

Le Linee Guida contengono elementi di dettaglio di tipo interpretativo o procedurale per facilitare l'utente nella dimostrazione di rispondenza ai requisiti normativi. Sono generalmente associate a Circolari. Dato il loro carattere non regolamentare, i contenuti delle Linee Guida (LG) non possono essere ritenuti di per se obbligatori. Quando l'utente interessato sceglie di seguire le indicazioni fornite nelle LG, ne accetta esplicitamente le implicazioni sul proprio impianto organizzativo da esse come risultante ed esprime il proprio forte impegno a mantenersi aderente ad esse ai fini della continua rispondenza al requisito normativo interessato. I destinatari sono invitati ad assicurare che le presenti Linee Guida siano portate a conoscenza di tutto il personale interessato.

AEROMOBILI A PILOTAGGIO REMOTO CON CARATTERISTICHE DI INOFFENSIVITÀ

INDICE

RIFERIMENTI REGOLAMENTARI

APPLICABILITÀ

1. INTRODUZIONE

2. DEFINIZIONI

3. GENERALITÀ

4. APPLICABILITÀ PER APR CON CARATTERISTICHE DI INOFFENSIVITÀ

5. CRITERI DI CLASSIFICAZIONE

6. PROVE DI IMPATTO

7. IMPIEGO

8. PERICOLOSITÀ DEGLI APR NEI CONFRONTI DEGLI AEROMOBILI IN VOLO

APPENDICE

Riferimenti Regolamentari	Paragrafo	Titolo
Regolamento “Mezzi Aerei a Pilotaggio remoto” Ed. 2 del 16.07.2015 Emd. 1 del 21.12.2015	Art. 12	Operazioni con APR di massa operativa al decollo minore o uguale a 2 kg

APPLICABILITÀ	
APT	N.A
ATM	N.A
EAL	N.A
LIC	N.A
MED	N.A
NAV	Operatori e Costruttori di APR
OPV	N.A
SEC	N.A

1. INTRODUZIONE

La presente Linea Guida, in accordo al Regolamento dell'ENAC “*Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto*”, Ed. 2, Emend. 1 del 21.12.2015¹, Art. 12, comma 1, fornisce criteri applicabili ad un APR con Massa Operativa al Decollo ≤ 2 kg, il cui soddisfacimento consente di accertare il possesso di caratteristiche peculiari tali (*Caratteristiche di Inoffensività*) da

¹ Nel prosieguo: Regolamento.

minimizzare il rischio di causare danni alle persone contro cui venisse in collisione involontariamente². In questo caso il risultato soddisfacente della valutazione dei suddetti criteri, permetterà il rilascio di una Certificazione di Progetto ENAC oppure il rilascio dell'Autorizzazione ENAC su base singola.

² In questo termine si includono i casi di volo incontrollato per avaria dell'APR o della stazione a terra, oppure i casi di disattenzione del pilota.

Questa guida inoltre è anche rivolta agli Organismi autorizzati da ENAC allo scopo di accertare la rispondenza secondo l' Art. 12 comma 1 che riguarda operazioni specializzate condotte con APR di massa operativa al decollo minore o uguale a 2 kg con aspetti progettuali e tecniche costruttive che abbiano caratteristiche di inoffensività.

Di regola l'impatto di un APR contro una persona potrebbe avere serie conseguenze, in casi estremi anche letali , tuttavia possono esistere APR in possesso di caratteristiche tali che il loro impatto contro persone possa determinare danni di modesta entità o nessun danno. Le verifiche ENAC dovranno consentire di acquisire, tramite la verifica dei criteri tecnici proposti, una ragionevole confidenza che il rischio di causare danni ad una persona colpita da un APR, sia stato effettivamente minimizzato.

Nota: Nella presente guida non si utilizzeranno i concetti della Balistica Terminale per la trattazione del danno derivante da impatto di un APR contro una persona, ma concetti semplificati che tengano conto sempre della situazione di volo realistica più avversa.

2. DEFINIZIONI

In questo paragrafo si elencano solo alcuni termini utilizzati nella presente Guida. Per gli altri comuni alla trattazione degli APR si faccia riferimento al Regolamento di cui al § 1.

