



# MULTICOTTERI & DRONI

GUIDA PRATICA

LUCA MASALI

DRONEZINE  
EDITORE

TERZA EDIZIONE AMPLIATA E AGGIORNATA

Luca Masali

con i contributi di

Francesco Paolo Ballirano, Giancarlo Comes, Silvio Di Domenico,  
Carlo Facchetti, Paolo Omodei Zorini, Stefano Orsi e Luciano Zanchi

# Droni & Multirotori

## GUIDA PRATICA



TERZA EDIZIONE

RIVISTA E AGGIORNATA

DRONEZINE

Marchio dell'Associazione

Nuova Editoria

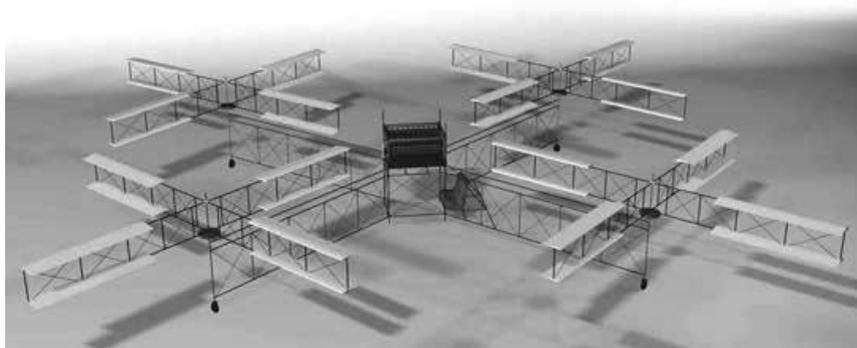
Bologna

# Come siamo arrivati al quad

*Il quadricottero è nato quattro anni dopo l'aereo dei fratelli Wright. Ma dopo qualche deludente esperimento, dagli anni '50 nessuno se ne è più occupato. Finché, mezzo secolo più tardi, in un bar di Ivrea...*

Grazie all'estrema semplicità meccanica dei suoi rotori, che possono usare un'elica dal passo fisso e non richiedono necessariamente il passo variabile, indispensabile invece agli elicotteri, il multirottore (con pilota a bordo) è stato il primo velivolo ad ala rotante a essere costruito.

Il primato è del pioniere francese Louis Breguet, uno dei fondatori di Air France e fondatore dell'omonima fabbrica di aeroplani assorbita negli anni '70 da Dassault, il produttore del Mirage. Insieme al fratello Jacques e con l'aiuto del professor Charles Richet, medico eclettico che vincerà pochi anni dopo il Nobel per le sue ricerche sullo shock anafilattico, nel 1907 Breguet ha sperimentato il Gyroplane. Era un quadricottero da mezza tonnellata in tubi d'acciaio, che usava un unico motore a scoppio centrale, un Antoinette da soli 46 cavalli che con un ingegnoso sistema di cinghie e pulegge muoveva quattro rotori biplani quadripala da 8 metri ricoperti in tela. Quindi in totale aveva 8 eliche, controrotanti a due a due



*Ricostruzione del Gyroplane di Breguet.*

*(Courtesy Things magazine)*

## Sapr, aeromodelli e... giocattoli

*Solo nell'gosto 2016 l'Europa si è accorta che esistono anche i droni giocattolo. E per loro non devono valere le regole aeronautiche.*

*Ma la definizione di "giocattolo" è alquanto fumosa.*

*(Contributo di Francesco Paolo Ballirano)*

Per la prima volta, nel diritto aeronautico europeo entra la definizione di "giocattolo". Finora i droni erano solo SAPR (e quindi aeromobili) oppure aeromodelli, e la differenza sta esclusivamente nell'uso che se ne fa: aeromodelli se usati per divertimento o per sport, SAPR se usati per qualsiasi altra cosa.

Ora arrivano anche i "giocattoli", che non sono né aeromodelli né SAPR né tantomeno aeromobili. Al momento la definizione è alquanto fumosa e non ha nessuna vera conseguenza giuridica, ma è segno che a livello europeo qualcosa bolle in pentola. Ci aspettiamo grandi evoluzioni nelle regole per i vari oggetti volanti radiocomandati che ogni giorno di più popolano i nostri cieli.

Il 18 agosto è entrata in vigore la prima parte del nuovo Regolamento europeo SERA (Regolamento di esecuzione della Commissione (EU) 2016/1185) pubblicato nella Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea del 20 luglio 2016.

Il Regolamento SERA (acronimo di Single European Rules of the Air) recepisce a livello europeo l'Annesso 2, parte dell'Annesso 11 (Servizi di Traffico Aereo) ed alcuni elementi dell'Annesso 3 (Servizi Meteorologici) alla Convenzione ICAO e deve essere applicato e rispettato da tutti gli Stati membri, ivi incluse (soprattutto) le rispettive autorità dell'aviazione civile (tra cui ENAC) che sono tenute a recepirne le disposizioni nei propri atti regolamentari.

### **PER BAMBINI FINO A 14 ANNI**

Per il regolamento europeo SERA (Single European Rules for the Air) i droni giocattolo sono "un velivolo senza pilota, progettato o destinato, in modo esclusivo o meno, ad essere usato a fini di gioco da parte di bambini di età inferiore a 14 anni". E non vanno regolamentati dalle Autorità aeronautiche, bensì dovrebbero seguire le consuete norme che riguardano la commercializzazione e sicurezza dei giocattoli piuttosto che a quella dell'aviazione civile.

Le principali novità, per quel che ci interessa, sono relative alla definizione di aeromodelli e di aeroplani giocattolo, distinzione del tutto nuova e mai presa in considerazione sino ad ora.

All'art. 1 di detto Regolamento è stato introdotto un ulteriore comma dove viene precisato che “Il presente regolamento non si applica agli aeromodelli e agli aeroplani giocattolo. Tuttavia gli Stati membri provvedono affinché siano istituite norme nazionali per garantire che gli aeromodelli e gli aeroplani giocattolo siano utilizzati in modo tale da ridurre al minimo i rischi per la sicurezza dell'aviazione civile, le persone, gli oggetti e gli altri aeromobili”.

Il Regolamento provvede a definire sia la nozione di “aeromodello” che di “aeroplano giocattolo”.

Ai sensi dell'art. 95 bis infatti, viene disposto che un aeromodello è: “un velivolo senza pilota, diverso dagli aeroplani giocattolo con una massa operativa non superiore ai limiti prescritti dall'autorità competente che è in grado di effettuare un volo prolungato nell'atmosfera e che è utilizzato esclusivamente a fini di esposizione o di attività ricreative”.

Mentre l'aeroplano giocattolo, definito dal successivo art. 129bis è da intendersi come:

*“un velivolo senza pilota, progettato o destinato, in modo esclusivo o meno, ad essere usato a fini di gioco da parte di bambini di età inferiore a 14 anni”.*

Le modifiche introdotte al Regolamento SERA rendono di difficile interpretazione le ben nota definizione sugli aeromodelli data dal Regolamento ENAC, dove in sostanza la finalità ricreativo/sportiva è l'elemento rilevante per distinguere questi ultimi da i SAPR.

Nella definizione data dal Regolamento SERA invece, la finalità sportiva non è più un elemento caratterizzante della categoria, sostituita invece da finalità “di esposizione”, espressione di difficile interpretazione che non ne chiarisce a fondo l'uso effettivo. La novità principale tuttavia rappresenta l'ulteriore distinzione tra gli aeromodelli e aeroplani giocattoli. Questi ultimi in particolare, possono essere utilizzati in modo esclusivo o meno per fini di gioco da bambini inferiori ai 14 anni. La distinzione potrebbe apparire

re sensata se letta nell'ottica del largo commercio di elicotteri ed aeroplani giocattolo destinati ai bambini e probabilmente è stata inserita ai fini di una migliore definizione di tali prodotti, destinati ad un commercio più libero e meno imbrigliato dalle regole aeronautiche.

Fermo restando che le novità introdotte nel Regolamento SERA saranno recepite nel Regolamento ENAC Regole dell'Aria, l'ENAC ha pubblicato una circolare "esplicativa" su tali novità, con una tabella comparativa tra la nuova e la vecchia versione del Regolamento SERA commentando e spiegando la portata di tali modifiche. Per quel che ci interessa, in relazione alle definizioni di aeromodello ed aeroplano giocattolo è stato precisato che i "requisiti per gli aeromodelli sono contenuti nel Regolamento ENAC Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto".

