dimostrarne la sicurezza. Se quella dimostrazione, valida in Europa, fosse *riconosciuta* anche negli Stati Uniti grazie ad accordi di reciprocità, il costruttore potrebbe vendere lo stesso aereo su entrambi i mercati senza rifare da capo tutte le prove. L'armonizzazione, quindi, non è solo una questione di sicurezza: è anche un potente fattore economico, e questo spiega perché l'industria per prima abbia spinto verso regole comuni.

1.3 La gerarchia delle fonti: un'idea da tenere sempre presente

Prima ancora di elencare gli organismi e i regolamenti, conviene fissare un principio di metodo che ci accompagnerà per tutta la monografia: le regole aeronautiche non stanno tutte sullo stesso piano. Esiste una *gerarchia*, in cui ogni livello poggia su quello superiore e ne specifica il contenuto.

I tre livelli della regolazione

1. **Regola di base** (*hard law*): la legge quadro, vincolante in tutti i suoi elementi. Fissa i principi e gli obiettivi di sicurezza.
2. **Regole di attuazione** (*Implementing Rules, hard law*): traducono i principi in requisiti concreti e vincolanti.
3. **Materiale tecnico dell'Agenzia** (*soft law*, non vincolante): specifiche di certificazione (CS), mezzi accettabili di conformità (AMC) e materiale di guida (GM), che indicano *come* soddisfare i requisiti.

Attenzione

La distinzione tra *hard law* (vincolante) e *soft law* (non vincolante) è sottile ma importante. Le AMC e i GM non obbligano: indicano una strada "accettata" per dimostrare la conformità. Il costruttore può sceglierne una diversa, ma in quel caso dovrà *dimostrare* all'autorità che il suo metodo garantisce lo stesso livello di sicurezza. È un errore frequente considerarle obbligatorie: non lo sono, ma di fatto sono quasi sempre seguite perché rappresentano la via più semplice e collaudata.

Il senso di tutto questo

Abbiamo posto le tre fondamenta: la sicurezza come fine, l'armonizzazione come mezzo, la gerarchia delle fonti come metodo. Con queste tre chiavi in mano, tutto ciò che segue — organismi, sigle, regolamenti — smette di essere un elenco da memorizzare e diventa un sistema che si legge con logica.

Le autorità aeronautiche

Dove stiamo andando

Passiamo ora dai principi agli *attori*: quali organismi scrivono e fanno rispettare le regole? Seguiremo un percorso a imbuto, dal livello mondiale (ICAO) a quello europeo (EASA, erede della JAA) fino a quello nazionale italiano (ENAC). Vedremo che ciascun livello ha un ruolo preciso e complementare agli altri.

2.1 Il livello mondiale: l'ICAO

Alla fine della Seconda guerra mondiale, con l'aviazione ormai avviata a diventare un mezzo di trasporto di massa, cinquantadue Stati si riuniscono a Chicago e il 7 dicembre 1944 firmano la *Convenzione sull'aviazione civile internazionale*, nota come **Convenzione di Chicago**. Da essa nasce, nel 1947, l'ICAO.

ICAO

ICAO — *International Civil Aviation Organization* (Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile) — è l'agenzia specializzata delle Nazioni Unite che coordina e uniforma le regole dell'aviazione civile a livello **mondiale**. Ha sede a Montréal (Canada).

Lo strumento tecnico con cui l'ICAO armonizza le regole sono i cosiddetti *Annessi* alla Convenzione di Chicago (diciannove in tutto), che coprono ambiti come le licenze del personale, le regole dell'aria, la navigabilità, la protezione dell'ambiente. Gli Stati aderenti si impegnano a recepire questi standard nei propri ordinamenti, garantendo così quell'uniformità mondiale che rende possibile il volo internazionale.

Osservazione

L'ICAO detta *standard e pratiche raccomandate* (*Standards and Recommended Practices*, SARPs), ma non “certifica” direttamente aeroplani o piloti: quello è compito delle autorità regionali e nazionali. L'ICAO stabilisce la *cornice* comune entro cui tutti si muovono.

2.2 Il livello europeo: dalla JAA all'EASA

In Europa il cammino verso regole comuni è stato graduale. Lo ripercorriamo per tappe, perché ciascuna risponde a un'esigenza precisa.

2.2.1 1970 — La JAA e le prime codifiche comuni

Nasce l'organizzazione **JAA** (*Joint Aviation Authorities*), con lo scopo di creare codifiche di certificazione comuni per aeromobili e motori nell'ambito dell'industria europea — in particolare per il neonato consorzio Airbus, che riuniva costruttori di Paesi diversi e aveva bisogno di uno standard condiviso.

