



**EASA & ENAC COMPLIANT  
AGGIORNATO AL 2024**

# MANUALE PATENTINO DRONI OPEN A2

**PER TUTTI I DRONI DI PESO >900G. E <4KG.**

Supera SUBITO e senza problemi l'esame A2 ONLINE DA CASA PROCTORED grazie alla nostra partnership con la migliore scuola UAS d'Europa!

**A CURA DI GABRIELE TURCI**

*Amministratore unico di DRONEXT SRL (dronext.eu) e autore delle guide BEST SELLERS (oltre 56.000 copie vendute) all'esame per il Patentino Droni OPEN A1/A2/A3, SPECIFIC, ZONE ROSSE e TARIFFARIO*

**COPYRIGHT:**

Questo compendio è **protetto** ai sensi delle normative vigenti sul diritto d'autore, sui brevetti e sulla proprietà intellettuale.

I marchi e le denominazioni di enti e organismi eventualmente menzionati appartengono ai rispettivi proprietari o titolari e possono essere protetti da brevetti e/o copyright concessi o registrati dalle autorità preposte.

**Ogni utilizzo non previamente autorizzato e diverso dalla fruizione personale, sarà immediatamente e senza eccezioni perseguito in tutte le opportune sedi penali e civili.**

Per eventuali richieste potrai contattarci via email all'indirizzo [info@dronext.eu](mailto:info@dronext.eu)

$$1 \text{ FT} \approx 0.30 \text{ cu}$$

$$1 \text{ NT} \text{ miglio nautico} = 1852 \text{ m}$$

$$1 \text{ RT} \text{ nodo} = 1 \text{ NT/h} = 1.8 \text{ km/h}$$



© 2024 Dronext SRL

All rights reserved

ISBN: 9791280650252



Gentile Collega, caro amico,  
ti ringrazio e ti faccio le congratulazioni per l'acquisto che hai appena effettuato! Qui troverai tutto ciò che ti occorre per superare agevolmente il test propedeutico all'ottenimento dell'**CERTIFICATO DI COMPETENZA DI PILOTA REMOTO CATEGORIA OPEN A2**

In questa guida troverai il riassunto di tutti i **CONCETTI FONDAMENTALI** richiesti dall'**Art. 19 del Regolamento UAS-IT Edizione 1 del 04/01/2021** e da **AMC1 UAS.OPEN.030(2)(c)** oltre ad un **ESERCIZIARIO COMPLETO composto da oltre 500 DOMANDE e RISPOSTE d'esame**. Potrai allenarti efficacemente per entrare in confidenza coi meccanismi del test e coi temi più frequentemente trattati.

Troverai poi le **risposte nell'Appendice a pag. 307** per controllare i tuoi risultati, capire dove hai sbagliato e cosa puoi migliorare.

In bocca al lupo a tutti dal team di Dronext.eu!!



RDW



Vaardigheidsbewijs

REMOTE PILOT CERTIFICATE OF COMPETENCY

Voornaam (First name)

**Willem G**

Achternaam (Last name)

**Visscher**

Registratienummer (Identification number)

**NLD-RP-123456789xyz**

Datum geldig tot (Expiration date)

**24-11-2025**



3 E 2122a



## Sommario

ART. 19 REGOLAMENTO UAS-IT .....	7
COME SOSTENERE L'ESAME.....	8
ACRONIMI .....	22
DEFINIZIONI.....	25
A) METEOROLOGIA .....	33
A.1 GLI EFFETTI DELLA METEOROLOGIA SUGLI UNMANNED AIRCRAFTS .....	33
A.1.a) VENTI .....	40
A.1.b) EFFETTI DELLA TEMPERATURA .....	58
A.1.c) VISIBILITÀ (IN VOLO E AL SUOLO) .....	61
A.1.d) DENSITÀ DELL'ARIA.....	84
A.2 PREVISIONI METEOROLOGICHE E COME OTTENERLE .....	91
METEOROLOGIA: ESEMPLI DI DOMANDE E RISPOSTE .....	102
B) PRESTAZIONI DI VOLO E PIANIFICAZIONE.....	151
B.1 INVILUPPO DI VOLO .....	151
LIMITAZIONI .....	168
ALA FISSA.....	170
CONFIGURAZIONI IBRIDE: CONVERTIPLANI.....	174
UAS CON SISTEMA DI PROPULSIONE IBRIDO .....	175
B.2 MASSA, EQUILIBRIO E CENTRO DI GRAVITÀ (CG) .....	177
PESI e CENTRAGGI - INFORMAZIONI GENERALI .....	178
PAYLOAD E LIMITAZIONI .....	178
PROCEDURE PER LA PESATA .....	179
REGISTRAZIONI DEL PESO E BILANCIAMENTO.....	180
CALCOLO DEL PESO E BILANCIAMENTO AL DECOLLO.....	181
B.3 PAYLOAD E FISSAGGIO .....	184
B.4 - B5) BATTERIE .....	189
TERMINOLOGIA SPECIFICA .....	189
LIMITAZIONI BATTERIE .....	190
CARICAMENTO DELLE BATTERIE.....	192



STOCCAGGIO DELLE BATTERIE.....	192
SCARICARE LE BATTERIE .....	193
CATTIVA CONDIZIONE DELLE BATTERIE .....	193
DETERMINAZIONE DELLA QUANTITA' DI CARICA DI BATTERIA .....	193
DEFINIZIONE DEI REQUISITI MINIMI DI CARICA BATTERIA .....	193
MONITORAGGIO DEL LIVELLO DI CARICA BATTERIE.....	193
REGISTRAZIONE/LOG DELLA CARICA DELLA BATTERIA .....	194
TERMINOLOGIA SPECIFICA .....	194
B) PRESTAZIONI DI VOLO E PIANIFICAZIONE: ESEMPI DI DOMANDE E RISPOSTE.....	195
C) MITIGAZIONI TECNICO-OPERATIVE E GESTIONE DEL RISCHIO A TERRA.....	233
SUBCAT. A2: ALTEZZA MASSIMA.....	261
SUBCAT. A2: DISTANZA MINIMA DI SICUREZZA DALLE PERSONE NON COINVOLTE NELLE OPERAZIONI .....	261
SUBCAT. A2: DIFFERENZE RISPETTO ALLA SUBCAT A3 .....	263
OPEN CATEGORIES: Responsabilità dell'operatore UAS .....	264
SELEZIONE DELL'AREA OPERATIVA .....	271
RISK MANAGEMENT E MATRICE DI RISCHIO .....	273
C) MITIGAZIONI TECNICO-OPERATIVE E GESTIONE DEL RISCHIO: .....	283
ESEMPI DI DOMANDE E RISPOSTE .....	283
<b>APPENDICE 1 DOMANDE E RISPOSTE CORRETTE .....</b>	<b>307</b>
<b>APPENDICE 2 MODULO AUTOCERTIFICAZIONE PARTE PRATICA .....</b>	<b>421</b>



## ART. 19 REGOLAMENTO UAS-IT

Per la conduzione di UAS per Operazioni in categoria OPEN A2 in condizioni VLOS è necessario:

a) Essere in possesso dell'Attestato di Pilota Categoria OPEN A1-A3, rilasciato a seguito del completamento di un corso online e del superamento di un esame online di cui all'articolo 21;

b) Aver completato un addestramento pratico autonomo nelle condizioni operative della sottocategoria OPEN A3 (vedi pagg 422 e SS);

c) Aver dichiarato il completamento dell'addestramento pratico autonomo di cui alla lettera b) (vedi pagg 421 e SS)

d) Aver superato un esame teorico aggiuntivo di 30 domande a risposta multipla sulle seguenti materie:

- Meteorologia
- Prestazioni di volo e pianificazione
- Mitigazioni tecnico-operative e gestione del rischio

L'esame si riterrà superato quando il punteggio raggiunto sarà uguale o maggiore di 45 punti, pari al 75% del punteggio massimo (60 punti) raggiungibile.