Energia Cinetica all'Impatto (J)	La quantità di energia posseduta dall'APR al momento dell'impatto e pertanto trasferibile alla persona colpita. Deve essere calcolata tenendo conto nelle più avverse condizioni di volo previste (V_{maxI} , MOD, assetto più pericoloso per i possibili danni alle persone, etc.), sia che si tratti perdita di controllo per avaria, che di volo normale ma in condizioni di disattenzione del pilota. Calcolo ECI = $MOD \cdot V_{maxI}^2/2$.	ECI
Velocità Massima all'impatto di un APR (m/s)	La somma della velocità massima prevista in caso di volo incontrollato che l'APR può raggiungere, più la velocità massima ammessa di vento a favore. Si tratta di una Velocità massima <u>rispetto al suolo</u> . a) Per APR ad ala fissa la Velocità Massima all'impatto dovrà essere quella in discesa oppure in volo livellato, quale delle due consenta l'ECI massima. b) Per APR multi-rotore la Velocità Massima all'impatto dovrà essere quella di caduta libera, oppure della scivolata in discesa (nella situazione di impianto propulsivo funzionante ma perdita di controllo), quale delle due consenta l'ECI massima.	V_{maxI}
Velocità Massima del vento ammessa (m/s)	La massima velocità del vento rispetto al suolo che risulta dal Manuale di Volo o dalla Specifica dell'APR, che è stata dimostrata risulti ancora nella capacità di manovra dell'APR. Non può superare la V_{vf} .	V_{maxVf}
Densità di Energia (J/mm^2)	Il rapporto fra Energia Cinetica ed Area di Impatto (il concetto viene utilizzato qui solo per chiarire concetti elementari di balistica terminale)	DE
Velocità Massima del Vento a Favore (m/s)	E' quella velocità del vento nella direzione del volo di un APR che aumenta la velocità dell'APR rispetto al suolo.	V_{vf}
Massa Operativa al Decollo (Kg)	E' il Peso Massimo dell'APR al decollo. Per gli APR con propulsione elettrica il peso (e perciò la MOD) non varia durante il volo. Per gli APR con propulsione termica il peso diminuisce a causa del consumo di carburante.	MOD

3. GENERALITÀ

Per la trattazione del livello di lesioni causate dall'impatto di un APR contro una persona, si fa riferimento ai criteri di classificazione dell'AIS³.

La classificazione AIS è una scala usata a livello internazionale sviluppata dall'Association for the Avancement of

³ "Abbreviated Injury Scale", ved. Appendice.

the Automotive Medicine che fornisce criteri per classificare la gravità dei danni fisici alle persone. Al livello AIS 1 corrispondono danni di lieve entità (in Appendice sono elencate le più frequenti conseguenze relative a questo livello).

Secondo il documento NATO STANDARD AEP-83 "Light unmanned aircraft systems airworthiness" Ed. A Vers. 1 datato 4.9.2014 (STANAG n. 4703), valori di Energia Cinetica di 66J

non comportano lesioni fatali. Mentre secondo FAA un'energia cinetica inferiore a 79J non dovrebbe condurre a danni fisici⁴.

Un'altra classificazione⁵ delle energie cinetiche potrebbe essere la seguente:

Basso Rischio lesioni	< 40J
Lesioni pericolose	40J – 122J
Danni severi	> 122J

I suddetti livelli di energie cinetiche proposti, cioè di trasferimento di Energia Cinetica al bersaglio colpito, non bastano da soli a formare un giudizio sulla pericolosità o meno di un APR, si deve infatti tener conto dei materiali costruttivi e del suo design.

Un pallone da calcio di gomma pieno d'aria con una Energia Cinetica di 140 J si intende non debba in alcun caso causare danni. Al contrario proiettili di piccolo calibro in piombo (p. es.: il 4,5 mm ad aria compressa – peso 0.53 g) caratterizzati da energie cinetiche bassissime ($\leq 7,5$ J)⁶, possono procurare danni anche molto gravi se centrano una parte delicata del corpo umano⁷, il caso

limite è rappresentato da un proiettile di gomma di piccole dimensioni per un giocattolo soft-air che può provocare danni agli occhi già con energie bassissime (DE 0.025 J/mm²).

Questi esempi estremi dimostrano che il giudizio sulla pericolosità di un APR dipende dalla Energia Cinetica trasferita all'impatto sul bersaglio ma non può prescindere dai materiali costruttivi utilizzati e dal design.

⁴ Cfr. *FAA Task Force Recommendations* (Final Report), 21 Novembre 2015 (rif. doc. 80 FR 9544).

⁵ Cfr. D.O. EGNER, *The evaluation of less lethal weapons (Technical memorandum 37-77)*, U.S. Army Human Engineering Laboratory, Aberdeen Proving Group, MD, 21005, Dicembre 1977, p. 18 & Tab. p. 20.