2.2.2 1987 — Le JAR, equivalente europeo delle FAR statunitensi

La JAA estende le proprie competenze fino a definire standard comuni per manutenzione, certificazione, progettazione e produzione: nascono le **JAR** (*Joint Aviation Requirements*). Le JAR rappresentavano, di fatto,

il riferimento europeo equivalente alle **FAR** (*Federal Aviation Regulations*) statunitensi, emanate dalla **FAA** (*Federal Aviation Administration*), l'autorità dell'aviazione civile degli Stati Uniti.

Osservazione

La JAA aveva però un limite strutturale: era un organismo di *cooperazione* tra autorità nazionali, privo di personalità giuridica propria e di poteri vincolanti. Le sue regole dovevano essere recepite Stato per Stato, con inevitabili disallineamenti. Questo limite è la ragione per cui, nel 2002, si compie il salto di qualità.

2.2.3 2002 — Nasce l'EASA, un'autorità con poteri propri

La volontà di armonizzare ulteriormente sicurezza, qualità e compatibilità ambientale spinge l'Unione Europea a costituire un organismo **indipendente**, dotato di personalità giuridica e di poteri propri: l'**EASA**.

EASA

EASA — *European Union Aviation Safety Agency* (Agenzia dell'Unione Europea per la Sicurezza Aerea) — è l'agenzia dell'UE che elabora le regole comuni di sicurezza dell'aviazione civile europea e ne sorveglia l'applicazione. Ha sede a Colonia (Germania). A differenza della JAA, le sue regole sono **direttamente vincolanti** in tutti gli Stati membri, senza bisogno di recepimento nazionale.

Approfondimento

Il passaggio dalla JAA all'EASA è un ottimo esempio del principio di armonizzazione portato alle sue conseguenze. Con la JAA gli Stati “concordavano” regole comuni ma restavano liberi nell'applicarle; con l'EASA esiste un'unica fonte europea vincolante. È la differenza tra un accordo tra gentiluomini e una legge dello Stato: entrambi mirano allo stesso obiettivo, ma solo il secondo garantisce davvero l'uniformità.

I settori regolamentati dall'EASA si sono ampliati nel tempo ben oltre la sola certificazione dei velivoli: oggi comprendono, tra gli altri, le operazioni di volo (*Air Operations*), gli aeroporti (*Aerodromes*), la gestione del traffico aereo (*Air Traffic Management*), gli equipaggi e la parte medica, i droni e la mobilità aerea avanzata, la *cybersecurity*, l'ambiente e la cooperazione internazionale.

2.3 Il livello nazionale: l'ENAC in Italia

Anche con un'agenzia europea, serve un'autorità nazionale che vigili sul territorio, tenga i registri, rilasci licenze e certificati e faccia da tramite con l'EASA. In Italia questo ruolo spetta all'ENAC.

ENAC

ENAC — *Ente Nazionale per l'Aviazione Civile* — è l'autorità italiana di regolazione tecnica, certificazione, vigilanza e controllo nel settore dell'aviazione civile. Istituito nel 1997, ha riunito le competenze prima distribuite tra più organismi (in particolare la Direzione Generale dell'Aviazione Civile, DGAC, e il Registro Aeronautico Italiano, RAI).

Osservazione

Il rapporto tra i tre livelli è di *complementarità*, non di sovrapposizione. Semplificando: l'ICAO fissa la cornice mondiale, l'EASA scrive le regole europee vincolanti e certifica i prodotti, l'ENAC sorveglia l'applicazione sul territorio nazionale e cura i rapporti con l'utenza. Ognuno opera al proprio livello, e i livelli si incastrano come le scatole di una matrioska.



Figura 2.1. I principali settori regolamentati dall'EASA.

Esercizio svolto 2.1 — Collocare l'autorità giusta

Testo. Per ciascuna delle seguenti situazioni, individuare quale autorità (ICAO, EASA o ENAC) è principalmente competente, motivando la scelta.

- (a) Definizione degli standard mondiali per le licenze di volo.
- (b) Emanazione delle specifiche di certificazione per un nuovo velivolo da trasporto destinato al mercato europeo.
- (c) Rilascio in Italia del certificato di immatricolazione di un aeromobile.

Svolgimento. Ragioniamo con la logica “a imbuto” dei tre livelli.

(a) Uno standard *mondiale* sulle licenze è per definizione materia del livello più alto: la cornice comune a tutti gli Stati. Competenza **ICAO** (Annesso 1 alla Convenzione di Chicago).

(b) Le *specifiche di certificazione* (CS) per un velivolo europeo sono materiale tecnico elaborato dall'Agenzia europea. Competenza **EASA**.