In conclusione, sebbene il Regolamento SERA non sia applicabile agli aeromodelli ed agli aeroplani giocattolo, è innegabile che la categoria di "aeromodello" è destinata a mutare, facendo spazio ad un'ulteriore sottocategoria, quella degli "aeroplani giocattolo" che rappresentano forse l'aspetto veramente ludico degli aeromodelli e che dovrebbe essere ancorata più alla normativa relativa alla commercializzazione e sicurezza dei giocattoli piuttosto che a quella dell'aviazione civile.

USO	QUADRO NORMATIVO	CLASSIFICAZIONE
Bambini fino a 14 anni	Sicurezza e commercio giocattoli	Giocattoli
Ricreativo o sportivo (VLOS)	Reg. ENAC - Aeromodelli	Aeromodelli
Sportivo FPV	Re. ENAC - Aeromodelli AeCI	Aeromodelli
Operazione specializzata NON critica	Reg. ENAC Regime di dichiarazione	SAPR
Operazione specializzata critica	Reg. ENAC Regime di autorizzazione	SAPR

## FPV Race

*Un nuovo sport è nato insieme ai droni: l'FPV race, dove piccoli bolidi pilotati attraverso occhiali da realtà virtuale si danno battaglia sul filo dei 100 km/h. Una disciplina difficile, affascinante e molto, molto divertente*

*(Contributo di Stefano Orsi)*

Dopo aver preso confidenza con il pilotaggio dei quadricotteri e indossati un paio di occhiali con LCD per fare FPV, viene naturale immergersi completamente nell'adrenalinico mondo delle corse con i droni. Si chiama FPV Drone Racing, è una nuova disciplina, nel vero senso della parola dato che gli è stata assegnata la categoria F3U da parte della FAI, Federazione Aeronautica Internazionale.

### **1 Primi passi nel mondo delle gare**

Non si può imparare a volare facendo subito FPV Racing, prima sono necessarie discrete, anzi buone qualità di pilotaggio a vista di un piccolo quadricottero, magari non troppo potente. In seguito si inizierà con il pilotaggio in prima persona, e solo dopo si potranno allestire i primi percorsi da percorrere cercando di abbattere i tempi sul giro.

Il FPV Drone Racing non è la partenza, ma l'arrivo di un percorso aeromodellistico ben preciso. Sono necessarie le competenze per ricostruire autonomamente il mezzo, quando le inevitabili rotture si presenteranno. Questo vale sia per i campioni, come l'italiano Giuseppe Rinaldi, che ha partecipato a gare



internazionali, sia per i principianti. Basta una distrazione o un piccolo tamponamento, per rompere come minimo le eliche, ma spesso anche i motori, torcendo un albero oppure bruciare regolatori e schede di controllo.

## **2 Quale quadricottero scegliere?**

Ci sono tantissimi telai con svariate forme e sostanziali differenze di peso e robustezza. Ognuno troverà sul campo l'assetto che gli sarà più congeniale, e non certo al primo acquisto. Non è per forza valido il detto “chi più spende, meno spende”. Il motivo è molto semplice, la rottura è dietro all'angolo, anzi al primo gate. Sulle dimensioni invece non si sgarra, le classi che vanno per la maggiore sono quelle dei droni da 180 o da 250. Dove la misura indicata sta a indicare i millimetri calcolati sulla diagonale dell'asse dei motori. Entrambe le classi sono composte da quadricotteri di piccole dimensioni con eliche che possono variare da 4,7 a 6 pollici. C'è chi le monta bipala classiche e chi preferisce le tripala. Sul pacco batterie possiamo dire che sono da scegliere in base al telaio, alla prestanza dei motori e al consumo degli stessi, cercando il miglior compromesso tra potenza e peso. In pratica si montano pacchi da 1300 sino a 1800 mAh a 3 o 4S, ovvero con tre o quattro celle. Se si aumentano il numero di S, si possono scegliere batterie con meno Ah, permettendo quindi di risparmiare peso. L'offerta globale propone modelli già pronti al volo o da costruire autonomamente, la scelta è del tutto personale.

*Telaio di un Racer  
classe 250*



## 2.2 Telecamera

L'offerta è davvero enorme. Se i pionieri del volo FPV si accontentavano di qualche telecamera proveniente da un sistema di sicurezza e video sorveglianza, ora ci sono produttori specializzati che le realizzano solo per il mondo del pilotaggio in FPV. Diciamo subito che una camera con maggiore risoluzione, che in questo caso si traduce nel numero di linee, molto luminosa e con un rapido cambio alle variazioni di luce, quindi passaggio tra il chiaro e lo scuro e viceversa è preferibile. Se poi è anche leggera allora ci troviamo davanti alla perfezione. Ovviamente camere di questo tipo sono abbastanza costose. È necessario tenere presente anche che la camera è un dispositivo molto a rischio, dopo le eliche, i bracci che sorreggono i motori e le antenne, sono gli oggetti che prima si rompono in caso di crash.

## 2.3 L'importanza di vederci bene

La telecamera e il sistema video in generale è tutto per il pilota, quindi spendere poco va bene, non vederci o perdere il segnale, equivale nella maggior parte dei casi a fare un incidente. Inoltre, data la bassa qualità fornita dal sistema PAL o NTSC, si potrebbe sentire la necessità di installare una seconda camera in FullHD o 4K che registri direttamente a bordo, per potersi godere le riprese in un momento successivo.

Attenzione all'inclinazione della camera. Per questioni fisiche, il drone da racing volerà sempre in assetto molto picchiato, cioè con il naso in basso e la camera frontale, quella che trasmette le immagini al pilota, andrà per forza di cose posizionata in modo che si trovi orizzontale al terreno quando il quad è in volo. Il che si traduce nel vedere la telecamera puntata verso l'alto quando il quadricottero è a terra fermo.

## 2.4 Antenne

Sulle antenne non basterebbe un intero capitolo di questo libro, tanto è vasto e importante l'argomento. Grazie ai molti studi svolti in questi ultimi anni anche da parte dell'autore di questo capitolo, possiamo affermare che le antenne a polarizzazione circolare funzionano molto meglio delle antenne a stilo. Le antenne a dipolo, composte da due porzioni di filo, un polo caldo e una massa e sistemate per l'appunto in verticale, sono spesso fornite in stock insieme a trasmettitori e ricevitori, ma il loro rendimento, in questa disciplina è alquanto discutibile. Le antenne Cloverleaf, Mushroom o altre antenne a forma di fiorellino, che nella maggior parte dei casi sono protette da un piccolo ombrel-

lino di plastica e le rendono visivamente simili a antenne per GPS, funzionano molto meglio dato che le continue variazioni di assetto del Drone Racer, comportano inevitabili variazioni di polarizzazione. Nel caso delle antenne a stilo si potrebbe avere un buon rendimento solo se l'antenna del trasmettitore e quella del ricevitore rimanessero sempre entrambe perfettamente verticali, il che è impossibile.

Quindi che le antenne stilo verticali possono essere tranquillamente buttate, almeno per quanto riguarda quella montata a bordo. Potrebbe invece essere installata su un ricevitore, che si chiama Diversity perché alterna la ricezione del segnale proveniente da due apparati con due antenne separate, prendendo il migliore. Ecco quindi che si potrebbe montare sull'ingresso dei due ricevi-



*Diversi tipi di antenna per FPV: da drstra Cloverleaf, Mushroom e stilo, quest'ultima da evitare a bordo del drone ma può essere usata in certi casi sul ricevitori Diversity, accoppiata a un'antenna di tipo differente.*

tori una antenna a stilo e una a “fiorellino”. Le antenne a patch invece sono costruite su una basetta unica e sono composte da un array di antenne che aumentano il guadagno in base al numero di dipoli “disegnati” sullo stampato e alle dimensioni complessive. Sono antenne direttive, aumenta il guadagno e quindi la portata del segnale, tuttavia allo stesso modo si restringe l'angolo di funzionamento. Ad esempio con 8 db di guadagno si avrà un ottimo rendimento quando il drone si trova allineato con l'antenna, ma appena si muove lateralmente, supponendo che l'antenna rimanga ferma, ecco che il segnale degrada radicalmente. Da usare quindi solo in particolari installazioni o su sistemi di ricezione multipla accoppiate ad altre tipologie di antenne.

## 2.5 I trasmettitori

La legge italiana permette una potenza massima di 25 mW, sulla frequenza dei 5,8Ghz divenuta oramai lo standard de facto per il FPV Drone Racing. Adirittura in alcuni circuiti indoor, chi montava a titolo sperimentale trasmetti-

## FAQ AEROMODELLI

### 1. Che differenza c'è tra un SAPR e un aeromodello?

Esclusivamente l'uso che se ne fa. La stessa macchina (per esempio un Phantom o un BeBop Parrot) è un aeromodello – e quindi per definizione NON è un aeromobile – se la si usa per scopi ricreativi e sportivi, ma diventa un SAPR (e quindi un aeromobile) se la si usa per qualsiasi altro scopo, dal lavoro aereo alla ricerca. Se destinato a bambini fino a 14 anni, è un giocattolo.