## ACRONIMI

AC	Aree Congestionate
ACU	Airspace Coordination Unit
AFIU	Aerodrome Flight Information Unit
AGL	Above Ground Level
AIP	Aeronautical Information Publication
ALS	Alerting Service
AM	Accountable Manager
AMC	Acceptable Means of Compliance
AMSL	(Above Mean Sea Level) quota sul livello medio del mare
ANSV	Agenzia nazionale Sicurezza del Volo
AP	UAV Ala Fissa
APR	Aeromobile a pilotaggio remoto
ARP	Aerodrome Reference Point
AS	UAV Aerostato
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
ATO	Approved Training Organisation
ATS	Air Traffic Services
ATZ	Aerodrome Traffic Zone
BVLOS	Beyond Visual Line of Sight
CA	Centro di Addestramento UAS
COA	Comando Operazioni Aeree
CTR	Controlled Traffic Region
DA	Direzione Aeroportuale
D&A	Detect & Avoid
DOA	Design Organization Approval
EASA	European Aviation Safety Agency
ESC	Electronic Speed Controller
ENAC	Ente Nazionale per l'Aviazione Civile
ENAV	Ente Nazionale Assistenza al Volo
EVLOS	Extended Visual Line of Sight
FE	Flight Examiner
FI	Flight Instructor
FIR	Flight Information Region
FIS	Flight Information Service
FL	Flight Level
FPV	First Person View
G	GOLF (classe)
GCS	Ground Control Station

HC

MC

AP  
AS

GDPR	Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati
GPS	Global Positioning System
HC	UAV Elicottero
HP	Home Point
HRP	Heliport Reference Point
HT	Head of Training
ICAO	International Civil Aviation Organization
IFR	Instrumental Flight Rules
IMU	Inertial Measurement Unit
ISA	International Standard Atmosphere
JARUS	Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems
LIDAR	Light Detection and Ranging
LiPo	Lithium Polymer
LOS	Line of Sight
LUC	Light Uas Operator Certificate
MC	UAV multicottero
METAR	Aviation Routine Weather Report
MOD	Massa Operativa al Decollo
MTOM	Maximum structural Take-Off Mass
MTOW	Maximum Take-Off Weight
NFZ	No Fly Zone
NM	Miglio nautico (Nautical Mile)
NOF	(Notam Office), Ufficio Notam
NOTAM	Notice To Airmen
OAT	Outside Air Temperature
OEV	Operatore E-Vlos
OS	Operazioni Specializzate
OSS	Osservatore UAS
PSA	Piano di Sviluppo Aeroportuale
RC	Radio Controller
RPA	Remotely Piloted Aircraft
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
RPS	Remote Pilot Station
RSCCAM	Reparto Servizio Coordinamento e Controllo Aeronautica Militare
RTH	Return To Home
SAPR	Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto
S&A	Sense & Avoid
SM	Safety Manager
SMS	Safety Management System
SNA	Servizi di Navigazione Aerea
SORA	Specific Operations Risk Assessment
sUAS	Small Unmanned Aircraft System
TM	Technical Manager



TMA	Terminal Control Area
TRA	Temporary Reserved Area
TSA	Temporary Segregated Area
TWR	Torre di Controllo aeroportuale
UA	Unmanned Aircraft
UAS	Unmanned Aircraft System
UAV	Unmanned Aircraft Vehicle
UIR	Upper Information region
VFR	Visual Flight Rules
VMC	Visual Meteorological Conditions
VLOS	Visual Line of Sight
VTOL	Vertical Take-Off and Landing



## DEFINIZIONI

**Acceptable Means of Compliance (AMC):** standard non vincolanti adottati da EASA per illustrare i metodi per stabilire la conformità con il Regolamento

**"ACU" (Airspace Coordination Unit):** nucleo di coordinamento operativo per l'uso dello spazio aereo a carattere temporaneo;

**Aerodrome Reference Point (ARP):** il punto di riferimento aeroportuale, ovvero la posizione geografica designata di un aeroporto, come stabilito da ENAC e pubblicato in AIP Italia

**Aerodrome Traffic Zone (ATZ):** Zona di traffico di aeroporto, spazio aereo di dimensioni definite, istituito intorno ad un aeroporto, per la protezione del traffico aereo di aeroporto

**Aeromodellista:** persona che è ai comandi di un aeromodello

**Aeromobile a Pilotaggio Remoto (APR):** mezzo aereo a pilotaggio remoto senza persone a bordo. Indica la sola parte volante (ossia il drone in sé e non anche radiocomando o altre componenti)

**Aeromobile giocattolo:** aeromobile senza pilota progettato o destinato, in modo esclusivo o meno, ad essere usato ai fini di gioco da bambini di età inferiore ai 14 anni. Deve essere conforme alla Direttiva 2009/48/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla sicurezza dei giocattoli

**Aeromodello:** dispositivo aereo a pilotaggio remoto, senza persone a bordo, impiegato esclusivamente per scopi ricreativi e sportivi, non dotato di equipaggiamenti che ne permettano un volo autonomo, e che vola sotto il controllo visivo diretto e costante dell'aeromodellista, senza l'ausilio di aiuti visivi

**Aeronautical Information Publication (AIP):** pubblicazione ENAV contenente tutte le informazioni aeronautiche di carattere durevole essenziali per la navigazione aerea

**Aerostato (As):** dirigibile

**Airspace Coordination Unit:** nucleo di coordinamento operativo per l'uso dello spazio aereo a carattere temporaneo

**Above Ground Level (AGL):** quota sopra il livello del terreno

**Ala rotante (indicata anche con "MC", Multicopter):** droni dotati di due o più eliche che forniscono la spinta necessaria al volo



**Ala fissa (indicata anche con "AP"):** droni dotati di ali similari a quelle degli aerei tradizionali, dotati, di norma, di una sola elica anteriore o posteriore

**Area di buffer:** area intorno a quella delle operazioni, stabilita per garantire i livelli di safety applicabili per la tipologia di operazioni. Tale area deve avere caratteristiche analoghe a quella delle operazioni, l'adeguatezza delle sue dimensioni è determinata attraverso la valutazione dei possibili comportamenti del UAV in caso di malfunzionamenti

**Area di terra controllata:** l'area di terra in cui viene utilizzato l'UAS e all'interno della quale l'operatore UAS può garantire che siano presenti solo le persone coinvolte

**Assembramenti di persone:** raduni in cui le persone non sono in grado di disperdersi a causa della densità dei presenti

**Aree congestionate:** aree o agglomerati usati come zone residenziali, industriali, commerciali, sportive e in generale aree dove si possono avere assembramenti, anche temporanei, di persone

**Attività di ricerca e sviluppo:** consente lo svolgimento di attività di ricerca pura o finalizzata alla verifica di determinate concezioni di progetto del SAPR o di nuovi equipaggiamenti, nuove installazioni, tecniche di impiego o nuovi concetti operativi

**Baricentro:** Il baricentro del velivolo è per definizione il punto di applicazione della forza peso

**Beyond Visual Line Of Sight (BVLOS):** operazioni nelle quali il pilota remoto o l'osservatore SAPR non usa il contatto visivo per la condotta del volo.