(c) Un atto amministrativo che riguarda un singolo aeromobile sul territorio *italiano* — l'immatricolazione nel registro nazionale — è competenza dell'autorità nazionale: **ENAC**.

Conclusione. La chiave è sempre la stessa: chiedersi a quale *livello* (mondiale, europeo, nazionale) appartiene naturalmente la questione. Quasi sempre la risposta emerge da sola.

Il senso di tutto questo

Tre autorità, tre livelli, un solo obiettivo. Abbiamo ora la mappa degli attori. Nel prossimo capitolo vediamo *cosa* scrivono questi attori: la struttura concreta dei regolamenti europei.

L'architettura dei regolamenti EASA

Dove stiamo andando

Entriamo nel cuore tecnico della normativa europea. Vedremo come, a partire da un'unica legge quadro (la *Basic Regulation*), si diramino due grandi famiglie di regole: quelle sulla navigabilità *iniziale* (progettare e costruire aerei sicuri) e quelle sulla navigabilità *continua* (mantenerli sicuri nel tempo). È qui che la gerarchia delle fonti del Capitolo 1 prende corpo concreto.

3.1 La legge quadro: la Basic Regulation

Al vertice dell'intera architettura europea sta un unico regolamento di base.

Basic Regulation

La *Basic Regulation* è il **Regolamento (UE) 2018/1139** del Parlamento europeo e del Consiglio, del 4 luglio 2018, recante regole comuni nel settore dell'aviazione civile e istitutivo dell'EASA. È la legge quadro (*hard law*) su cui poggiano tutte le regole di attuazione successive.

Attenzione

Attenzione alla numerazione dei regolamenti dell'Unione Europea: si scrive *anno/numero*, quindi "Regolamento (UE) 2018/1139" — l'anno (2018) *precede* il numero progressivo (1139). Non "1139/2018". È una convenzione formale ma va rispettata nei documenti tecnici, perché identifica in modo univoco l'atto. Il 2018/1139 ha, tra l'altro, sostituito il precedente regolamento di base (CE) n. 216/2008.

Dalla Basic Regulation discendono le *regole di attuazione* (*Implementing Regulations*), adottate dalla Commissione europea, che si raggruppano in due grandi filoni.

I due pilastri della navigabilità

- **Initial Airworthiness** (navigabilità iniziale) — Reg. (UE) 748/2012: regole per *progettare e costruire* aeromobili e prodotti sicuri, e per certificare le imprese di progettazione e produzione.
- **Continuing Airworthiness** (navigabilità continua) — Reg. (UE) 1321/2014: regole per *mantenere* nel tempo la navigabilità degli aeromobili, e per certificare le imprese e il personale di manutenzione.

Osservazione

La coppia iniziale/continua traduce un'idea semplice e profonda: non basta costruire un aereo sicuro (navigabilità iniziale), bisogna anche *mantenerlo* sicuro per tutta la sua vita operativa (navigabilità continua). Un velivolo perfetto appena uscito di fabbrica ma mal mantenuto diventa pericoloso; ecco perché i due pilastri hanno pari dignità.

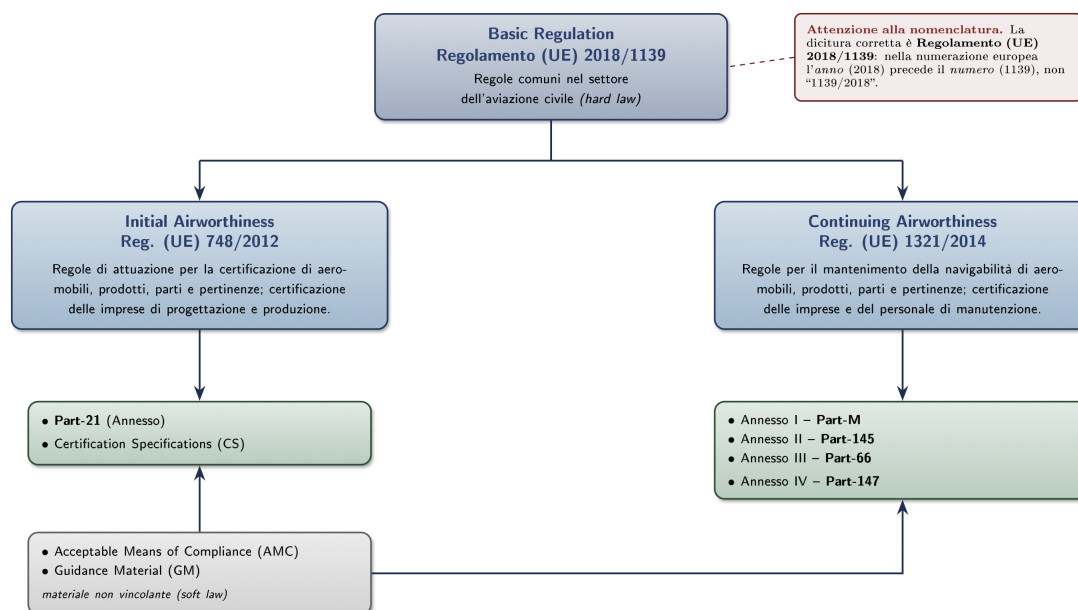


Figura 3.1. Architettura dei regolamenti EASA: dalla Basic Regulation ai due filoni di navigabilità e ai rispettivi annessi.