### 2. Ci sono limiti di peso o di payload per gli aeromodelli?

Se gli aeromodelli hanno una massa uguale superiore a 25 kg (e comunque non superiore a 150 kg) possono volare solo nei campi volo e gli aeromodellisti devono essere maggiorenni. Invece la stragrande maggioranza dei droni, quelli sotto i 25 kg, possono essere usati anche dai minorenni fuori dai campi volo, in un posto scelto dal modellista dove non c'è il rischio di danneggiare persone o cose.

### 3. Come aeromodellista quando posso volare lontano e in alto?

Se non hai l'attestato di aeromodellista (rilasciato dall'AeCI) l'altezza massima è 70 metri e il raggio massimo 200. Se hai l'attestato di aeromodellista la quota massima è 150 metri e il raggio massimo 200 metri.

### 4. Per volare per divertimento ho bisogno di un patentino?

No. Chiunque può fare aeromodellismo senza bisogno di attestati, anche i minorenni.

### 5. Per volare come aeromodellista devo avere l'attestato di aeromodellista?

Non è obbligatorio, ma con l'attestato puoi volare più in alto (oltre 70 metri) e usare droni enormi, oltre i 25 chili

### 6. Come aeromodellista posso volare solo nei campi volo?

No. L'Articolo 35 del regolamento ENAC è chiarissimo: l'attività aeromodellistica deve svolgersi in un luogo adatto, selezionato dall'aeromodellista, dove non ci sia il rischio di danneggiare persone e cose: il comma 3/d specifica che il volo "sia effettuata in aree opportunamente selezionate dall'aeromodellista, di raggio massimo di 200 m. e di altezza non superiore a 70 m., non popolate, sufficiente lontane da edifici, infrastrutture e installazioni, all'esterno delle ATZ istituite o ad una distanza di almeno 5 km dal perimetro di un aerodromo privo di ATZ. Non è consentito il sorvolo delle aree proibite o regolamentate" e nemmeno l'accesso alle CTR.

Ma se il tuo drone pesa oltre 25 chili (e quindi è davvero enorme, per capirci un Phantom pesa un chilo e mezzo) puoi volare solo nei campi volo e devi avere l'attestato di aeromodellista.

### 7. Come aeromodellista devo essere assicurato?

La legge non ne parla, ma assicurarsi è una buona idea: una polizza per il volo aeromodellistico costa poco e fa volare sicuri

### 8. Come aeromodellista posso fare riprese aeree?

Certamente, ma solo riprese private. Puoi postarle anche online, ma non le puoi cedere a terzi neanche a titolo gratuito.

### 9. Come aeromodellista posso volare in FPV o fare volo automatico?

La legge prescrive che l'aeromodellista abbia sempre il controllo a vista dell'aeromodello, vola solo di giorno a vista e senza ausili ottici o elettronici, ma non proibisce il volo in prima persona (FPV) o quello automatico: basta che il modello sia sempre in contatto visivo con l'aeromodellista e questi possa prendere in ogni momento il comando. Se si vola in FPV bisogna poter vedere il modello anche senza occhiali, la cosa migliore è essere in due collegati maestro-allievo; in questo modo il modellista senza occhiali può prendere subito il controllo, come prescrive la legge.



Tu sei il responsabile del volo, e devi scegliere un posto adatto dove non c'è il rischio di danneggiare persone e cose. Non si vola mai sulla gente, strade, case.



Puoi volare senza patentino solo per divertimento e per sport: se invece voli per lavoro devi avere fatto una scuola di volo ed essere autorizzato da ENAC.



Devi tenere una distanza minima di 5 km dagli aeroporti e devi poter vedere e farti vedere dagli aeromobili. Che hanno sempre la precedenza. In caso di traffico aereo devi portarti a quota di sicurezza. Gli aeromodelli non volano nelle CTR.



Puoi volare all'altezza massima di 70 metri e allontanarti a una distanza massima di 200 metri. Si vola solo di giorno, mai di notte, e solo a vista senza strumenti ottici o elettronici per tenere sotto controllo il modello.



Rispetta la privacy: puoi fare riprese private e postarle dove vuoi ma non puoi riprendere le persone nelle loro case, nel loro giardino o persone al lavoro.



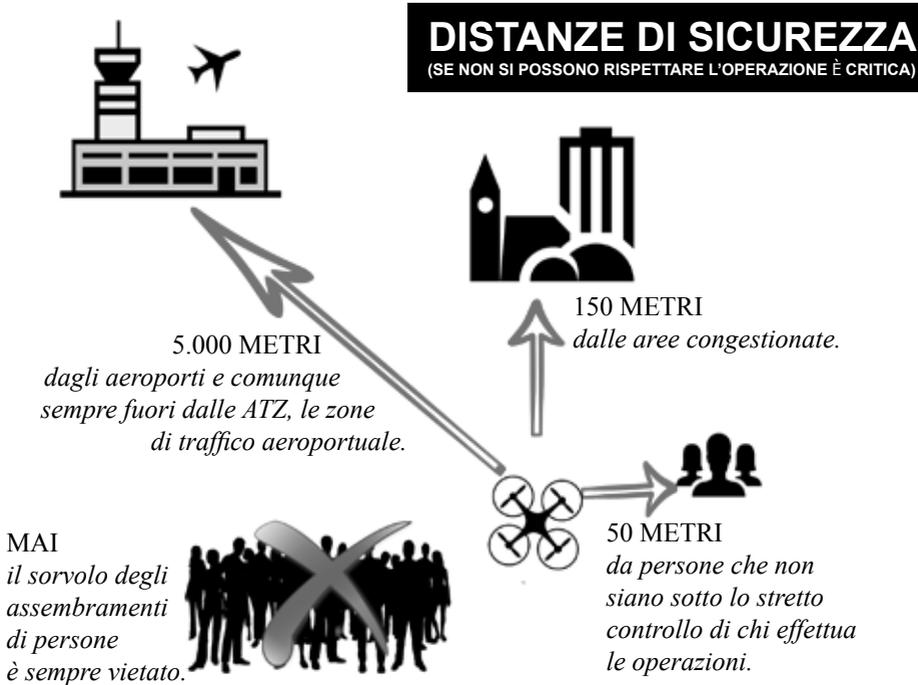
Rispetta i regolamenti e i divieti locali, le istruzioni delle forze dell'ordine e delle autorità; non puoi volare se il proprietario del terreno non è d'accordo.



L'assicurazione non è obbligatoria se voli per divertimento o per sport, ma è consigliabile. Una polizza per hobbyisti costa poco e fa volare tranquilli.



Ricordati che le eliche possono causare ferite profonde e se maltrattate le batterie LiPo possono esplodere. Controlla sempre il tuo drone prima di volare!



ma di questa innovazione si è persa ogni traccia).

È importante notare che nella maggioranza dei casi è responsabilità dell'operatore dimostrare che il volo è non critico, spetta a lui valutare il rischio associato alla missione e garantire che le condizioni rimangano sempre non critiche; restano comunque sempre critiche quelle oggettivamente fuori da quanto specificatamente richiesto dall'articolo 9 del regolamento (aree congestionate, assembramenti di persone, agglomerati urbani, infrastrutture sensibili).

## SORVOLARE LA FOLLA È SEMPRE VIETATO

Anche nel campo delle operazioni critiche è sempre vietato il sorvolo di assembramenti di persone per cortei, manifestazioni sportive o spettacoli, o comunque di aree dove si verificano concentrazioni inusuali di persone. Attenzione, il sorvolo, non fare riprese a distanza di sicurezza (50 metri); e non è che per fare un buon lavoro sia strettamente necessario volare sulla testa della gente.

## 1.1 Operazioni critiche

Quando l'operazione specializzata avviene vicino a case, persone non adette ai lavori, vicino alle "infrastrutture sensibili" eccetera, o non si può dimostrare che ciò non possa avvenire anche accidentalmente in caso di malfunzionamento del drone, allora l'operazione è considerata critica. E l'autocertificazione non basta più, è necessario ottenere l'autorizzazione esplicita di ENAC allo svolgimento della missione.

Sono operazioni estremamente difficili da farsi autorizzare, perché è richiesto un livello di sicurezza paragonabile a quello dell'aviazione generale, che è una richiesta molto ma molto difficile da ottemperare con un SAPR. Basti pensare che per ottenere l'autorizzazione al volo in ambiente urbano, la condizione più estrema, il SAPR dovrebbe avere un autopilota conforme alle norme EUROCAE ED-12, praticamente il livello di affidabilità richiesto ai piloti automatici degli aeroplani.