**Brushed:** Motore elettrico a spazzole tipicamente usato nei droni più piccoli ed economici

**Brushless:** motori senza spazzole. Offrono una minore resistenza meccanica, una maggiore durata e l'assenza di scintille dovute all'attrito

**Centro di gravità (CG):** Il CG può essere considerato un punto in cui si concentra tutto il peso del UAV

**Certificato di operatore di UAS leggero (Light UAS operator certificate oppure LUC):** certificato rilasciato da un'autorità competente a un operatore UAS

**Certified Category:** categoria di operazioni che prevedono il sorvolo di assembramenti di persone; il trasporto di persone; il trasporto di merci pericolose che può comportare un rischio elevato per terzi in caso di incidente



**Codice identificativo QR (QR CODE):** codice digitale stampabile da applicare sul UAV e sulla GCS ai fini dell'identificazione

**Controlled Traffic Region (CTR):** spazio aereo controllato

**Design Organization Approval (DOA):** certificazione relativa alle aziende aeronautiche di progettazione

**D-Flight:** portale dedicato agli operatori SAPR per la fornitura dei servizi di registrazione, geo-consapevolezza, identificazione a distanza e pubblicazione delle informazioni sulle zone geografiche

**Detect & Avoid (D&A) o Sense and Avoid (S&A):** capacità del pilota di evitare collisioni a terra con veicoli ed aeromobili, e collisioni in volo con altri utilizzatori dello spazio aereo, di rispettare le regole dell'aria, di evitare collisioni con il terreno, di evitare condizioni meteorologiche avverse, di rispettare i segnali visivi e di mantenere la pertinente visibilità e distanza dalle nubi

**D-Flight:** portale dedicato agli operatori UAS per la fornitura dei servizi di registrazione, di dichiarazione, di geo-consapevolezza, di identificazione a distanza e di replicazione delle informazioni sulle zone geografiche. Link: <https://www.d-flight.it>

**Electronic Speed Controller (ESC):** componente elettronico in grado di garantire il corretto funzionamento dei motori del drone

**Extended Visual Line Of Sight (EVLOS):** operazioni condotte in aree le cui dimensioni superano i limiti delle condizioni VLOS e per le quali i requisiti del VLOS sono soddisfatti con l'uso di metodi alternativi

**Firmware:** Software di controllo e gestione di un dispositivo (drone e/o radiocomando)

**Flight controller:** centralina di bordo che rappresenta il sistema di automatico di pilotaggio del drone. Elabora i dati di volo e si occupa, di mantenere il drone in assetto stabile durante il volo

**Flight Information Region (FIR):** uno spazio aereo di determinate dimensioni, entro cui vengono forniti il Servizio Informazioni Volo (FIS) e il servizio di allarme (ALS - alerting service)

**First Person View (FPV):** pilotaggio di un drone attraverso la visuale diretta data videocamera attraverso visori appositi

**Follow Me:** una modalità di funzionamento di un UAS in cui l'aeromobile senza equipaggio segue il pilota remoto entro un raggio prestabilito

**G (GOLF):** Classe di spazio aereo non controllato



**Geo-consapevolezza:** una funzione che rileva potenziali violazioni delle limitazioni dello spazio aereo e invia un segnale di allarme al pilota remoto, affinché possa adottare misure immediate ed efficaci per evitare tale violazione

**Ground Control Station (GCS):** sistema di controllo del drone ovvero radiocomando + schermo + eventuale antenna + eventuale laptop etc.

**Global Positioning System (GPS):** Sistema satellitare di posizionamento a livello globale

**HeliCopter (HC):** elicotteri (aeromodello). Il volo è assicurato dalla azione combinata dei rotori (principale e di coda)

**Hovering:** volo a velocità nulla e quota costante di un drone. Consiste nello stazionamento in volo ad una quota (altitudine) fissa

**Home Point (HP):** Punto impostato per il ritorno automatico del drone in caso di perdita del segnale radio (o attivata manualmente dal pilota)

**Identificazione diretta a distanza:** un sistema che garantisce la trasmissione locale di informazioni relative ad un aeromobile senza equipaggio in esercizio, compresa la marcatura dell'aeromobile senza equipaggio, in modo che tali informazioni possano essere ottenute senza accesso fisico agli aeromobili senza equipaggio

**Inertial Measurement Unit (IMU):** insieme delle componenti elettroniche fondamentali per il funzionamento del drone (antenne GPS, giroscopi, accelerometri, barometri, strumenti di misurazioni inerziali, etc.)

**Indoor:** spazio confinato all'interno di luoghi chiusi

**Instrumental Flight Rules (IFR):** insieme delle regole necessarie e sufficienti per il volo strumentale di un aeromobile/UAS

**International Standard Atmosphere (ISA):** insieme degli standard utilizzati per la taratura degli strumenti a livello del mare

**Light Detection And Ranging (LIDAR):** sistema di rilevamento tramite impulso laser, che permette di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie

**Line Of Sight (LOS):** visuale di volo del drone ossia la visione diretta

**Lithium Polymer (LiPo):** tipologia di batteria ricaricabile molto comunemente usata sugli UAS

**Massa operativa al decollo (MOD) oppure Maximum take off mass (MTOM) oppure Maximum Take-Off Weight (MTOW):** valore di massa al decollo del UAV o dell'aeromodello in configurazione operativa, incluso il pay load (apparecchiature e installazioni necessarie per lo svolgimento delle operazioni previste) e le batterie. Peso da



non superare così da evitare potenziali danni strutturali e una diminuzione delle prestazioni del velivolo nella fase di decollo

**Merci pericolose:** articoli o sostanze in grado di costituire un rischio per la salute, la sicurezza, i beni materiali o l'ambiente in caso di incidente

**Mode:** Sui radiocomandi, le 4 configurazioni possibili degli stick per il controllo di volo primari: acceleratore, beccheggio, rollio e imbardata

**Notice To Airmen (NOTAM):** è un avviso depositato presso un'autorità aeronautica per avvisare i piloti di potenziali pericoli lungo una rotta di volo o in un luogo che potrebbe compromettere la sicurezza del volo

**No-Fly Zone (NFZ):** zona in cui non è consentito volare con il drone

**Open category:** categoria aperta introdotta dal regolamento Europeo. Le operazioni UAS in tale categoria sono quelle considerate a minor rischio intrinseco e, in quanto tali, non sono soggette ad autorizzazione preventiva né ad una dichiarazione operativa da parte dell'operatore UAS prima che l'operazione abbia luogo

**Operatore UAS:** figura professionale che si assume le responsabilità che derivano dalle norme in vigore

**Operazione autonoma:** operazione durante la quale un aeromobile senza equipaggio opera senza che il pilota remoto sia in grado di intervenire

**Osservatore UA:** persona designata dall'operatore che, anche attraverso l'osservazione visiva dell'aeromobile a pilotaggio remoto, può assistere il pilota remoto nella condotta del volo

**Payload:** peso complessivo che l'UAV deve sollevare dal terreno, dato dalla somma del peso del velivolo stesso (telaio, componenti elettriche, etc.) e da eventuali carichi presenti (ivi compresi il sensore, la macchina fotografica o un altro dispositivo aggiunto al drone per svolgere una specifica attività)

**Persone non coinvolte:** persone che non partecipano all'operazione UAS o che non sono a conoscenza delle istruzioni e delle precauzioni di sicurezza fornite dall'operatore UAS

**Pilota remoto:** persona responsabile della condotta del volo degli APR che manovra manualmente i comandi di volo o, se l'UAV è in volo automatico, controlla la rotta mantenendosi in condizione di intervenire e modificare la stessa in qualsiasi momento

**Pubblicazione di informazioni aeronautiche (Aeronautical Information Publication – AIP):** pubblicazione edita da ENAV SpA ([www.enaiv.it](http://www.enaiv.it)), contenente le informazioni aeronautiche di carattere durevole essenziali per la navigazione aerea

MOD → Valore di MASSA al DECOLLO COMPRESO PAYLOAD



**Punto di riferimento aeroportuale (Aerodrome Reference Point – ARP):** la posizione geografica designata di un aeroporto civile o militare aperto al traffico civile. Disponibile sul sito d-flight

**Punto di riferimento di eliporto (Heliport Reference Point – HRP):** la posizione designata di un eliporto o di un luogo di atterraggio

**Radio Controller (RC):** dispositivo con cui si comanda il volo del drone normalmente collegato ad uno smartphone o ad un tablet

**Remotely Piloted Aircraft (RPA):** indica il drone in senso stretto. Equivalente di UAV o APR

**Remotely Piloted Aircraft System (RPAS):** indica sistema a pilotaggio remote nel suo complesso. Equivalente di UAS o SAPR