⁶ Cfr. Legge 526/99, che ha introdotto una serie di nuove regole per l'acquisto, la detenzione, il trasporto, il porto di un'arma ad aria compressa con Energia Cinetica alla bocca inferiore ai 7,5 J.

⁷ Cfr. KNEUBUEHL, B. P., COUPLAND, R. M., ROTHSCHILD, M. A., THALI, M. J., *Wound Ballistics:*

Basics and Applications, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011, pp. 188-189 e pp. 250-251. Per quanto riguarda la balistica terminale, non si vuole entrare nei dettagli della trattazione, limitandosi al solo concetto di Densità di Energia DE, ved. § 3 Definizioni.



4. APPLICABILITÀ PER APR CON CARATTERISTICHE DI INOFFENSIVITÀ

Sono state identificate due categorie di APR (rif. successivi § 4.a e 4.b) in funzione dei valori di ECI, di MOD e delle specifiche caratteristiche dinamiche, costruttive e di design che devono possedere.

I criteri tecnici di questa Linea Guida sono applicabili ad APR con MOD superiore a 0.3 Kg ma inferiore o uguale a 2 Kg, che possiedano le seguenti caratteristiche:

- a) APR (a prescindere se Multi-rotore o Ala fissa) caratterizzati da MOD e V_{max} tali che la loro combinazione determini un valore di ECI non superiore a 66 J, e in grado di soddisfare i Criteri Qualitativi 2,3,4,6 del seguente § 5.b.
- b) APR (a prescindere se Multi-rotore o Ala fissa) caratterizzati da MOD e V_{max} tali che la loro combinazione determini un valore di ECI superiore a 66 J ma inferiore a 122 J, e in grado di soddisfare tutti i Criteri Qualitativi del seguente § 5.b.

L'utilizzo di mezzi di riduzione della Velocità Massima dell'APR (di volo o di caduta) in caso di perdita di controllo con modalità manuale o automatica, non può essere considerato ai fini di questa valutazione⁸.

⁸ I problemi principali sono i seguenti:

- Difficoltà di dimostrare una effettiva affidabilità del sistema sotto tutte le condizioni volo possibili, e

Nota: gli APR con MOD < 0.3 kg che non rientrano nell'Art. 12, comma 5, del Regolamento, possono essere valutati nell'ambito di questa Linea Guida caso per caso.

5. CRITERI DI CLASSIFICAZIONE

a) Criteri Quantitativi

Questo criterio tiene conto dell'ECI massima dell'APR all'impatto contro una persona al suolo (caratteristiche dinamiche).

b) Criteri Qualitativi

Le caratteristiche geometriche e costruttive, i materiali, i componenti, etc. di un APR sono in grado di influenzare la capacità di causare danni alle persone al suolo. La tabella sottostante elenca una serie di criteri che guidano alla valutazione di queste Caratteristiche Qualitative e che devono essere soddisfatti, come applicabili (rif. precedenti § 4.a e 4.b).

In caso di mancato soddisfacimento di uno o più dei criteri elencati (come prescritto dai precedenti § 4.a e 4.b) l'APR non può essere considerato *Inoffensivo*, e pertanto dovrà seguire quanto previsto dal Regolamento per gli altri APR in generale.

- Efficacia di funzionamento solo al di sopra di una quota minima.