## 1.2 Scenari misti

Tra le operazioni specializzate critiche e non critiche c'è una via di mezzo, definita "scenario misto", che si può attivare quando con degli accorgimenti particolari, per esempio transennando la zona delle operazioni con la collaborazione delle forze dell'ordine, si riesce a liberare da estranei l'area dove volerà l'APR, creando così una "zona franca": anche se



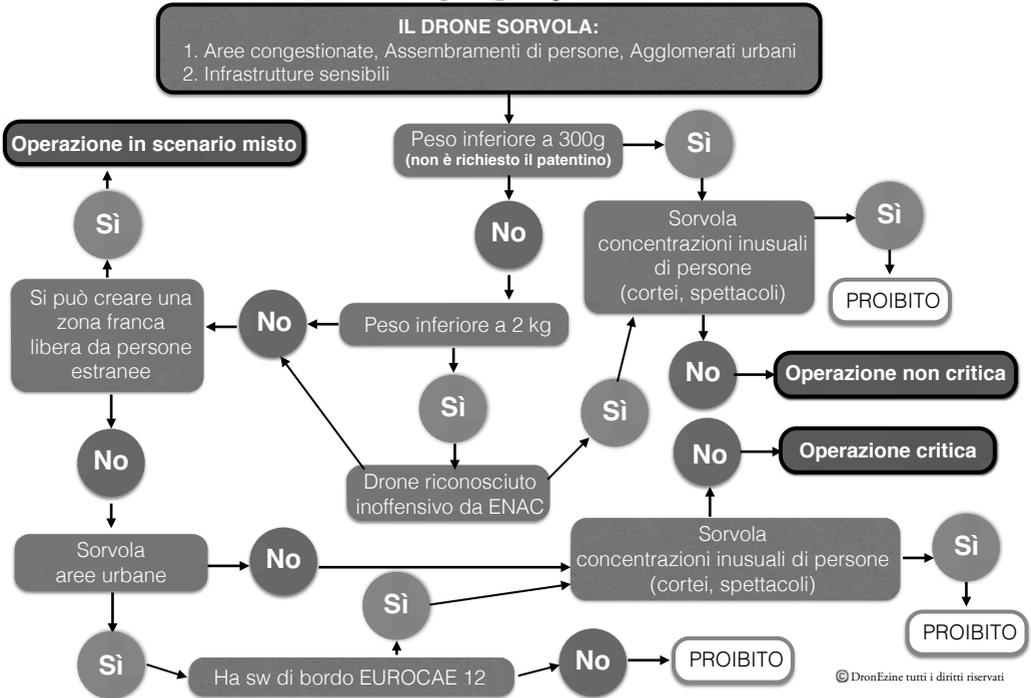
## IL PARACADUTE NON DEVE SALVARE IL DRONE

Nell'ambito delle operazioni specializzate critiche, il paracadute può essere usato in certi casi per mitigare le conseguenze di un guasto catastrofico del drone, come richiesto dall'articolo 10 comma 6. In altre parole, non protegge la macchina ma chi ci sta sotto.

L'importante è che rallenti la velocità di caduta della macchina fuori controllo, ma è altrettanto importante che il drone non si allontani dall'area di buffer trascinato dal vento.

Quindi la dimensione del paracadute va calcolata in modo da ottenere il miglior compromesso tra discesa verticale e deriva, che varierà in considerazione della forza e direzione del vento (è ben diverso se il vento spinge verso un fiume o verso un'autostrada), e questo dato andrà specificato nell'analisi del rischio. Come richiesto da ENAC (articolo 10 comma 4) anche la quota minima operativa andrà calcolata in modo da garantire l'apertura del paracadute in caso di bisogno.

Droni: volo in **area critica**



le operazioni si svolgono all'interno, o in vicinanza, di aree congestionate o in presenza di assembramenti di persone o "infrastrutture sensibili", e quindi sono a tutti gli effetti operazioni critiche, e come tali richiedono l'approvazione di ENAC caso per caso, dal punto di vista burocratico le operazioni miste sono più facili da fare approvare. E potrebbero essere l'unica strada percorribile se non si riesce a rendere accettabile il livello di rischio di una operazione critica. In sostanza



**Operazioni brevi**

*Per ragioni di sicurezza i voli in scenari misti non dovrebbero durare più di 10 minuti.*

sono “operazioni un po’ meno critiche” che semplificano la vita all’operatore che le deve affrontare. Questa particolare modalità operativa, che comunque richiede all’operatore uno specifico riconoscimento da parte di ENAC, non si trova nel regolamento ma in una cruciale circolare uscita il 17 dicembre 2014. La chiave delle operazioni in scenario misto è senza dubbio la zona franca, un cilindro di aria che deve essere sufficientemente ampio da consentire l’atterraggio o comunque la caduta del drone al suo interno, e dovrà essere calcolato dall’operatore tenendo conto non solo delle caratteristiche del SAPR ma anche di quelle atmosferiche e comprende l’area delle operazioni vere e proprie più il buffer. Come per le operazioni critiche, l’APR deve essere dotato di sistemi di sicurezza ridondanti: cavo di ritenzione oppure doppio terminatore ed eventualmente paracadute per mitigare gli effetti di una eventuale caduta. Per minimizzare il rischio, le operazioni in scenari misti non possono durare più di 10 minuti. Nel manuale delle operazioni, l’operatore deve inserire le procedure per:

- Identificazione dell’area;
- Determinazione della zona franca;
- Messa in sicurezza della zona franca (transennamento, recinzione, coinvolgimento delle forze dell’ordine, briefing del personale all’interno zona franca, utilizzo mezzi fisici eccetera);
- Applicazione limitazioni operative;
- Check pre-volo;
- Misure di contingency (cioè le misure da attuare in caso di malfunzionamenti non gestibili).

## LogBook

*Il registro del pilota di SAPR. Un obbligo di legge ma anche un grande aiuto per la sicurezza.*

In aeronautica, la carriera di un pilota dipende dalle ore di volo. Un po' come in un videogioco, accumulare ore di volo consente di "sbloccare" i livelli superiori: per esempio per poter prendere l'abilitazione per le operazioni specializzate critiche bisogna prima aver fatto un tot di ore nelle non critiche, per accedere ai corsi per diventare istruttori bisogna aver accumulato cento missioni, e dopo averne fatte trenta come istruttore si possono fare gli esami per diventare examiner, e così via. Ore che per legge vanno segnate sul LogBook, il "registro" del pilota di droni. *L'obbligo riguarda solo i piloti professionisti (in possesso degli attestati di pilota remoto)*, ma anche gli aeromodellisti non sbagliano se si segnano una "storia" delle loro attività di volo e del loro aeromodello; sarò facile, vedendo le ore di volo accumulate, capire quando è ora di sostituire una batteria che ormai ha fatto troppi cicli, o dare una revisione generale alla loro macchina volante; tutte cose che aiutano a prevenire gli incidenti, che in gran parte sono dovuti a problemi tecnici più che a errori umani. Nei LogBook "ufficiali", per ogni missione vanno registrati:

- Data
- Luogo
- Scopo del volo (istruzionale, allenamento, esame, operazioni specializzate, operazioni specializzate critiche),
- Ora inizio missione, ora fine missione (la missione è intesa come il tempo che intercorre tra un decollo ed un atterraggio),
- Tempo di volo in minuti.

Per ogni registrazione deve essere presente la firma del pilota e, se applicabile, quella dell'Istruttore o dell'Esaminatore, rispettivamente per i voli istruzionali e per gli "skill test" o "proficiency check".

La compilazione del libretto di volo avviene in regime di autocertificazione, sotto la completa responsabilità civile e penale del dichiarante che, in caso di falsa attestazione, incorre nelle sanzioni previste dal DPR n. 445/2000, oltre al rifiuto del riconoscimento delle attività da parte dell'ENAC e la sospensione o revoca del titolo aeronautico interessato.

Il LogBook deve essere composto di pagine rilegate, non asportabili e numerate. Niente LogBook digitali, dunque. Solo buona, vecchia carta.

APR nome

Multicottero

<0,3 kg

Ala Fissa

0,3 - 4 kg

Dirigibile

4-25 kg

Elicottero

Targhetta  
identificativa

MISSIONE

Data \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Durata  
in minuti

Luogo

ORA DEL DCOLLO \_\_:\_\_:\_\_  
hh:mm:ss

ORA ATTERRAGGIO \_\_:\_\_:\_\_  
hh:mm:ss

Istruzione

Allenamento

Esame

O.S. non critica

O.S. critica

Firma del pilota

\_\_\_\_\_

Firma dell'istruttore  
o dell'esaminatore

\_\_\_\_\_

mezzi fisici di ritenzione, quali cavi che ancorano al suolo l'APR, non permettendone la fuoriuscita dalla zona franca.