3.2 La navigabilità iniziale: il Reg. (UE) 748/2012

Questo regolamento detta le regole relative ai processi di certificazione dei prodotti aeronautici e delle imprese di progettazione e costruzione. Il suo allegato principale è la **Part-21**.

Part-21

La **Part-21** contiene i requisiti e le procedure generali per la certificazione dell'aeromobile (o dei suoi componenti) e delle imprese di produzione e progettazione.

Nella Part-21 troviamo le procedure per il rilascio di alcuni certificati fondamentali, che conviene fissare con precisione perché ricorrono di continuo nel linguaggio tecnico.

I certificati della navigabilità iniziale

POA — *Production Organisation Approval*

certificato di approvazione dell'impresa di *produzione*.

DOA — *Design Organisation Approval*

certificato di approvazione dell'impresa di *progettazione*.

TC — *Type Certificate* (certificato di tipo)

certifica che un *nuovo tipo* di velivolo, come progetto, soddisfa i requisiti di sicurezza. È rilasciato una volta per l'intero modello.

CoFA/CN — *Certificato di Navigabilità*

certifica che il *singolo esemplare* costruito è conforme a uno specifico TC ed è in condizioni di volo sicuro.

Attenzione

Non confondere il **TC** con il **CofA**. Il certificato di tipo riguarda il *progetto* (il modello, ad esempio “Airbus A320”): è uno solo per tutto il tipo. Il certificato di navigabilità riguarda il *singolo aereo* che esce dalla catena di montaggio: ce n'è uno per ogni esemplare. Un TC “madre” genera tanti CofA quanti sono gli aerei costruiti su quel progetto.

Al Reg. 748/2012 sono associate le **Certification Specifications (CS)**: sono il materiale tecnico (*soft law*) che indica come applicare correttamente la normativa in funzione della categoria del velivolo. Le vedremo in dettaglio nel Capitolo 4.

3.3 La navigabilità continua: il Reg. (UE) 1321/2014

Questo regolamento detta le regole relative al mantenimento dell'aeronavigabilità dei prodotti aeronautici e alla certificazione delle imprese e del personale di manutenzione. È organizzato in più *annessi*, ciascuno indicato con il nome “Part”.

Gli annessi del Reg. (UE) 1321/2014

Part-M (Annesso I)

requisiti e procedure per il mantenimento dell'aeronavigabilità dei prodotti aeronautici; comprende, ad esempio, le procedure per il rilascio del certificato di riammissione in servizio (CRS) dopo un intervento di manutenzione.

Part-145 (Annesso II)

requisiti per la certificazione dell'impresa di manutenzione (MOA, *Maintenance Organisation Approval*).

Part-66 (Annesso III)

requisiti per la certificazione del personale di manutenzione e per il rilascio della licenza di manutentore aeronautico (LMA o AML, *Aircraft Maintenance Licence*).

Part-147 (Annesso IV)

requisiti per l'approvazione delle imprese che erogano la *formazione* del personale tecnico di manutenzione (MTOA, *Maintenance Training Organisation Approval*).

La struttura si è ampliata nel tempo

I quattro annessi qui sopra sono l'ossatura storica del regolamento ed è quella che va conosciuta con sicurezza. Nel tempo, però, il Reg. 1321/2014 è stato integrato con annessi ulteriori pensati soprattutto per l'aviazione leggera e per riordinare la gestione della navigabilità: la **Part-ML** (una versione *semplificata* della Part-M per gli aeromobili leggeri, categorie ELA1 ed ELA2), la **Part-CAMO** (che disciplina in modo organico le organizzazioni di gestione della navigabilità continua, prima regolate all'interno della Part-M) e la **Part-CAO** (organizzazione combinata di navigabilità per il mondo leggero). Non è necessario memorizzarne i dettagli, ma è utile sapere che esistono: mostrano come una normativa sia un organismo *vivo*, che cresce per rispondere a nuove esigenze.