<p>§ 1 Resistenza della velatura allo strappo (per le sole strutture gonfiate)</p>	<p>Per il solo caso di dirigibili a gas⁹, si deve fornire adeguata dimostrazione (analisi o tests) che il materiale costituente la velatura sottoposta alla max pressione interna, a seguito di una rottura indotta locale, sia in grado di resistere a lacerazioni estese in modo da prevenire lo scoppio della velatura stessa o la perdita improvvisa della maggioranza del gas di sostentamento, con conseguente caduta libera delle parti pesanti dell'APR.</p>
<p>§ 2 Materiale utilizzato per le parti principali</p>	<p>Fusoliera, ali, ed altre parti principali dell'APR, devono essere costruite con materiale a bassissima densità con caratteristiche di alta deformabilità, in modo tale che l'APR possa assorbire plasticamente o elasticamente l'urto senza trasferire l'energia totalmente al bersaglio. Materiali accettabili sono: polistirolo espanso non denso e similari, carta e irrigidimenti sottili in balsa, velature gonfiate (dirigibili), incollaggi e cuciture (evitando i collegamenti metallici).</p>
<p>§ 3 Materiali di rivestimento</p>	<p>Il rivestimento per ricoprire fusoliera, ali, e altre parti principali dell'APR deve essere in grado di trasmettere la deformazione dell'urto al materiale sottostante senza opporre apprezzabile resistenza. Materiali accettabili per il rivestimento sono: vernici, poliuretano, PVC, etc. in fogli sottili. Laminati metallici o compositi possono essere accettati solo se in fogli di spessore tale da non pregiudicare le caratteristiche di assorbimento degli urti da parte del materiale sottostante. Rivestimenti in metallo rigido, in materiale composito come vetroresina o carbonio, etc. (strutture collaboranti), che annullano o riducono la capacità di assorbire gli urti da parte di un eventuale materiale sottostante, non sono accettabili.</p>
<p>§ 4 Presenza di parti appuntite/taglienti</p>	<p>La presenza di parti appuntite/taglienti fissate all'APR che potrebbero causare lesioni, non è accettabile. Tali parti di solito sono costituite da antenne, eliche o rotori (quando fermi) ed ogni genere di protuberanza acuminata o tagliente. Inoltre le parti dell'APR che realisticamente potrebbero urtare direttamente una persona devono essere adeguatamente arrotondate (sono da evitare prue appuntite o bordi d'entrata alari affilati). In questa valutazione non si dovrebbe tenere in considerazione la direzione di avanzamento dell'APR perché spesso l'assetto al momento dell'impatto non è prevedibile.</p>
<p>§ 5 Protuberanze e parti di materiale duro</p>	<p>Deve essere evitata la presenza di parti esposte o protuberanze dell'APR fatte di materiale duro (materiale ad alta densità rispetto al resto dell'APR, anche se non acuminato o tagliente, come: travi di coda di elicotteri, protezioni di eliche e rotori, telecamere, altri componenti esterni, etc. La stessa valutazione deve essere fatta per i motori, batterie, servocomandi, serbatoi metallici, attacchi di sistemi alla struttura, che possono costituire un pericolo al momento dell'urto essendo parti concentrate "dure". Devono essere preferite scelte progettuali che permettano di contenere questi componenti all'interno di strutture a bassa densità.</p>

⁹ Sono quegli APR dove la velatura contenente gas costituisce il principale mezzo di sostentamento.

§ 6 Parti rotanti	E' necessario prevenire il contatto di eliche e rotori utilizzati per il sostentamento o la propulsione dell'APR, contro persone in caso di urto. A questo scopo questi componenti rotanti dovrebbero essere intubati (sempre che il sistema di protezione non sia in contrasto con i concetti dei precedenti §§ 5.b.4 e 5.b.5), o essere costituiti da materiale morbido. La possibilità di garantire il fermo delle parti rotanti al momento dell'urto non è considerato fattore di mitigazione ¹⁰ .
§ 7 Protezione dal fuoco	Per gli APR propulsi da motori elettrici il rischio è rappresentato dalla batteria al Litio che può incendiarsi o anche esplodere per corto circuito a seguito di urto. Il progetto deve prendere in considerazione misure per minimizzare il rischio di danneggiamento della batteria e la possibilità di corto circuito dell'impianto elettrico in caso di urto. Per gli APR propulsi da motori termici si deve ridurre il rischio di incendio dopo l'urto a causa del carburante contenuto nei serbatoi e/o nel sistema di alimentazione.
§ 8 Collegamento delle parti all'APR	Tutte le parti costituenti l'APR (motori, ali, sistema di atterraggio, payload, batterie, etc.) devono essere fissate in modo da prevenire un loro distacco in volo, con conseguente caduta libera e rischi per le persone a terra.

¹⁰ Eliche e rotori fermi devono essere considerati secondo quanto prescritto dal precedente § 5.b.4.



6. PROVE DI IMPATTO

Nell'ambito della valutazione ENAC o da soggetto da esso autorizzato delle caratteristiche di Inoffensività di un APR, possono essere prese in considerazione analisi e adeguate prove di *crash* contro bersagli realisticamente simulanti le caratteristiche del corpo umano (preferibilmente Gelatina 20%, 250 Type A), al fine di verificare le effettive lesioni che l'impatto dell'APR produrrebbe. Il bersaglio dovrà essere in grado di far apprezzare anche la semplice lesione superficiale.

Tali prove dovranno essere condotte nelle condizioni più avverse di impatto in termini di ECI, angolo di impatto, assetto ed eventualmente proiezione di frammenti dell'APR. Sia il programma preventivo (procedure per la conduzione della prova, strumentazione, caratteristiche del bersaglio, etc.) che i risultati finali, saranno oggetto di valutazione da parte ENAC o da soggetto da esso autorizzato ed accettazione da parte ENAC.