Per la scelta del cavo da utilizzare (tipo di materiale, lunghezza e diametro), devono essere considerate le peggiori condizioni di volo possibili per l'APR (massima velocità operativa, massima velocità del vento ammesso e massimo peso).

La forza massima che l'APR può applicare sul cavo stesso viene così espressa:

$$F_{max} = m * v * \Omega$$

$$\Omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{E * A}{L * m}}$$

$$k = \frac{E * A}{L}$$

$k$  = Costante Elastica del cavo [N/m]

$E$  = Modulo di elasticità di trazione o di Young [N/m<sup>2</sup>]

$A$  = Sezione del cavo [mm<sup>2</sup>]

$L$  = Lunghezza del cavo [m]

$m$  = Massa massima dell'APR [Kg]

### Esempio:

Consideriamo di agganciare un APR con massa  $m = 7 \text{ Kg}$  e velocità  $v = 5 \text{ m/s}$ , con un cavo cilindrico di nylon ( $E = 2000 \text{ N/mm}^2$ ), di diametro  $d = 3 \text{ mm}$  e lunghezza  $L = 10 \text{ m}$ .

La forza massima  $F_{max}$  risultante è:

$$F_{max} = 7 \text{ kg} * 5 \text{ m/s} * \sqrt{\frac{2000 \text{ N/mm}^2 * 7 \text{ mm}^2}{10 \text{ m} * 7 \text{ kg}}} = 495 \text{ N}$$

La massa massima che il cavo dovrà reggere è di :



$$M_{massima} = F_{\max(kgf)} = \frac{F_{\max}}{g} = \frac{495 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 50 \text{ kg}$$

Moltiplichiamo quest'ultimo valore per un coefficiente di sicurezza di 1.7, dato dalla somma di un coefficiente pari a 1.5 (tipico del mondo aeronautico) e di un coefficiente pari a 0.2 (per tener conto di eventuali nodi di collegamento dove si concentrano le tensioni residue:

$$F_{\max(kgf)+1.7} = 50 \text{ kg} * 1.7 = 85 \text{ kg}$$

A questo punto è necessario verificare che il cavo scelto abbia un carico di rottura dichiarato superiore a 85 Kg. Il carico di rottura riportato per un cavo di nylon dia 3 mm è di 120 kg e si ottiene un Fattore di Sicurezza pari a 1,4.

$$Fattore \ di \ Sicurezza = FS = \frac{F}{F_{\max(kgf)+1.7}} = \frac{120 \text{ kg}}{85 \text{ kg}} = 1,4$$

Il cavo dovrà essere ancorato a terra con opportuni sistemi, come basamenti di opportuno peso, tramite sistemi di aggancio come anelli e moschettoni che se possibile devono ammortizzare l'eventuale strappo (ad es. catena molto pesante appoggiata per terra). Nel caso in cui viene utilizzato un cavo di vincolo, si dovrà assicurare un'area di buffer minima di 5 m, per la dispersione eventuale dei detriti.



### *Fishing Drone*

*Un sistema di ritenzione  
per piccoli droni di Fly In.*

## Formazione professionale

*I SAPR sono aeromobili. E gli aeromobili hanno bisogno di un pilota, e il pilota deve avere il brevetto... anche se adesso si chiama "attestato".*

### 1. Attestato di pilota remoto

Per potere fare operazioni specializzate, critiche o non critiche, in VLOS o EVLOS con un APR da 0,3 kg fino a 25 kg di peso al decollo, il pilota di SAPR deve ottenere un attestato, valido cinque anni, rilasciato da una scuola riconosciuta da ENAC che si chiama *Attestato di pilota remoto*, e per ottenerlo il candidato deve essere maggiorenne e aver superato una visita medica aeronautica, II Classe oppure LAPL. Nessun attestato serve per i SAPR sotto i tre etti.

*Ricordiamo che gli attestati servono esclusivamente per i SAPR, gli aeromodellisti (e quindi chi usa qualsiasi drone o aeromodello fino a 25 kg di peso esclusivamente per divertimento o per hobby) non ne ha alcun bisogno.*

Inizialmente queste scuole provenivano esclusivamente da aeroclub o scuole per ultraleggeri che si sono aperte anche al mercato nascente degli APR, ma di recente ENAC ha approvato anche scuole provenienti da percorsi differenti, le cosiddette scuole *ex novo*, specialmente operate da costruttori di droni, che con il nuovo ordinamento (dal primo luglio 2015) non possono più erogare i corsi pratici sulle loro macchine: adesso sono le scuole, diventate Centri d'Addestramento, a dover fare insieme sia la parte teorica sia la parte pratica. Le scuole approvate da ENAC con il vecchio ordinamento erano circa

## IMPARI SU UN DRONE, PUOI PILOTARLI TUTTI

Una importante novità introdotta dalla seconda edizione del regolamento ENAC è l'abilitazione per classe: mentre con il vecchio ordinamento il corso pratico abilitava solo ed esclusivamente al pilotaggio della macchina su cui si era fatto il corso (certificato di tipo), ora ENAC introduce il concetto di classe: il titolo conseguito, poniamo, su un multicottero abilita a tutti i multicotteri.

Le classi sono quattro: Ala Fissa (Ap), Elicotteri (Hc), Multicotteri (Mc), Dirigibile (As) a loro volta suddivise in due fasce di peso: una da 0,3 e fino a 4 kg, un'altra oltre 4 e fino a 25 kg. Per i droni sopra i 25 kg l'Attestato non basta, occorre la Licenza di Pilota Remoto, molto simile ai "brevetti" dei piloti d'aeroplano.



## SCUOLE DI VOLO AUTORIZZATE

L'offerta formativa per aspiranti piloti professionisti di SAPR è ampia e discretamente ben distribuita su tutto il territorio nazionale, anche se vaste aree del Sud ancora non hanno una rete capillare di scuole, specialmente in Calabria, Basilicata, Molise e Sicilia. Molte scuole operano però sui territori non ben coperti, offrendo corsi anche in altre Regioni, limitando così i disagi per i candidati. L'ENAC approva il Centro di Addestramento APR sulla base degli accertamenti sulla organizzazione del Centro e sulla capacità di erogare l'intera formazione del pilota, sulle procedure, sul materiale di formazione e sulla qualificazione del personale, Istruttore ed Esaminatore.

un centinaio, in tutta Italia, e hanno già formato migliaia di piloti di SAPR. Ora alcune di queste, ma non tutte, sono rinate come Centri d'Addestramento. Un elenco completo delle scuole, in continua evoluzione, è reperibile sul sito [www.dronezine.it](http://www.dronezine.it).

## 1.2 Teoria e pratica insieme

I corsi sono sia teorici sia pratici: anzi, una novità del regolamento varato nel 2015 accentra alle scuole anche la formazione pratica, che nel vecchio ordinamento invece era demandata al costruttore. Oggi il corso teorico dura 16 ore e quello pratico si articola su 5 ore di volo divise in 30 missioni di almeno 10 minuti. In pratica, con un paio di weekend si può fare tutto il percorso formativo.

Durante il corso, l'aspirante pilota deve acquisire la conoscenza delle regole dell'aria applicabili ai SAPR, le cognizioni aeronautiche di base, i rudimenti dagli aspetti di safety e dei rischi operativi della sua futura professione.

Le materie principali, su cui si terrà l'esame teorico, sono:

- Normativa aeronautica
- Meteorologia
- Circolazione aerea
- Impiego del sapr

**L'esame teorico** è superato se il candidato risponde correttamente almeno a 18 domande a risposta multipla su 24. Chi ha un titolo aeronautico, per esempio una licenza di pilota privato (PPL, CPL eccetera) o un VDS per il pilotaggio degli ultraleggeri ha diritto a dei crediti formativi sulla parte teorica.

**L'esame pratico**, e anche questa è una novità del 2015, viene fatto di fronte a un Examiner, un professionista riconosciuto da ENAC che certifica le competenze del candidato. L'esame pratico (*skill test*) consiste in un volo di dieci minuti, senza l'aiuto del GPS.

Superato l'esame la scuola ha tre giorni di tempo per inviare, per via telematica, la documentazione a ENAC.

## IL DIPLOMA NON SERVE

ENAC è molto chiara: chiunque abbia più di 18 anni può pilotare un SAPR. Ciò significa che per ottenere l'abilitazione non è richiesto alcun titolo di studio, basta frequentare con successo la scuola di volo. E ci sono anche operatori SAPR riconosciuti senza un diploma di scuola superiore.