**Remote Pilot Station (RPS):** indica il radiocomando. Equivalente di GC o GCS

**Restrizione dello spazio aereo:** volume definito di spazio aereo entro il quale possono essere eseguite, in vario modo, attività pericolose per i voli o per gli aeromobili in ore determinate (“zona pericolosa”); ovvero spazio aereo al di sopra della terraferma o delle acque territoriali di uno Stato, entro il quale il volo degli aeromobili è subordinato al rispetto di specifiche condizioni (“zona regolamentata”); ovvero spazio aereo al di sopra della terraferma o delle acque territoriali di uno Stato, entro il quale il volo degli aeromobili è vietato (“zona vietata”)

**Return To Home:** Procedura automatica di rientro del drone in caso di perdita del segnale o attivata manualmente dal pilota

**Riserva di spazio aereo:** volume definito di spazio aereo temporaneamente riservato all’uso esclusivo o specifico di determinate categorie di utenti

**Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto (SAPR):** mezzo aereo senza persone a bordo, controllato da un pilota remoto. Equivalente dell’odierno UAS

**Safety:** Sicurezza, intesa come l’insieme di norme, accorgimenti e tecnologie atte a mantenere a un livello accettabile il rischio di creare danni a persone, animali e cose. Un processo continuo che non riguarda solo le operazioni di volo vere e proprie ma anche i servizi della sicurezza aerea, la formazione, la certificazione, gli aerodromi e persino le imprese che lavorano alla costruzione e manutenzione degli aeroporti

**Security:** Sicurezza, intesa come prevenzione degli atti volontari che possano mettere in pericolo la sicurezza di persone, animali e cose, con particolare riguardo alla sicurezza dell’aviazione civile



**Sedime aeroportuale:** insieme delle aree destinate a soddisfare le finalità pubbliche del trasporto aereo, così come individuate nel Piano di Sviluppo Aeroportuale (PSA)

**See and avoid:** la capacità del pilota, tramite visione diretta, di evitare collisioni a terra con veicoli ed aeromobili, in volo con altri utilizzatori dello spazio aereo, di rispettare le regole dell’aria, di evitare condizioni meteorologiche avverse, di riconoscere segnali visivi, di mantenere la pertinente distanza dalle nubi

**Sistema automatico:** UAS in grado di svolgere tutta la missione, o parte di essa, in base ad un programma preimpostato dal pilota prima o durante il volo. Il pilota mantiene comunque il controllo del mezzo e può intervenire in tempo reale per riassumerne il controllo

**SORA:** linea guida, sviluppata dal Working Group 6 del JARUS, che definisce una metodologia di valutazione del rischio per stabilire che un’operazione con UAS possa essere condotta con un adeguato livello di sicurezza. Il documento è reperibile al seguente link: <http://jarus-rpas.org/publications>

**Spazio aereo:** spazio in cui si svolge la navigazione aerea

**Spazio aereo controllato:** spazio aereo e aree definite all’interno delle quali viene fornito il servizio di controllo del traffico aereo (ATC) secondo la classificazione da A (il più restrittivo) a E

**Spazio aereo non controllato:** non viene fornito il servizio di controllo del traffico aereo (ATC) ma solo quello di allarme e informazioni

**Specific category:** categoria specifica introdotta dal regolamento Europeo. Le operazioni UAS in tale categoria sono tutte quelle per le quali non possono essere rispettati i limiti delle Open Categories

**Small Unmanned Aircraft System (sUAS):** droni di peso limitato e dimensioni ridotte

**Temporary Segregated Area/Temporary Reserved Area (TSA/TRA):** spazio aereo di dimensioni definite entro il quale si svolgono attività che richiedono la riserva di spazio aereo destinato all’esclusivo uso di specifici utenti durante un determinato periodo di tempo.

**To be seen:** la proprietà di un UAV per le sue dimensioni e caratteristiche di essere avvistato analoga a quelle di un aeromobile con pilota a bordo ai fini del rispetto delle regole dell’aria

**U-SPACE:** Un insieme di servizi e procedure specifiche progettate per supportare l’accesso sicuro, efficiente, automatizzato e protetto allo spazio aereo per un gran numero di droni

**Visual Flight Rules (VFR):** regole necessarie e sufficienti per il volo a vista di un drone

**Visual Line Of Sight (VLOS):** operazioni condotte entro una distanza, sia orizzontale che verticale, tale per cui il pilota remoto è in grado di mantenere il contatto visivo continuativo con il mezzo aereo, senza aiuto di strumenti per aumentare la vista, tale da consentirgli un controllo diretto del mezzo per gestire il volo, mantenere le separazioni ed evitare collisioni

**Visual Meteorological Conditions (VMC):** condizioni meteo per volare in condizioni di VFR

**Vertical Take-Off and Landing (VTOL):** velivolo in grado di decollare e atterrare verticalmente

**Zona "cross border" (CBA):** una restrizione od una riserva di spazio aereo stabilita al di sopra di confini internazionali destinata a specifiche attività operative

**Zona geografica unica dell'UAS:** una porzione di spazio aereo stabilita dall'autorità competente che agevola, limita o esclude le operazioni UAS al fine di far fronte ai rischi connessi alla sicurezza, alla riservatezza, alla protezione dei dati personali, alla sicurezza o all'ambiente derivanti dalle operazioni UAS

**Zona pericolosa (D - Danger Area):** Spazio aereo di dimensioni definite all'interno del quale possono sussistere, in periodi di tempo specificati, attività pericolose per il volo dell'aeromobile

**Zona regolamentata (R - Restricted Area):** Spazio aereo di dimensioni definite, al di sopra del territorio o delle acque territoriali di uno Stato, all'interno del quale il volo degli aeromobili è subordinato al rispetto di specifiche condizioni

**Zona temporaneamente riservata (TRA – Temporary Reserved Area):** Volume definito di spazio aereo, normalmente sotto la giurisdizione di un'autorità aeronautica e temporaneamente riservato per un uso specifico da parte di un'altra autorità aeronautica, nel quale può essere consentito il transito tramite un'autorizzazione ATC

**Zona temporaneamente segregata (TSA – Temporary Segregated Area):** Spazio aereo di definite dimensioni, normalmente sotto la giurisdizione di un'Autorità Aeronautica, temporaneamente segregato, mediante un comune accordo, per l'uso specifico da parte di un'altra Autorità Aeronautica ed attraverso il quale il transito di altro traffico non è consentito

**Zona vietata (P - Prohibited Area):** Spazio aereo di dimensioni definite, al di sopra del territorio o delle acque territoriali di uno Stato, entro il quale il volo degli aeromobili è vietato.

TEMPERATURA  
UMIDITÀ  
PRESSIONE  
VENTO  
PARAMETRI

## A) METEOROLOGIA

SCIENZA CHE STUDIA I FENOMENI FISICI DELL'ATMOSFERA  
A.1 GLI EFFETTI DELLA METEOROLOGIA SUGLI UNMANNED AIRCRAFTS (TROPOSFERA)

La meteorologia (dal greco μετεωρολογία, letteralmente "studio dei fenomeni celesti") è il ramo delle scienze dell'atmosfera e della Terra che studia i fenomeni fisici che avvengono nell'atmosfera terrestre (troposfera) e responsabili del tempo atmosferico (con la tipica alternanza di caldo/freddo, bel tempo/pioggia, tempeste/brezze etc..)



In particolare lo studio dell'atmosfera è lo studio sia sperimentale dei suoi parametri fondamentali (temperatura dell'aria, umidità atmosferica, pressione atmosferica, radiazione solare, vento), attraverso l'uso di osservazioni e misurazioni dirette e indirette a mezzo di stazioni meteorologiche, palloni, sonde, razzi e satelliti meteorologici equipaggiati della necessaria strumentazione, sia teorico, facente cioè uso dell'astrazione propria del linguaggio della fisica matematica per la quantificazione delle leggi fisiche o processi (appartenenti alla fisica dell'atmosfera) che intercorrono tra essi.