Le quattro Part come una “filiera” della manutenzione

Le quattro Part storiche si leggono bene se le si immagina come gli anelli di una stessa filiera. La **Part-147** forma il tecnico; la **Part-66** gli rilascia la *licenza* che ne attesta la competenza; la **Part-145** approva

l'*impresa* in cui quel tecnico lavora; la **Part-M** definisce *come* si gestisce nel tempo la navigabilità del velivolo e come lo si riammette in servizio. Formazione → licenza → impresa → gestione: un unico ciclo coerente.

3.4 AMC e GM: il materiale che spiega come fare

Sia il filone iniziale sia quello continuo si appoggiano su due tipi di documenti tecnici trasversali, che completano la gerarchia delle fonti.

AMC e GM

AMC — *Acceptable Means of Compliance*: indicazioni *non vincolanti* su come garantire o dimostrare la conformità ai regolamenti.

GM — *Guidance Material*: materiale esplicativo non vincolante, comprensivo di esempi, che assiste nell'interpretazione e nell'applicazione delle norme.

Osservazione

Ritroviamo qui, in forma concreta, la distinzione *hard law* / *soft law* del Capitolo 1. Regolamenti e Implementing Rules obbligano; AMC e GM *aiutano*. Sono la “manualistica” ufficiale che accompagna la legge: non impongono, ma illuminano la strada più sicura per rispettarla.

Esercizio svolto 3.1 — Leggere la gerarchia di un requisito

Testo. Un'impresa deve dimostrare che un certo componente strutturale resiste ai carichi previsti. Disporre in ordine gerarchico, dal livello più vincolante a quello meno vincolante, i seguenti elementi coinvolti: (i) un documento GM con un esempio di calcolo; (ii) il Regolamento (UE) 2018/1139; (iii) la Part-21; (iv) un'AMC che indica un metodo di prova accettato.

Svolgimento. Appliciamo i tre livelli della *Formula chiave* del Capitolo 1.

1. *Livello più alto — regola di base (hard law)*: il **Regolamento (UE) 2018/1139** (ii). È la legge quadro da cui tutto discende.
2. *Regola di attuazione (hard law)*: la **Part-21** (iii), allegato del Reg. 748/2012, che traduce i principi in requisiti concreti e vincolanti di certificazione.
3. *Soft law — mezzi di conformità*: l'**AMC** (iv), che indica un metodo *accettato* (ma non obbligato) per dimostrare la conformità.
4. *Soft law — materiale di guida*: il **GM** (i), il livello più “leggero”, puramente esplicativo, con l'esempio di calcolo.

Conclusione. L'ordine è (ii) > (iii) > (iv) > (i). Si noti come i primi due elementi *obbligano* e gli ultimi due *orientano*: è la distinzione hard/soft law che struttura tutta la normativa.

Il senso di tutto questo

Abbiamo srotolato l'intera architettura: una legge quadro, due pilastri di navigabilità, gli annessi che li specificano, il materiale tecnico che spiega come applicarli. Ora restano due approfondimenti importanti: *come si classificano* i velivoli ai fini della certificazione (Capitolo 4) e *come si organizza in pratica* la

manutenzione (Capitolo 5).

Le Certification Specifications (CS)

Dove stiamo andando

Non tutti gli aeromobili sono uguali: un aliante, un aereo di linea e un elicottero pongono problemi di sicurezza molto diversi. Sarebbe assurdo applicare a tutti gli stessi identici requisiti. In questo capitolo vediamo come l'EASA risolva il problema con le *Certification Specifications*, un insieme di “codici” ciascuno tarato su una categoria di prodotto.

4.1 Perché servono categorie diverse

Il principio è quello della *proporzionalità*: il rigore dei requisiti deve essere commisurato al rischio. Un aereo che trasporta 300 passeggeri richiede garanzie ben più stringenti di un aliante monoposto. Le CS realizzano proprio questo: suddividono il mondo aeronautico in categorie omogenee e assegnano a ciascuna un corpo di regole adeguato.

Certification Specifications (CS)

Le CS sono le specifiche tecniche (*soft law*) emanate dall'EASA che contengono le indicazioni per la corretta certificazione di un prodotto aeronautico, in funzione della sua **categoria di appartenenza**. Ogni categoria è identificata da una sigla (CS-22, CS-23, CS-25, ...).

4.2 Le principali categorie di velivoli ed elicotteri

La Tabella 4.1 raccoglie le categorie che più ci interessano. Conviene leggerla non a memoria, ma cercando la *logica* che separa una categoria dall'altra: quasi sempre è una soglia di massa, di numero di posti o di tipo di propulsione.

Tabella 4.1. Principali Certification Specifications per velivoli, elicotteri e palloni.