## **STRUTTURA DEL CORSO TEORICO**

### **NORMATIVA AERONAUTICA (4h)**

Organizzazioni ed Enti Aeronautici; fonti normative; definizioni e acronimi.

Normativa italiana sull'impiego dei SAPR: gerarchia dei prodotti normativi, circolari e note esplicative;

Regole dell'aria, le regole VFR, regole APR (VLOS, E-VLOS, B-LOS)

Suddivisione Spazi Aerei - Papa, Romeo, Delta, NOTAM, AIP

Privilegi e limitazioni dell'Attestato/Licenza di Pilota APR; doveri e responsabilità del pilota/operatore SAPR.

Documenti: Manuale di Impiego, assicurazione, Log Book Pilota, Technical Log Book APR, Manuale Operativo

Infrazioni e sanzioni; protezione dati e Privacy Incidenti e inconvenienti di volo: modelli di segnalazione

### **METEOROLOGIA (2h)**

Nozioni Generali; atmosfera; nubi; venti; visibilità in volo ed al suolo, nebbia e foschia

### **CIRCOLAZIONE AEREA (3h)**

Servizi ATS; frequenze aeronautiche; alfabeto ICAO; fraseologia comune.

### **IMPIEGO DEL SAPR (7h)**

Principi del volo: portanza, resistenza, propulsione; assi di rotazione, stabilità e dissimmetrie.

Componenti del mezzo aereo a pilotaggio remoto; componenti essenziali per la condotta:

- Componenti elettroniche e antenne
- Chip di controllo; componenti meccaniche/eliche;
- Motori elettrici; pattini per l'atterraggio;
- Meccanismo di aggancio carico pagante.
- Batterie, Batterie Li-ion

Procedure e sistemi di emergenza: paracadute balistico; paracadute a gravità.

GPS Modi di navigazione del mezzo aereo a pilotaggio remoto.

Caratteristiche; trasporto; pericolosità; estinzione di incendio; limitazioni; centraggio; carico pagante; quota operativa; autonomia; distanza massima percorribile; velocità massima.

Manutenzione SAPR.

### 1.3 Apprendimento a distanza? Molto difficile

La normativa 2015 rende molto difficile, per non dire che svuota di significato, l'apprendimento a distanza. Infatti ENAC non chiude del tutto la porta al distance learning, ma impone che in aula si svolga il 50% dei corsi teorici.

Visto che alla fine parliamo solo di otto ore che si potrebbero fare a distanza, non ne vale granché la pena. Inoltre la piattaforma di distance learning deve essa stessa essere approvata da ENAC, il che scoraggia le scuole a offrire il servizio.

### 1.4 Da un attestato all'altro bastano due ore di volo

Con il nuovo ordinamento, chi ha già un attestato per droni (per esempio VL/Mc, multicotteri fino a 4 kg di peso) può aggiungerne un'altra, poniamo ala fissa sopra i 4 kg, L/Ap, semplicemente facendo presso un Centro di Addestramento 12 missioni di almeno 10 minuti e superando lo skill test, cioè l'esame pratico, per la nuova categoria.

## QUALE ATTESTATO PER FARE COSA

	LIMITI OPERATIVI	ATTIVITA'	TIPOLOGIA	ATTESTATO
<b>Aeromodelli &lt;25kg</b>	Quota 70 m, distanza 200 m	Ricreativa o sportiva	Volo a vista diurno	Nessuno
<b>Aeromodelli &lt;25kg</b>	Quota oltre 70m, distanza 200 m	Ricreativa o sportiva	Volo a vista diurno o notturno (solo campi volo)	Attestato di aeromodellista
<b>Aeromodelli &gt;25 kg</b>	Quota oltre 70m, distanza 200 m	Ricreativa o sportiva	Volo a vista diurno o notturno (solo campi volo)	Attestato di aeromodellista
<b>Droni RACE</b>	Gare ufficiali AeCl - regolamento proprio	Competizione e allenamento	Volo FPV con helper e terminatore	Licenza FAI
<b>SAPR &lt;300g</b>	Quota 150m, distanza 500m velocità<60 km/h, paraeliche	Operazioni specializzate: tutte non critiche in ogni scenario	VLOS o EVLOS	Nessuno
<b>SAPR &lt;2 kg Inoffensivo</b>	Quota 150m, distanza 500m	Operazioni specializzate: tutte non critiche in ogni scenario	VLOS o EVLOS	VL/Mc (multicottero) VL/Hc (elicottero) VL/Ap (Ala Fissa) VL/As (dirigibile)
<b>SAPR 0,3-4kg</b>	Quota 150m, distanza 500m	Operazioni specializzate NON critiche	VLOS o EVLOS	VL/Mc (multicottero) VL/Hc (elicottero) VL/Ap (Ala Fissa) VL/As (dirigibile)
<b>SAPR 0,3-4kg</b>	Quota 150m, distanza 500m	Operazioni specializzate critiche	VLOS o EVLOS	VL/Mc (multicottero) VL/Hc (elicottero) VL/Ap (Ala Fissa) VL/As (dirigibile) + Abilitazione alle O.S. Critiche
<b>SAPR 4-25kg</b>	Quota 150m, distanza 500m	Operazioni specializzate NON critiche	VLOS o EVLOS	L/Mc (multicottero) L/Hc (elicottero) L/Ap (Ala Fissa) L/As (dirigibile)
<b>SAPR 4-25kg</b>	Quota 150m, distanza 500m	Operazioni specializzate critiche	VLOS o EVLOS	L/Mc (multicottero) L/Hc (elicottero) L/Ap (Ala Fissa) L/As (dirigibile) + Abilitazione alle O.S. Critiche
<b>SAPR &gt;25 kg</b>	Secondo autorizzazione ENAC	Operazioni specializzate critiche e non critiche	BLOS	Licenza di pilota di APR
<b>SAPR &gt;25 kg</b>	Secondo autorizzazione ENAC	Operazioni specializzate critiche e non critiche	VLOS, EVLOS o BLOS	Licenza di pilota di APR

*Se autorizzati, i limiti operativi possono essere innalzati*

## **Droni elicottero**

*Praticamente, un multicottero con un motore solo. Più efficiente, più agile, ma anche molto più delicato e meccanicamente complesso l'elicottero richiede più manutenzione e costa di più, ma alla fin fine fa le stesse cose del multicottero, allo stesso modo.*

*I veri vantaggi si vedono solo sulle macchine molto grandi.*

Multicotteri ed elicotteri fanno le stesse cose, e più o meno nello stesso modo. Che differenze reali ci sono tra i due design separati dalla nascita?

Spesso si pensa che l'elicottero sia più difficile da pilotare rispetto ai multicotteri, ma il realtà è vero il contrario. Il multicottero è assolutamente instabile di per sé, e senza la sofisticata elettronica dei droni moderni sarebbe di fatto impossibile da pilotare per un essere umano.

D'altro canto anche l'elicottero non è una macchina facile, ma in mano a un aeromodellista di buona esperienza richiede molto meno elettronica per volare, basta anche solo un giroscopio sul rotore di coda per volare in sicurezza. Ma d'altronde, un elicottero radiocomandato usato come drone ha necessariamente a bordo una centralina per il pilotaggio automatico (spesso derivata dal celebre progetto open source Arducopter). Quindi all'atto pratico, i multicotteri e gli elicotteri radiocomandati adatti a essere usati come SAPR hanno esattamente la stessa facilità di pilotaggio. L'unica differenza, che comunque è trasparente rispetto al pilota, è che l'elicottero ha meno complessità elettronica e più complessità meccanica, il multicottero ha esattamente la situazione opposta, molto più semplice meccanicamente e molto più complesso elettronicamente. Possiamo dire che il multicottero ha trasferito all'elettronica la complessità meccanica dell'elicottero.