I due approcci confluiscono nel risultato finale ovvero l'ideazione, l'implementazione e l'inizializzazione di modelli matematici in grado di ottenere una previsione o prognosi a breve scadenza dei vari fenomeni atmosferici (nubi, perturbazioni, vento, precipitazioni tramite i cosiddetti modelli meteorologici) su un dato territorio (previsione del tempo).

Gli oggetti che cadono dal cielo più frequentemente sul nostro pianeta sono le **idrometeore**, vale a dire particelle costituite da acqua nella sua forma liquida (**pioggia**) o solida (**neve, cristalli di ghiaccio, grandine o neve tonda**).

Dopo le prime intuizioni dei greci si è dovuto attendere fino alla seconda metà del XX secolo quando, con l'arrivo dei calcolatori elettronici, l'uomo ha avuto la possibilità di eseguire in un tempo ragionevole le tante operazioni di calcolo che caratterizzano l'elaborazione a mezzo di un modello meteorologico.

**Nell'ambito della Meteorologia si studiano sia fenomeni di breve durata, sia l'andamento medio del meteo nell'ambito di una regione in un certo lasso temporale.** Questa scienza ha infatti l'obiettivo di **misurare dati istantanei e fornire previsioni su determinati eventi futuri, ma anche quello di registrare l'andamento climatico osservando i parametri atmosferici sul lungo periodo.**

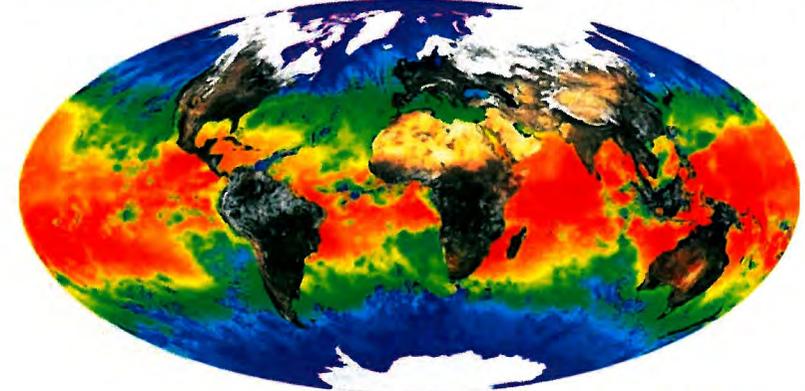
Tuttavia occorre sottolineare che mentre **il tempo atmosferico** è definito come l'insieme delle condizioni atmosferiche in un certo istante temporale su un dato territorio, il **Clima** invece è l'insieme delle condizioni meteorologiche medie di un territorio su di un arco temporale di almeno 30 anni, come stabilito dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM), per cui talune analisi che si riferiscono in primis all'ambito meteorologico non possono essere estese all'ambito climatologico essendo questo una media statistica sul lungo periodo. **La disciplina che si occupa invece dello studio del clima è la climatologia.**

**La Meteorologia ha come finalità ultima la comprensione dei fenomeni atmosferici a breve scadenza con relativa previsione,** la climatologia studia invece i processi dinamici che modificano le condizioni atmosferiche medie a lunga scadenza come ad esempio i cambiamenti climatici.

## FENOMENI ATMOSFERICI

- REDISTRIBUZIONE DEL CALORE - VENTI
- PROCESSI ACQUA DELL'ACQUA - EVAPORAZIONE
- ELETTRICITÀ ATMOSFERICA - FULMINI

MODI CONVISTIVI



ATMOSFERA → SISTEMA FLUIDODINAMICO

### Principali fenomeni meteorologici

L'atmosfera terrestre è un **gigantesco sistema fluidodinamico**, accoppiato con il sistema oceanico, la biosfera e la criosfera, e mosso da una sorgente di energia termica sotto forma di radiazioni che è il Sole. **La natura dinamica e intrinsecamente caotica o turbolenta dell'atmosfera si esplica attraverso la circolazione generale dell'atmosfera e una serie innumerevole di fenomeni atmosferici che quotidianamente osserviamo.** Gran parte di questi fenomeni possono essere inclusi in tre grandi categorie di processi:

- **i processi di redistribuzione del calore**, sia in verticale attraverso il trasferimento radiativo e convettivo, sia in orizzontale (a piccola, media e larga scala) attraverso i venti e la circolazione generale dell'atmosfera.
- **i processi atmosferici coinvolti nel ciclo dell'acqua**, innescati a loro volta dai processi radiativi, quali evaporazione, condensazione, nubi, precipitazioni e i fenomeni perturbativi ad essi associati (a piccola, media e larga scala) quali fronti meteorologici, cicloni extratropicali, cicloni tropicali, temporali, rovesci, tornado ecc.
- **i processi legati all'elettricità atmosferica**, come i fulmini.

Le prime due categorie di processi sono intimamente connesse giacché evaporazione, condensazione e formazioni cicloniche contribuiscono anch'esse al trasporto dell'energia nel sistema sia in verticale che in orizzontale e allo stesso tempo da essi innescati.

## Strumentazioni

L'uomo ha anche costruito nuovi strumenti per osservare le varie interazioni; i seguenti strumenti sono stati approvati dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) e vengono utilizzati in ogni stazione meteorologica mondiale:

- radiometri e scatterometri localizzati su satelliti meteorologici misurano l'energia elettromagnetica reirradiata dal pianeta verso lo spazio esterno, fornendo quindi un'immagine dello stato dell'atmosfera e della presenza di nuvole
- termometri (es. a minima e massima), per la misurazione della temperatura;
- igrometri, per la misurazione dell'umidità;
- psicrometri, per la misurazione dell'umidità;
- termoigrometri, per la registrazione della temperatura e dell'umidità;
- pluviometri/pluviografi, per la misurazione delle quantità di pioggia;
- nivometri (per la misurazione dell'accumulo di neve al suolo);
- anemometri, per la misurazione della forza e della direzione dei venti;
- palloni sonda per radiosondaggi: attraversano verticalmente l'atmosfera per ottenere profili verticali di pressione, temperatura, umidità e vento (sono per ora la principale fonte di dati per i modelli meteorologici);
- boe galleggianti e navi meteorologiche, per l'osservazione delle condizioni meteorologiche in mare aperto;
- radar meteorologici. Irradiano energia elettromagnetica e ricavano informazioni sull'atmosfera analizzando le caratteristiche del segnale da essa riflesso. Sono utilizzati per individuare eventi di precipitazione, stimarne l'entità e prevederne l'evoluzione a breve termine (NOWCASTING), e in alcuni casi per sondare la struttura interna delle nubi. Possono essere installati a terra o su satellite. Due particolari classi di radar utili in meteorologia sono le seguenti:
- satelliti meteorologici, cioè satelliti che ruotano attorno alla terra per inviare al suolo immagini del movimento delle nubi e le mappe della temperatura. I satelliti si dividono in geostazionari e a orbita polare. Si possono visualizzare le immagini dei satelliti su molti siti web.



## Ambiti di studio

All'interno della disciplina vi sono vari ambiti di studio:

- la **meteorologia sinottica** che studia in maniera qualitativa e quantitativa l'evoluzione delle condizioni atmosferiche di vaste porzioni dell'atmosfera stessa (superiori ai 1000 km) tramite l'uso di carte meteo, nozioni empiriche, metodo delle analogie ecc.
- la **meteorologia dinamica** che, partendo dalle equazioni di base della fluidodinamica, cerca di spiegare formazione e sviluppo dei fenomeni osservati (detta anche meteorologia fisica o teorica).
- la **modellistica meteorologica**, si occupa di definire e affinare i modelli numerici di previsione meteorologica
- la **meteorologia satellitare**, che si avvale delle analisi di telerilevamento atmosferico e quindi dei relativi dati trasmessi a terra dai satelliti meteorologici come ad esempio i satelliti Meteosat.