Il riconoscimento dei SAPR con caratteristiche di inoffensività su base singola, è rilasciata dall'ENAC. A tale scopo è necessario produrre la seguente documentazione aggiuntiva dopo l'iter degli accertamenti ENAC o da soggetto da esso autorizzato:

- a. Descrizione dell'APR con un'analisi delle caratteristiche che giustifichi il possesso dei requisiti di cui alle categorie,

- b. Risultati delle prove di sperimentazione (volo, laboratorio, impatto, etc. ove concordate),
- c. Manuali richiesti,
- d. Configurazione congelata.

ENAC o il soggetto da esso autorizzato provvede alla verifica del soddisfacimento dei criteri applicabili di cui al precedente § 5.b, sulla base degli accertamenti effettuati. Può altresì riservarsi accertamenti/visite che verranno preventivamente concordate con il Richiedente, incluse le richieste di ulteriori prove di volo o laboratorio. Può infine proporre modifiche tecniche dell'APR ai fini della rispondenza ai Criteri Qualitativi.

7. IMPIEGO

Per Operazioni Specializzate non-Critiche l'impiego di APR che rientrano in una delle categorie di cui al § 4, segue la Normativa vigente come per gli altri APR in generale, come previsto dalla *Dichiarazione per Operazioni Specializzate non-Critiche*.

Le Operazioni Specializzate Critiche, condotte con APR che presentano *Caratteristiche di Inoffensività* accertate da ENAC (APR *Inoffensivi*), sono considerate di regola operazioni specializzate non critiche (rif. Regolamento, Art. 12, comma 1). Possono pertanto operare, nei limiti di cui



al Regolamento agli Art. 12, comma 2 & Art. 10, comma 7, senza alcuna ulteriore limitazione. Ciò esclude la necessità di mezzi per limitare l'area di operazioni (cavi di vincolo, sistemi GPS, etc.), di garantire Buffer adeguati, di limitazioni sulle aree esterne a quella di operazioni, di apparati per limitare la velocità di volo o di caduta in caso di avaria, di transenne, permettendo operazioni in aree abitate frequentate da persone inconsapevoli e non adeguatamente protette ed in presenza di infrastrutture sensibili, a meno di altri divieti locali.

8. PERICOLOSITÀ DEGLI APR NEI CONFRONTI DEGLI AEROMOBILI IN VOLO

Un APR che operi in una determinata porzione di spazio aereo, può costituire un ostacolo invisibile per qualunque aeromobile in volo.

La collisione di un APR, ancorché di piccole dimensioni (Micro APR), con un aeromobile (sia esso urto contro la fusoliera o altre parti critiche esposte, ingestione in un motore turbo fan, o urto contro il parabrezza o contro il pilota

stesso se non protetto) costituisce sempre un danno imprevedibile con difficoltà di apprezzarne gli effetti sulla Sicurezza di Volo dell'aeromobile impattato. Tale rischio cresce con le dimensioni dell'APR, le sue prestazioni e l'avversità delle sue caratteristiche costruttive e di design.

Nessun criterio di inoffensività è stato proposto da ENAC al fine di valutare l'impatto di un APR contro un aeromobile pilotato in volo.

Rimangono applicabili tutte le altre disposizioni riguardanti lo Spazio Aereo citate nella Sez. V del Regolamento.

APPENDICE

Esempi di AIS=1¹¹.

AIS	Conseguenze
1	dolori dappertutto
1	lievi lacerazioni, contusioni e abrasioni
1	ustioni di primo grado
1	piccoli ustioni di secondo e terzo grado
1	danno cerebrale con mal di testa o vertigini, ma senza perdita di coscienza
1	denuncia colpo di frusta con nessuna conseguenza anatomica o radiologica
1	abrasioni e contusioni dell'apparato oculare (coperchi, congiuntiva, cornea, lesioni uveali)
1	emorragie vitreali o retiniche
1	fratture e / o dislocazione di denti
1	dolori muscolari o alla parete toracica
1	dolori muscolari
1	abrasione a causa della cintura
1	lievi distorsioni e fratture
1	lussazione delle dita

¹¹ Cfr. COPES, W. S., SACCO W. J., CHAMPION H. R., AND BAIN L. W., *Progress in Characterising Anatomic Injury*, Proceedings of 33rd Annual Meeting of the Association for the Advancement of Automotive Medicine, Baltimore, MA, USA, Oct. 1989; *Description et gravité des lésions traumatiques selon les classifications AIS 1998 et IIS 199*.