Categoria	Applicabilità
CS-22	Alianti e alianti a motore.
CS-23	Velivoli con massa ≤ 5670 kg (12 500 lb) e fino a 9 passeggeri; fino a ≤ 8618 kg (19 000 lb) e 19 passeggeri per i bimotore a elica.
CS-25	Tutti i velivoli da trasporto non rientranti nelle CS-23 (i grandi aerei di linea).
CS-27	Elicotteri categoria normale, massa ≤ 3175 kg (7000 lb), fino a 9 passeggeri.
CS-29	Tutti gli elicotteri da trasporto non rientranti nelle CS-27.
CS-31HB	Palloni aerostatici pilotati.
CS-34	Requisiti relativi alle emissioni inquinanti dei velivoli.

Osservazione

Si noti l'eleganza logica delle coppie “normale / trasporto”. Le **CS-23** e le **CS-27** definiscono i casi “più piccoli” (velivoli ed elicotteri leggeri) con soglie precise; le **CS-25** e le **CS-29** raccolgono “tutto il resto”, cioè i mezzi da trasporto più grandi. È una classificazione per *esclusione*: se un velivolo supera le soglie della CS-23, ricade automaticamente nelle CS-25. Nessun caso resta scoperto.

Accanto alle categorie “per velivolo” esistono CS dedicate a *componenti* e ad aspetti specifici, riassunte nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2. Certification Specifications per componenti e categorie leggere.

Categoria	Applicabilità
CS-36	Emissioni acustiche dei velivoli (rumore esterno).
CS-APU	Unità ausiliarie di potenza (<i>Auxiliary Power Unit</i>).
CS-E	Motori (<i>Engines</i>).
CS-P	Eliche (<i>Propellers</i>).
CS-LSA	Velivoli leggeri sportivi, max biposto, massa ≤ 600 kg (≤ 650 kg se idrovolanti), un motore alternativo a elica, $V_{SO} \leq 45$ kts CAS, cabina non pressurizzata.
CS-VLA	Velivoli molto leggeri, max biposto, massa ≤ 750 kg, un motore alternativo a elica, $V_{SO} \leq 45$ kts CAS.
CS-VLR	Elicotteri molto leggeri, max biposto, massa ≤ 600 kg, motore alternativo.

L'evoluzione delle CS-23

Le CS-23 storiche (fino all'*Amendment 4*) classificavano i velivoli con le sole soglie di massa e posti riportate in tabella. A partire dall'*Amendment 5* la filosofia è cambiata: invece di soglie rigide, le CS-23 moderne definiscono *livelli di certificazione* in base al numero di posti (Level 1: 0–1; Level 2: 2–6; Level 3: 7–9; Level 4: 10–19) e *livelli di prestazione* in base alla velocità (*low speed* per V_{NO} o $V_{MO} \leq 250$ kts CAS oppure $M_{MO} \leq 0,6$; *high speed* oltre tali valori). È un approccio più flessibile, che ha inglobato anche le vecchie CS-VLA. Le CS-23 Amdt 4 restano comunque ritenute idonee a garantire i livelli di sicurezza richiesti.

Esercizio svolto 4.1 — Assegnare la CS corretta

Testo. Determinare la Certification Specification applicabile a ciascuno dei seguenti aeromobili, motivando con le soglie pertinenti.

- (a) Velivolo da trasporto regionale, massa massima al decollo 22 000 kg, 70 posti.
- (b) Velivolo monomotore a pistoncini, massa 1200 kg, 4 posti.
- (c) Elicottero da trasporto, massa 9000 kg.

Svolgimento.

- (a) La massa (22 000 kg) e il numero di posti (70) superano largamente ogni soglia delle CS-23 (≤ 8618 kg, ≤ 19 pax). Per esclusione, il velivolo ricade tra i mezzi da trasporto e si applica la **CS-25**.
- (b) Massa 1200 kg e 4 posti: siamo ampiamente sotto le soglie CS-23 (≤ 5670 kg, ≤ 9 pax). Il velivolo è un monomotore a elica di categoria “normale”: si applica la **CS-23**. (Se fosse un biposto ancora più leggero, sotto i 750 kg, si potrebbe valutare la CS-VLA.)
- (c) Elicottero con massa 9000 kg: supera la soglia CS-27 (≤ 3175 kg). Per esclusione ricade tra gli elicotteri da trasporto: si applica la **CS-29**.

Conclusione. In tutti e tre i casi la strategia è identica: confrontare i dati del velivolo con le *soglie* della categoria “piccola” e, se le si supera, salire alla categoria “da trasporto” corrispondente. Le soglie sono la chiave di lettura di tutta la tabella.

Il senso di tutto questo

Le CS realizzano il principio di proporzionalità: tanto più grande è il rischio, tanto più severi sono i requisiti. Sapere “leggere” la categoria di un velivolo significa saper individuare a colpo d’occhio quale corpo di regole gli si applica — una competenza pratica preziosa.