- la **radarmeteorologia** che si avvale dei dati raccolti dai radar meteorologici dislocati sul territorio per affrontare la previsione meteo a brevissima scadenza, solitamente entro le 3 ore (NOWCASTING).
- la **meteorologia aeronautica**, che si occupa principalmente dei fenomeni rilevanti per la navigazione aerea, cioè dello studio e del monitoraggio continuo delle **condizioni meteorologiche che interessano la navigazione aerea durante l'intera fase di volo** (decollo, crociera e atterraggio). Le previsioni della meteorologia aeronautica si basano sui dati raccolti da stazioni meteorologiche dotate di strumenti come termometro, barometro, igrometro, anemometro eccetera, dai radar meteorologici e dei SODAR installati negli aeroporti e perfino sui report forniti dagli aeromobili in volo. **Il servizio in Italia è fornito dall'Aeronautica Militare e dall'ENAV.**
- la **meteorologia spaziale**;
- la **meteorologia ambientale** che studia pollini e dinamica degli inquinanti;
- l'**agrometeorologia** che studia le relazioni tra tempo atmosferico e agricoltura;

Indipendentemente dall'esperienza di volo del pilota, **i droni (o UAS, o UAV che dir si voglia), salvo rarissime eccezioni, sono macchine concepite per volare solo con il bel tempo.** La conoscenza dell'atmosfera terrestre e dei suoi comportamenti è necessaria per comprendere i principi fondamentali del volo, determinati aspetti del funzionamento dei motori e di alcuni strumenti e per evitare di imbattersi in fenomeni meteorologici pericolosi. Per questo **è indispensabile che i piloti abbiano chiaramente compreso quei fenomeni fisici che presiedono al continuo mutare del tempo meteorologico.** Solo in questo modo - ossia solo avendo una conoscenza approfondita delle modalità tramite le quali le diverse condizioni meteorologiche influiscono sulle operazioni UAS - sarà possibile garantire effettivamente la sicurezza in volo.

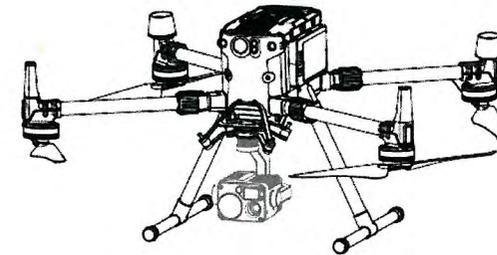
Il pilota UAS deve avere nel proprio bagaglio di conoscenze tutte le informazioni meteorologiche pre-volo e i rischi che alcuni fenomeni possono presentare per ogni tipo di operazione. Questo tipo di conoscenza contribuirà ad aumentare la consapevolezza situazionale e ad evitare, in ultima istanza il rischio derivante dal volo in condizioni avverse.

Il pilota UAS dovrà inoltre essere a conoscenza dei **limiti operativi del proprio drone** (così come riportati nel **MANUALE DI VOLO**) anche per quanto concerne le diverse condizioni meteorologiche.

# MATRICE 300 RTK

Manuale d'uso

V1.0 | 2020.05



*DRONI SOLO  
BEL TEMPO  
SALVO RARISSE  
ECCEZIONI*

**Pioggia, neve, nebbia, vento forte, turbolenze etc sono tutte condizioni meteorologiche avverse per i nostri UAS. Dobbiamo esserne consapevoli in modo da decidere quando volare e quanto rinunciare alla missione.**

Andiamo ora ad analizzare gli effetti della meteorologia sugli UA.

MOVIMENTI +/- REGOLARI  
 IN MASSE D'ARIA



A.1.a) VENTI

PREVALENTEMENTE ORIZZONTALI

I venti sono definibili come movimenti, più o meno regolari e più o meno violenti, di masse d'aria atmosferiche, diretti in senso prevalentemente orizzontale (ai movimenti in senso prevalentemente verticale si dà il nome di movimenti convettivi o di correnti verticali).

MOVIMENTI VERTICALI DELL'ARIA - MOTI CONVETTIVI

Quasi tutti i fenomeni meteorologici vengono innescati da correnti atmosferiche VERTICALI (detti anche "moti verticali" o "moti convettivi") che provocano un abbassamento della temperatura delle masse d'aria in ascesa le quali si saturano e danno origine alle nubi e in ultima istanza alle diverse tipologie di precipitazioni (pioggia, neve, grandine etc.).

Per capire meglio questo concetto basta pensare che le diverse temperature della superficie terrestre causano un diverso riscaldamento dell'aria sovrastante. Da ciò e dalle differenze di pressione, derivano i moti verticali dell'aria: l'aria più calda - e quindi meno densa - sale, mentre quella più fredda - e più densa - scende occupando il posto prima occupato dalla massa d'aria in salita. A questo punto a sua volta si scalda e inizia a salire, mentre la precedente massa si è raffreddata in fase di salita ed ha quindi iniziato la discesa.

Questo moto verticale o convettivo - costituito da una colonna d'aria in salita e una in discesa - non cesserà per tutto il periodo in cui perdurerà la differenza di riscaldamento delle varie aree del terreno.

SE NON CI FOSSERO QUONI  
 PERTURBATORI LA DIREZIONE  
 DEL VENTO COINCIDEREBBE  
 CON IL GRADIENTE DI  
 PRESSIONE

- DIREZIONE
- INTENSITA'
- FREQUENZA

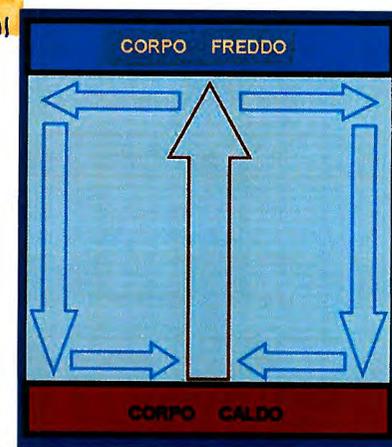
MOTI CONVETTIVI



ORIGINE NUBI  
 E PRECIPITAZIONI

ABBASSAM.  
 TEMP.

ASCESO  
 CORRENTI  
 DISCENDE.



ARIA IN  
 QUOTA

PRESSIONE  
 ORIZZONTALE

ARIA AL  
 SUOLO

VENTI

Oltre alle correnti ascendenti e discendenti, sono presenti altre due masse d'aria - una in quota e una al suolo che si muovono parallelamente al terreno. Queste ultime prendono il nome di VENTI.

Le correnti convettive causano movimenti d'aria irregolari e turbolenti sia in quota che vicino al suolo.

MOVIMENTI ORIZZONTALI DELL'ARIA - I VENTI

I movimenti delle masse d'aria che si sviluppano in orizzontale, come abbiamo visto poc'anzi, vengono chiamate venti.

I venti sono dovuti alle differenze di pressione di due punti dell'atmosfera e spirano dalle zone di alta pressione a quelle di bassa pressione per ristabilire l'equilibrio (il principio è simile a quello dei vasi comunicanti)

Il vento è provocato da differenze di pressione atmosferica ed è essenzialmente caratterizzato dalla direzione e dall'intensità, e dalla frequenza con cui queste variano. Se non vi fossero azioni perturbatrici, la direzione del vento coinciderebbe con quella del gradiente di pressione, poiché il movimento dell'aria è diretto dai punti a pressione più alta verso i punti a pressione più bassa, cioè perpendicolarmente alle isobare (vento di gradiente).

VENTI -> DOVUTI AUE DIFF. DI PRESSIONE DI  
 DUE ZONE

MUOVONO DALL'AREA DI ALTA PRESS.  
 41

VENTI PERTURBATI DA

- IRREGOLARITÀ DEL SUOLO
- FORZA ROTAZIONE TERRESTRE
- ATRITO AL SUOLO



Esistono tre notevoli cause di perturbazione: le irregolarità del suolo, la forza deviatrice dovuta alla rotazione terrestre e l'attrito (interno e al suolo). A causa di esse si hanno scostamenti più o meno sensibili della direzione del vento rispetto alla direzione del gradiente di pressione, dipendenti anche dalla latitudine, dall'altezza sul mare, dalla natura del suolo.