### **1 Come vola e come si pilota**

L'elicottero vola attraverso la portanza generata dal rotore, che è un'ala rotante che genera portanza esattamente allo stesso modo dell'ala di un aeroplano. Ruotando, il rotore imprime una coppia di reazione alla fusoliera, che tende a ruotare dalla parte opposta a quella in cui girano le pale. Per contrastare questa forza è necessario un secondo rotore che ruota dalla parte opposta. Ci sono diversi modi per costruire questo secondo rotore: due rotori coassiali dello stesso diametro uno sotto l'altro, per esempio (Heli coassiali), o due rotori della stessa dimensione uno a prua e uno a poppa dell'elicottero, addirittura due rotori intersecanti. Ma la soluzione più pratica, e di gran lunga più usata, è un piccolo rotore posto sulla trave di coda, perpendicolare al rotore principale,

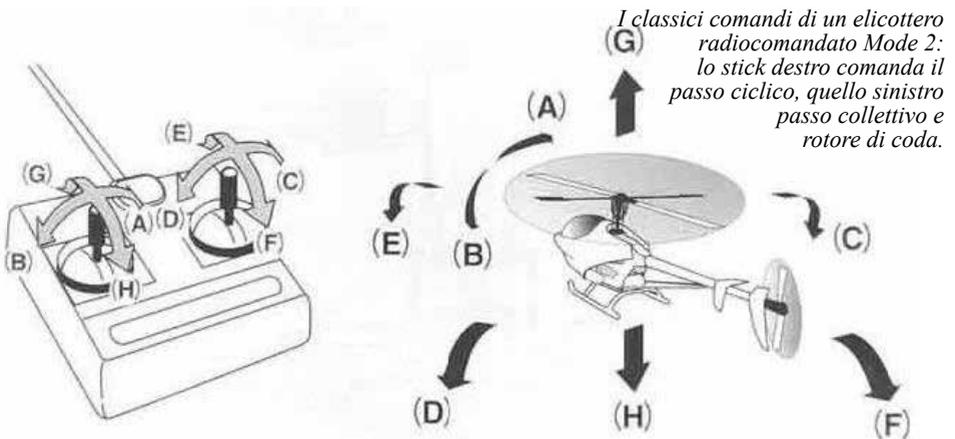


*Tre diversi esempi di elicotteri con rotori controrotanti: da sinistra a destra due rotori coassiali (Rotorfly), due rotori intersecanti (Kaman) e due rotori alle estremità (Boeing)*

controllato dalla pedaliera sugli elicotteri veri, e dallo stick dell'imbardata sugli elicotteri radiocomandati, che consente all'elicottero sia di restare dritto durante il volo sia di imbarbare, aumentando o diminuendo il passo del palini di coda. In ogni caso, se il contrasto della coppia di reazione viene a mancare (per esempio per un guasto ai palini di coda) l'elicottero è destinato a precipitare.

### 1.1 giri costanti, passo variabile

Mentre nel multicottero le eliche sono generalmente a passo fisso e le manovre si eseguono variando il numero di giri delle singole eliche, nell'elicottero le pale sono sempre a passo variabile, e si tende a mantenere costante i giri del rotore variando l'incidenza delle pale, e quindi la loro portanza. Ci sono due modi di variare l'incidenza, che devono sempre essere usati insieme: il **passo**



## **Droni dirigibili**

*Il più leggero dell'aria è molto adatto alle missioni pubblicitarie, alle riprese sulle folle, alle lunghe autonomie e al trasporto di payload anche importanti. Ma il vento è il suo peggior nemico.  
(Contiene un contributo di Nicola Masi)*

Da anni sono una presenza fissa agli eventi e all'interno dei palazzetti dello sport. Le loro caratteristiche, infatti, li rendono ideali per scopi pubblicitari: grande visibilità, basse velocità e grande sicurezza, vista la consistenza morbida dell'involucro, l'utilizzo di gas non infiammabile, il galleggiamento a motori fermi e la lenta perdita di quota in caso di fori nell'involucro o altri problemi. Ma oltre a essere formidabili *reclame* volanti, i dirigibili e aerostati a pilotaggio remoto sono interessanti per quelle missioni in cui è richiesta un'elevata autonomia e buone capacità di carico.

Insomma una costola del settore Sapr che merita di essere approfondita.

Gli unmanned aerostatici appartengono a tre gruppi principali, che si differenziano per livello di maturazione tecnologica: piccoli dirigibili, dirigibili stratosferici (grandissimi) e aerostati vincolati.

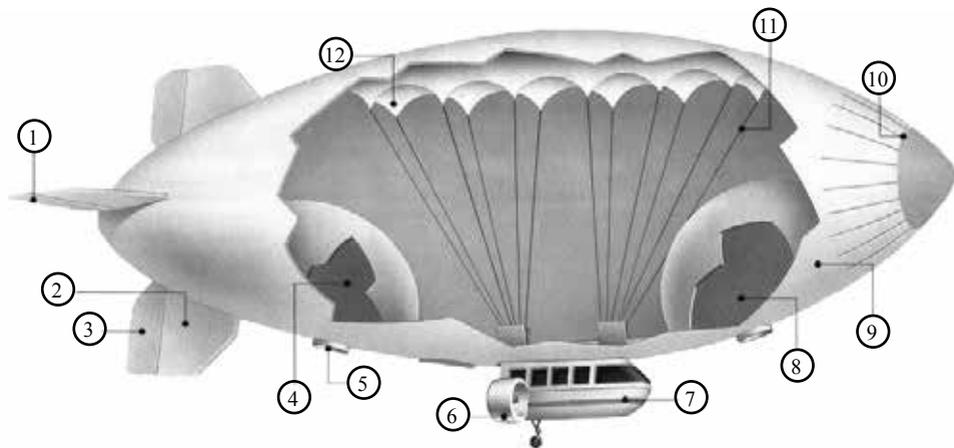
### **1.1 Come volano**

I mezzi più leggeri dell'aria si sostentano in base al principio di Archimede, dunque non per effetto della spinta dei motori (che pure possono contribuire), ma grazie a un gas leggero contenuto nell'involucro che prende il posto di un uguale volume di aria e rende il mezzo più leggero dell'aria spostata. Almeno fino a un certo punto: un aerostato che fosse davvero più leggero dell'aria tenderebbe a volarsene via e sarebbe molto difficile da far atterrare senza disperdere gas nell'atmosfera, ma con quel che costa l'elio non è una buona idea. Quindi di fatto i dirigibili unmanned pesano un poco più dell'aria, e la spinta che manca per farli volare è fornita dalla spinta aerodinamica dell'involucro, che si comporta come un'ala. Quindi per atterrare basta rallentare i motori.

Nonostante il fatto che i dirigibili senza pilota siano in realtà un poco più pesanti dell'aria, il flyaway (cioè il dirigibile che se ne va per i fatti

suoi) è un problema molto serio, quindi la gran parte dei dirigibili volano vincolati a terra con un cavo: basta un cavo molto più sottile di quelli usati per esempio come sistema di sicurezza per i multicotteri, e non dà nessun fastidio al dirigibile, visto anche quanto vola lentamente e senza poter fare manovre brusche.

I principali gas di sostentazione impiegati in aerostatica sono l'idrogeno, l'elio, l'aria calda (quest'ultima non gas ma miscela) e assicurano una capacità di sollevamento che è rispettivamente di circa 1.1, 1.0 e 0.3 kg per m<sup>3</sup>. Per motivi di sicurezza, oggi l'idrogeno non è generalmente utilizzato anche se ad esso si continua a guardare con interesse per le sue doti di grande leggerezza, basso costo, facile reperibilità, possibilità di utilizzo per la propulsione oltre che per la sostentazione. La modalità di sostentazione aerostatica determina le caratteristiche operative e di volo di questi mezzi: elevata autonomia, grande dimensione, payload importante in peso e in volume, bassi consumi, basso impatto ambientale, velocità limitata ma possibilità di volo stazionario, logistica piuttosto impegnativa legata alle dimensioni dei mezzi e alla gestione dei rifornimenti di gas e sensibilità ad avverse condizioni meteo (soprattutto vento).



① Timone di profondità

② Stabilizzatore

③ Stabilizzatore

④ Serbatoio gas posteriore

⑤ Valvola gas

⑦ Gondola e payload

⑧ Serbatoio gas anteriore

⑨ Involucro esterno

⑩ Cono di prua

⑪ Tiranti interni

⑫ Involucro esterno

# SOMMARIO

PREFAZIONE	7
COME SIAMO ARRIVATI AL QUAD	11
VOLARE PER HOBBY SENZA PATENTINO	20
Dove volano gli aeromodellisti?	20
Spazio aereo per aeromodellisti	21
Aeromodellisti fuori dalle CTR	22
Insegnare l'aeromodellismo non è lavoro aereo	24
Attestato di aeromodellista	24
Sicurezza: due incidenti su tre dipendono da cause tecniche	25
Sapr, aeromodelli e... giocattoli	27
Riprese aeree con aeromodelli	30
Perché le riprese aeree siano amatoriali, non bisogna cederle a terzi	31
FPV RACE	32
Primi passi nel mondo delle gare	32
Quale quadricottero scegliere?	33
Telecamera	34
L'importanza di vederci bene	34
Antenne	34
I trasmettitori	35
Il ricevitore	36
Occhiali LCD	36
Trasponder	37
Cosa dice la legge	37
FPV Long Range	38
Helper o spotter	39
FAQ AEROMODELLI	40