La manutenzione aeronautica

Dove stiamo andando

Chiudiamo il percorso con l'aspetto più concreto e quotidiano: come si *mantiene* sicuro un aeromobile. Vedremo le filosofie manutentive, i tipi di intervento, i controlli non distruttivi e il concetto di affidabilità. È la parte in cui la normativa incontra l'officina e il tecnico.

5.1 Che cosa significa “mantenere l'aeronavigabilità”

Abbiamo detto che la navigabilità *continua* è uno dei due pilastri del sistema. Mantenere l'aeronavigabilità significa garantire che un aeromobile, in ogni momento della sua vita operativa, continui a essere conforme al proprio progetto (al TC) e in condizioni di volo sicuro. Non è un controllo una tantum, ma un processo continuo che accompagna il velivolo dalla prima immatricolazione al ritiro dal servizio.

Manutenzione aeronautica

Insieme delle attività tecniche — ispezioni, revisioni, riparazioni, sostituzioni, prove — necessarie a mantenere o ripristinare le condizioni di aeronavigabilità di un aeromobile e dei suoi componenti, nel rispetto dei dati di manutenzione approvati.

5.2 Le filosofie manutentive

Non esiste un solo modo di “fare manutenzione”. Nel tempo si sono affermate tre grandi filosofie, che rispondono a domande diverse su *quando* intervenire.

Le tre filosofie manutentive

Hard time (a vita limitata)

il componente viene sostituito o revisionato dopo un intervallo prefissato (ore di volo, cicli, tempo di calendario), *indipendentemente* dal suo stato apparente. Tipico di elementi critici a fatica.

On condition (secondo condizione)

il componente resta in servizio finché *ispezioni periodiche* ne accertano l'idoneità; si interviene solo quando i parametri escono dai limiti.

Condition monitoring (monitoraggio della condizione)

non si fissa un limite né un'ispezione predefinita: si *sorvegliano* in continuo i dati di funzionamento e le statistiche di guasto, intervenendo sulla base dell'analisi. Adatto a componenti la cui affidabilità è nota statisticamente.

Le tre filosofie con un'analogia quotidiana

Pensiamo all'automobile. Sostituire la cinghia di distribuzione ogni 120 000 km a prescindere dal suo aspetto è *hard time*: conta il limite, non lo stato. Controllare lo spessore delle pastiglie dei freni a ogni tagliando e cambiarle solo quando sono consumate è *on condition*: conta la condizione rilevata. Tenere d'occhio la spia della pressione dell'olio e i dati della centralina per decidere se e quando intervenire è *condition monitoring*: conta il monitoraggio continuo. Le stesse tre logiche, in aeronautica, si applicano con rigore e documentazione ben maggiori.

5.3 I tipi di intervento e i controlli non distruttivi

Gli interventi di manutenzione si distinguono tradizionalmente in due grandi famiglie in base al luogo e alla profondità dell'intervento: la *line maintenance* (manutenzione di linea, leggera, svolta tra un volo e l'altro sul piazzale) e la *base maintenance* (manutenzione di base, pesante, svolta in hangar e articolata nei "check" periodici, dai controlli più leggeri alle revisioni strutturali profonde).

Un ruolo centrale, soprattutto per le strutture, spetta ai **controlli non distruttivi**.

Controlli non distruttivi (CND / NDT)

Tecniche di ispezione che permettono di individuare difetti (cricche, corrosioni, delaminazioni, inclusioni) *senza danneggiare* il componente esaminato, che può quindi rimanere in servizio. In inglese *Non-Destructive Testing* (NDT).

Tra i principali metodi CND ricordiamo l'esame visivo (anche assistito da endoscopi), i liquidi penetranti (per difetti affioranti in superficie), le particelle magnetiche (per materiali ferromagnetici), gli ultrasuoni (per difetti interni), le correnti indotte (*eddy current*, per cricche superficiali e sub-superficiali) e la radiografia (per l'interno di getti e giunzioni).

Osservazione

I CND sono il naturale complemento delle filosofie *on condition*: senza la possibilità di "vedere dentro" un componente senza distruggerlo, non potremmo decidere se è ancora idoneo. È qui che la disciplina che studiamo nel corso — l'analisi dei deterioramenti strutturali, la meccanica della frattura, la fatica — incontra la pratica manutentiva: si ispeziona ciò che la teoria dice essere critico.

5.4 Affidabilità e sicurezza: due facce della stessa medaglia

L'ultimo concetto che ci serve è l'*affidabilità*, il ponte quantitativo tra la manutenzione e la sicurezza.