Il vento viene definito con un vettore che rappresenta il moto orizzontale della massa d'aria. Indica cioè una direzione ed una velocità.

La direzione è espressa mediante l'angolo di provenienza rispetto al "nord vero" sul cerchio dell'orizzonte, cerchio che prende il nome di rosa dei venti. I gradi che indicano la direzione del vento sono 360. Un vento proveniente da sud corrisponde a 180°, se proveniente da nord a 360°, da est a 90° e ad ovest a 270°.

La velocità e la direzione del vento, determinabile grazie all'ausilio di strumenti quali l'anemometro o la banderuola mostravento, o anche grazie ad apposite APP, sono informazioni essenziali ai fini di una corretta pianificazione della missione UAS.

L'intensità del vento risulta direttamente proporzionale al gradiente di pressione e, a parità di questo, dipende anch'essa dalla latitudine, dall'altezza sul mare e dalla natura del suolo. Direzione e intensità dipendono, a parità di altri fattori, anche dalla forma delle isobare. Un caso particolarmente interessante è quello delle isobare chiuse che

ISOBARE CHIUSE

CENTRO

BASSA PRESSIONE (CICLONE) - CICLOSTROFICI  
ALTA " (ANTICICLONE) - GEOSTROFICI



circondano un centro di bassa pressione (centro ciclonico) o un centro di alte pressioni (centro anticiclonico).

Ai venti di gradiente corrispondenti a isobare chiuse o comunque aventi piccolo raggio di curvatura si dà anche il nome di venti ciclostrofici, mentre quello di venti geostrofici si dà ai venti di gradiente corrispondenti a isobare parallele o comunque aventi un raggio di curvatura relativamente grande.

Nel caso sulla mappa meteorologica appaiano isobare molto vicine, ci dovremo aspettare velocità del vento molto elevate.

ISOBARE MTO VICINE -> VENTO MOLTO VELOCE

L'intensità del vento è misurata dalla sua velocità (espressa in m/s; nella pratica, anche in km/h o in nodi = 1,852 km/h); in base a essa i venti vengono classificati in vari gradi d'intensità (o anche, come spesso si dice, di forza). La scala utilizzata relativamente all'intensità, o alla forza del vento è la cd. scala di Beaufort nella quale vengono individuati 13 gradi diversi di intensità:

FORZA BEAUFORT	VELOCITÀ IN NODI	VELOCITÀ IN KM/H	DESCRIZIONE DEL VENTO	ALTEZZA DELLE ONDE IN METRI --- (Il mare è uno specchio)	ALTRI EFFETTI AMBIENTALI
0	<1	<1	Calma	---	Il fumo sale verticalmente
1	1-3	1-5	Bava di vento	0.1 (0.1)	Il fumo devia leggermente
2	4-6	6-11	Brezza leggera	0.2 (0.3)	Si muovono le foglie
3	7-10	12-19	Brezza tesa	0.6 (1)	Si agitano foglie e piccoli rami
4	11-16	20-28	Vento moderato	1 (1.5)	La polvere si solleva
5	17-21	29-38	Vento teso	2 (2.5)	Anche gli arbusti oscillano
6	22-27	39-49	Vento fresco	3 (4)	Si agitano i grandi rami, i fili sibilano
7	28-33	50-61	Vento forte	4 (5.5)	Si muovono interi alberi, difficile camminare controvento
8	34-40	62-74	Burrasca	5.5 (7.5)	Non si riesce a camminare controvento. Si spezzano i rami
9	41-47	75-88	Burrasca forte	7 (10)	Camini e tegole vengono divelti
10	48-55	89-102	Tempesta	9 (12.5)	Alberi sradicati, ingenti danni alle abitazioni
11	56-63	103-117	Tempesta violenta	11.5 (16)	Devastazioni gravi
12	64 e oltre	118 e oltre	Uragano	14 (-)	Edifici e manufatti distrutti

INTENSITÀ VENTO

IL SUOIA DOPO SUI VELOCITÀ

VELOCITÀ E DIREZIONE MISURABILI CON ANEMOMETRO E BANDERUOLA MOSTRA VENTO

INTENSITÀ VENTO -> PROPORZIONALE AL GRADIENTE DI PRESSIONE

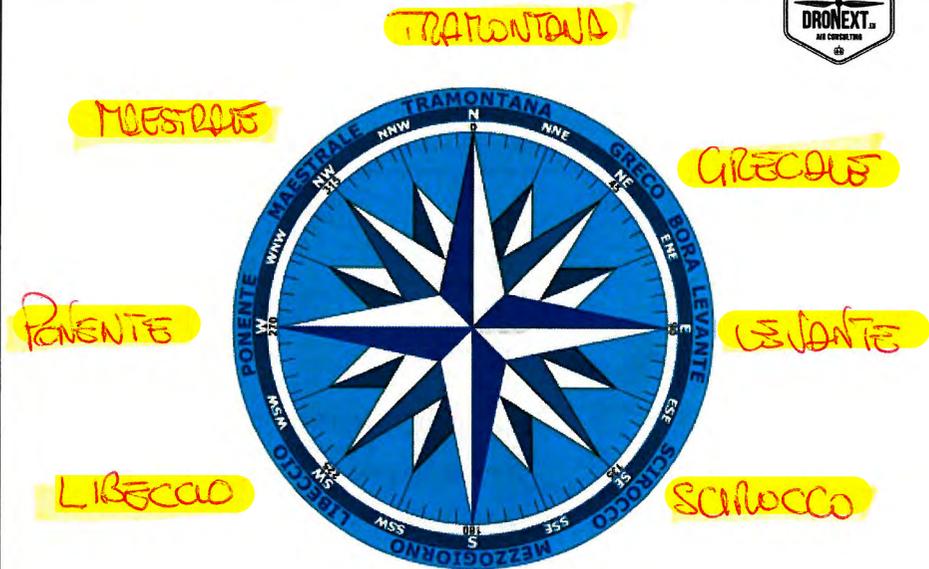
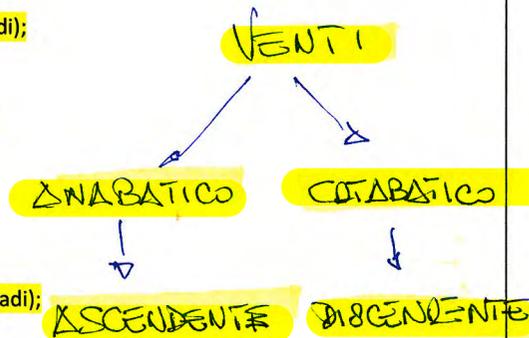
I venti possono essere anche classificati in rapporto alla loro origine:

- venti dovuti a **riscaldamenti o raffreddamenti locali** (per es., le brezze);
- venti **costanti** ossia spiranti tutto l'anno nella stessa direzione (per es. gli Alisei);
- venti periodici** dovuti a **differenze termiche tra vaste zone** (monsoni, venti di gradiente ecc.);
- venti aperiodici** dovuti a **differenze di pressione tra vaste zone** (venti ciclonici e anticiclonici);
- venti causati da altri venti** (vortici, tornado ecc.).

La velocità del vento viene misurata mediante **anemometri e anemografi**; la direzione del vento, quella cioè da cui il vento stesso spira, viene determinata mediante anemometri o anemografi muniti di **banderuola mostravento**. Viene indicata generalmente mediante il simbolo dell'ottante relativo (N, NE, E, SE ecc.); molto usate sono anche le indicazioni intermedie (N-NE, E-NE ecc.).