## SAPR

LAVORO AEREO: COME METTERSI IN REGOLA	42
Un percorso impegnativo	42
Tra critico e non critico	43

Attività sperimentale	43
Manuali alla mano	44
Una strada lunga, ma si può fare	44
<b>OPERAZIONI SPECIALIZZATE</b>	<b>48</b>
Operazioni non critiche	49
Operazioni critiche	51
Scenari misti	51
Volare indoor	54
Assembramenti di persone	54
Volare oltre l'orizzonte	56
EVLOS, a vista con qualche occhio in più	56
BLOS, volare come i piloti del Predator	57
Dotazioni di bordo	58
Operatore	59
Operatore/Pilota: quale forma giuridica è più appropriata?	61
Usare un drone consumer come SAPR	66
La responsabilità del committente	68
Contratto di appalto/di noleggio	68
Il committente non è normalmente responsabile	68
Casi specifici di responsabilità del committente	69
LogBook	64
<b>LA GESTIONE DEL RISCHIO</b>	<b>70</b>
Principio di equivalenza	71
Risk Assessment	72
Risk management	72
Analisi del Rischio	72
Top Event	73
Aree remote	76
Aree congestionate e infrastrutture sensibili	77
Aree non congestionate e non remote	78
Fattori di Sheltering	78
Descrizione del SAPR e rischio	80
Modalità di condotta e tipologia delle operazioni	80
Individuazione dell'area delle operazioni	80
Diametro Area Operazioni	81

Security	81
Stesura Analisi del rischio connesso alle operazioni	81
Calcolo della zona franca e area di buffer	81
Chi può entrare nelle aree di buffer?	86
<b>DRONE LEGGERO, LEGGE LEGGERA</b>	<b>88</b>
Inoffensività: le linee guida	89
Un nuovo mercato si apre	90
Micro droni possono diventare micro SAPR?	91
Microbi al lavoro	92
Niente gimbal per i pesi piuma	93
I droni da tre etti sono la soluzione?	94
<b>PILOTA DI AEREI SENZA PILOTA</b>	<b>96</b>
Sicurezza	97
Gli obblighi di natura privatistica	98
Comandante con i piedi per terra	98
<b>FORMAZIONE PROFESSIONALE</b>	<b>100</b>
Attestato di pilota remoto	100
Teoria e pratica	102
Apprendimento a distanza? Molto difficile	104
Da un attestato all'altro	104
L'attestato vale cinque anni, poi si torna a scuola	105
Voli di addestramento	105
Per le critiche serve un'abilitazione speciale	105
Licenza di pilota remoto	107
Corsi per hobbyisti	107
Diventare istruttore di volo	108
Diventare Esaminatore APR	109
Prima e dopo la scuola	109
Volare assicurati	110
Polizze per hobbyisti	110
Polizze del Capofamiglia? Attenti alle clausole	110
Polizze per SAPR	111

<b>LA VISITA MEDICA LAPL</b>	112
Tre possibili esiti	113
Apparato cardiovascolare e respiratorio	115
Sistema endocrino	116
Vista e udito	117
<b>DRONI E PRIVACY</b>	118
Riprese liberalizzate, ma...	118
L'articolo 615 bis del Codice penale	118
“Privata dimora” non è solo casa propria	119
Anche gli ospiti sono tutelati	120
Difendersi dai droni	121
Offendicula	121
<b>DAL 2018 CAMBIANO LE REGOLE SULLA PRIVACY</b>	122
Prima di volare bisogna porsi il problema della privacy	122
Privacy by design e privacy by default	123
L'importanza dei codici di condotta	124
<b>DRONI E PROPRIETÀ PRIVATA</b>	126
Il Codice civile ed il Codice della navigazione	126
L'interpretazione giurisprudenziale	127
Interesse più concreto se il drone vola basso	127
Operazioni specializzate su terreni di proprietà dell'operatore	128

## PILOTAGGIO

<b>IMPARIAMO A VOLARE</b>	132
Primi passi tra le nubi	135
Volare sempre in sicurezza	136
Setup	136
Stacciamolo da terra. E teniamolo fermo	137
Avanti, indietro, destra e sinistra	139
Giotto	

FPV, VOLARE IN PRIMA PERSONA	141
Telecamera	142
Video Link	143
Monitor	145
Occhiali	146
OSD (On Screen Display)	147
FPV e droni commerciali	148
VOLO AUTOMATICO: PILOTARE SENZA MANI	150
Modo di volo Stabilize	150
Modo di volo Loiter	151
Modo di volo Return To Launch (RTL)	152
Follow me	154

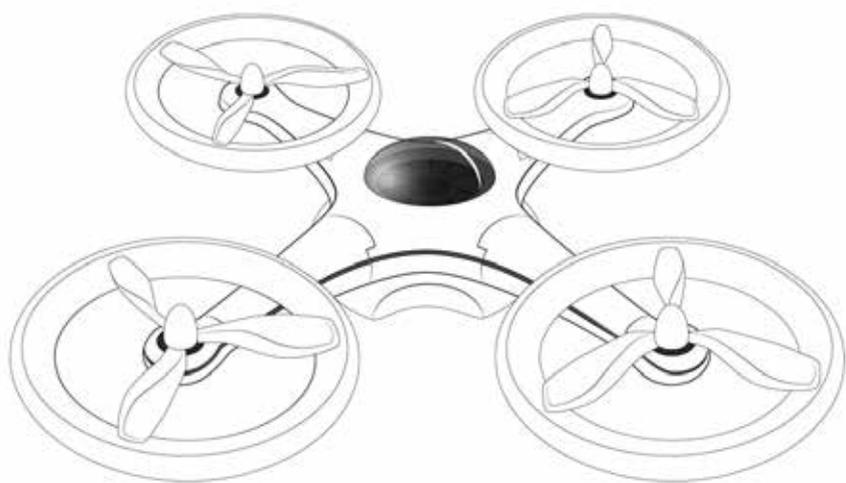
## TECNICA

FRAME: FORMA E FUNZIONE	158
I SEGRETI DELL'ELICA	162
Diametro e passo	163
Come scegliere?	164
Marche e modelli	164
Passo fisso e variabile	165
Bipala o tripala?	166
Legno, plastica o carbonio?	167
Bilanciare le eliche	168
I MOTORI	169
Potenza e parametro kv	171
Configurare il setup con il computer	173
L'ESC	174
Lipo Saver? No, grazie!	176
Bec o Opto?	177

LE BATTERIE	179
I parametri fondamentali: S, mAh, C	180
IL CABLAGGIO	185
IL CERVELLO DEL QUADRICOTTERO	188
Il giroscopio	188
L'accelerometro	189
Il magnetometro	189
Il barometro	189
Scegliere la scheda	190
I SEGRETI DEL GPS	192
Angoli e distanze	193
L'importanza dell'HDOP	195
Attenzione alle frequenze video	196
Disturbi momentanei del segnale Gps	196
Trucchi e consigli	197
GIMBAL	198
Anche il gimbal ha perso le spazzole	199
Filosofie a confronto	200
Questione di motori	201
RADIOCOMANDO	202
Modo	203
Telemetria	203
FACCIAMO UN QUAD PER L'FPV	204
Potenza	205
Frame	206

# OLTRE IL MULTICOTTERO

<b>DRONI ELICOTTERO</b>	<b>212</b>
Come vola e come si pilota	212
giri costanti, passo variabile	213
Il piatto oscillante (swash plate)	214
Addio flybar	215
Efficienza e sicurezza	215
Operazioni specializzate	217
<b>DRONI AD ALA FISSA</b>	<b>218</b>
Operazioni specializzate	219
Aerodinamica	222
Profilo alare	223
Geometria dell'ala	224
Diedro alare	224
Centraggio	224
Decollo	226
Atterraggio	229
Un design di successo: il tuttala	230
Convertiplano: più dell'elicottero, oltre l'aeroplano	231
<b>DRONI DIRIGIBILI</b>	<b>232</b>
Come volano	232
I comandi	234
Cervelli per dirigibili	235
Le missioni	236
Il mercato	237
Gli stratosferici	238
Gli Aerostati	239
<b>APPENDICI</b>	
Il regolamento ENAC	242
Il Regolamento EASA	276
Sanzioni	282



## RINGRAZIAMENTI

Adolfo Peracchi (FIAM),

dott. Giuseppe Caruso (Aeromedico Esaminatore)

Marco De Francesco (Cabi Broker)

Angela Andò (revisione editoriale)

ing. Andrea Fanelli (Ali di Classe)

Carlo Cobianchi (MOVVO)

Andrea Torri e Andrea “Supradyn” Mochi