Affidabilità

Affidabilità (reliability) è la probabilità che un componente o un sistema svolga la funzione richiesta, nelle condizioni previste, per un dato intervallo di tempo. Si misura con indici come il MTBF (*Mean Time Between Failures*, tempo medio tra due guasti) per gli elementi riparabili.

Osservazione

Affidabilità e sicurezza non sono la stessa cosa, ma sono strettamente legate. Una buona manutenzione aumenta l'affidabilità dei componenti; un'alta affidabilità riduce la probabilità di guasto; una bassa probabilità di guasto è ciò che, in ultima analisi, tiene alto il livello di sicurezza. La normativa sulla navigabilità continua esiste proprio per garantire che questa catena — manutenzione, affidabilità, sicurezza — non

si spezzi mai.

Esercizio svolto 5.1 — Scegliere la filosofia manutentiva

Testo. Per ciascun componente, indicare la filosofia manutentiva più appropriata (*hard time*, *on condition*, *condition monitoring*) e motivare.

- (a) Un elemento strutturale soggetto a fatica, con vita a fatica ben nota e conseguenze catastrofiche in caso di rottura.
- (b) Le pastiglie dei freni del carrello, ispezionabili facilmente a ogni sosta.
- (c) Un componente elettronico ridondato, con guasti rari e monitorati dai sistemi di bordo.

Svolgimento.

(a) Conseguenze catastrofiche e vita a fatica nota impongono di *non* aspettare che il difetto compaia: si sostituisce a intervallo prefissato, con ampio margine rispetto alla vita a fatica. Filosofia **hard time**. È la scelta prudentiale tipica degli elementi critici (*safe-life*).

(b) Le pastiglie sono facilmente ispezionabili e il loro stato è leggibile a vista (spessore residuo). Conviene lasciarle in servizio finché l'ispezione le dichiara idonee: filosofia **on condition**. Sostituirle a tempo fisso sprecherebbe vita utile.

(c) Guasti rari, sistema ridondato, dati monitorati in continuo dai sistemi di bordo: si può sorvegliare l'andamento statistico e intervenire solo quando i dati lo suggeriscono. Filosofia **condition monitoring**.

Conclusione. La scelta della filosofia dipende da tre fattori: *gravità* delle conseguenze del guasto, *ispezionabilità* del componente e *conoscenza statistica* del suo comportamento. Non esiste una filosofia “migliore” in assoluto: esiste quella più adatta al caso, ed è questo giudizio ingegneristico che la normativa chiede di saper esercitare.

Il senso di tutto questo

Siamo partiti dal “perché” della normativa e siamo arrivati al gesto concreto del tecnico che ispeziona un longherone. Il cerchio si chiude: le regole esistono per la sicurezza, la sicurezza si costruisce con la manutenzione, la manutenzione si fonda sulla conoscenza tecnica. La normativa non è un vincolo burocratico calato dall'alto, ma la forma organizzata di un'unica, ragionevole promessa: che chi sale su un aereo possa fidarsi.

Glossario delle sigle

AMC

Acceptable Means of Compliance — mezzi accettabili di conformità (soft law).

AML / LMA

Aircraft Maintenance Licence — licenza di manutentore aeronautico.

CAMO

Continuing Airworthiness Management Organisation — organizzazione di gestione della navigabilità continua.

CofA / CN

Certificato di Navigabilità del singolo aeromobile.

CND / NDT

Controlli Non Distruttivi / *Non-Destructive Testing*.

CRS

Certificate of Release to Service — certificato di riammissione in servizio.

CS *Certification Specifications* — specifiche di certificazione (soft law).

DOA

Design Organisation Approval — approvazione dell'impresa di progettazione.

EASA

European Union Aviation Safety Agency — agenzia UE per la sicurezza aerea.

ENAC

Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (Italia).

FAA

Federal Aviation Administration — autorità dell'aviazione civile USA.

FAR

Federal Aviation Regulations — regolamenti aeronautici USA.

GM *Guidance Material* — materiale di guida (soft law).

ICAO

International Civil Aviation Organization — organizzazione mondiale (ONU).

JAA

Joint Aviation Authorities — organismo europeo di cooperazione (predecessore EASA).

JAR

Joint Aviation Requirements — requisiti comuni JAA.

MOA

Maintenance Organisation Approval — approvazione dell'impresa di manutenzione.

MTBF

Mean Time Between Failures — tempo medio tra guasti.

MTOA

Maintenance Training Organisation Approval — approvazione dell'impresa di formazione.

POA

Production Organisation Approval — approvazione dell'impresa di produzione.

SARPs

Standards and Recommended Practices — standard e pratiche raccomandate ICAO.

TC *Type Certificate* — certificato di tipo.

Costruzioni Aeronautiche · B. Raucci