L'insieme delle 8 direzioni principali e intermedie costituisce la **rosa dei venti**; in questa spesso vengono anche trascritte le denominazioni locali dei venti. I venti che maggiormente caratterizzano la nostra zona sono:

- tramontana** da nord (0 gradi);
- maestrale** da nord/ovest (315 gradi);
- ponente** da ovest (270 gradi);
- libeccio** da sud/ovest (225 gradi);
- mezzogiorno** da sud 180 gradi);
- scirocco** da sud/est (135 gradi);
- levante** da est (90 gradi);
- greco o grecale** da nord/est (45 gradi);



#### Denominazioni particolari

Il **vento anabatico** è un vento locale ascendente come, per es., le brezze marine che risalgono le ripe montuose delle coste, le brezze di valle ecc.

Il **vento catabatico** è un vento costituito da **aria fredda discendente** per azione della gravità; ne è esempio la bora.

Il **vento inferiore** e il **vento superiore** sono quei venti che scorrono a quote prossime al suolo, sino a 1000 m di altezza nell'aria, o rispettivamente oltre tale altezza. I primi sono dovuti principalmente a differenze termiche del suolo e alle sue differenze di livello, i secondi sono determinati quasi esclusivamente da condizioni barometriche.

Il **vento laminare** è un vento regolare nel quale vi è scorrimento dell'aria per filetti paralleli; si sviluppa più facilmente in quota, per la lontananza degli ostacoli del terreno.

I **venti locali** sono quei venti che non hanno un nesso con la circolazione generale atmosferica, sono legati essenzialmente a un territorio e sono tipici di esso. Sono venti locali, per es., il mistral, lo scirocco ecc.

BREZZA - VENTO LEGGERO / 2-6 m/s / GRADIENTE BAROMETRICO LEGGERO



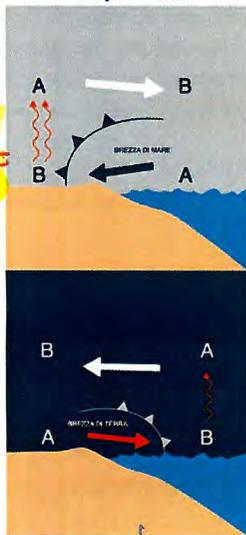
Un **vento turbolento** è un vento che presenta **variazioni continue** sia di **direzione** sia di **intensità**; fattori di turbolenza possono essere gli ostacoli del suolo o cause accidentali, come interferenze con altri venti, interposizioni di orografia accentuata e varia ecc.

**Brezza:** In generale, **vento leggero** che, nella scala internazionale di Beaufort, è caratterizzato da una velocità compresa tra 2 e 6 m/s. In particolare, vento locale e regionale di durata breve, non oltre le 12 ore, che si ripete nelle stesse ore del giorno, con regolarità, quando il **gradiente barometrico è debole**: lungo le coste marine o dei grandi laghi, la brezza di mare, che spira dal mare di giorno, e la brezza di terra, che spira da terra di notte, sono provocate dal **disuguale riscaldamento diurno, e raffreddamento notturno, della terraferma e dell'acqua.**

L'acqua ha un calore specifico superiore rispetto al terreno, in altre parole si riscalda e si raffredda più lentamente rispetto al suolo che, invece, cede più velocemente calore all'aria. Il terreno, di giorno si scalda, e riscalda l'aria che lo sovrasta e questa tende ad innalzarsi. Questo provoca un abbassamento della pressione al livello suolo, di conseguenza l'aria che si trova sopra la superficie del mare, più fresca e in una zona a pressione maggiore scivola verso la debole depressione generatasi sopra la terraferma originando un vento debole detta appunto **BREZZA DI MARE.**

CONVEZIONE / MECCANICA / ENERGIA DI FUSO (IN CHIARA)

TURBOLENZE  
 ↓  
 CAMBIANTI  
 DOWTI A RIFLETTI  
 O CORRENTI  
 ↓  
 INTENSITÀ E  
 VELOCITÀ



WIND SHEAR  
 ↓  
 VARIAZIONE  
 IMPROVISA  
 ↓  
 INTENSITÀ E  
 DIREZIONE  
 (PERICOLO DITE L'ATTEGGIO)

RAFFICHE =  
 CAMBIAN. IMPROVISA DI VELOCITÀ E DIREZIONE

IN AREE MOLTO PICCOLE



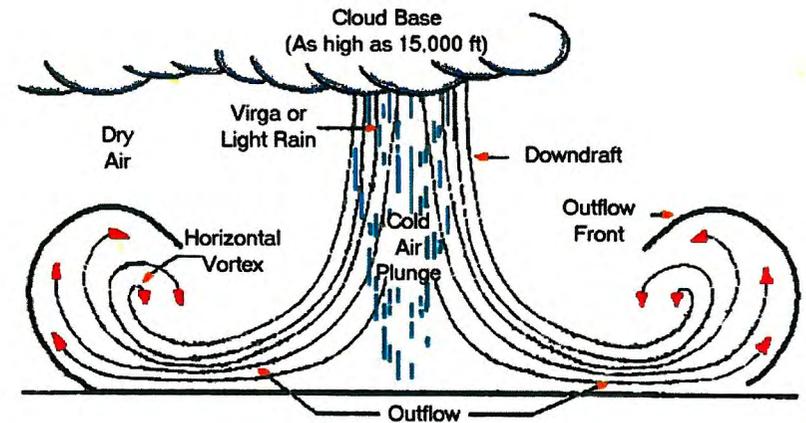
Di notte la situazione si ribalta. Il terreno si raffredda più velocemente del mare: la zona di bassa pressione si sviluppa sopra l'acqua. Ciò genera un vento dalla terraferma verso il mare, chiamato **BREZZA DI TERRA.**

WIND SHEAR → VARIAZIONE IMPROVISA DEL VENTO IN INTENSITÀ E DIREZIONE

In meteorologia aeronautica il wind shear è un fenomeno atmosferico che consiste in una **variazione improvvisa del vento in intensità e direzione.** È particolarmente **pericoloso durante la fase di atterraggio**, in quanto inganna il pilota sul corretto assetto di discesa che il velivolo deve mantenere, portando così, in alcuni casi, a terribili incidenti.

Si può parlare di wind shear solo quando la variazione del vento ha sufficiente forza da spostare un aeromobile dalla sua traiettoria, o comunque tale da richiedere un intervento da parte del pilota remoto e/o dell'IMU.

Il wind shear può verificarsi sia verticalmente sia orizzontalmente e può essere **transitorio** (ad esempio nei temporali) o **non transitorio** (come ad esempio in presenza di vento che si scontra con ostacoli fissi tipo edifici creando una corrente ascensionale di fronte all'ostacolo e una discensionale alle spalle di esso).



Il windshear è una **variazione rapida della velocità e/o direzione del vento su una distanza relativamente breve.**

Prepariamoci dunque a incontrare una corrente in salita sopravvento - anche detta "Updraft" - che spingerà in alto il nostro UAV di fronte all'ostacolo, e corrispondentemente a una corrente in discesa sottovento - anche detta "Downdraft" - alle spalle dello stesso. Questo tipo di correnti prendono il nome di **CORRENTI DINAMICHE** (e si differenziano da quelle convettive viste precedentemente).

### TURBOLENZA

**SUCCESSIONE DI RAPIDI CAMBIAMENTI DI VELOCITÀ E INTENSITÀ DOVUTI A RAFFICHE O CORRENTI**

La turbolenza è una **successione di rapidi cambiamenti di velocità o intensità del vento, dovuti a correnti o raffiche**. Provoca sobbalzi e scossoni che possono portare ad assetti inusuali e rendere l'aeromobile non controllabile.

All'interno delle nubi c'è turbolenza originata dalle correnti ascendenti connesse alla loro formazione. Nelle nubi stratiformi le correnti sono deboli, mentre nei cumuli le correnti e la turbolenza sono forti. È probabile trovare turbolenza termo convettiva dentro, sotto e vicino alle nuvole cumuliformi, mentre al di sopra l'aria è, in genere, calma. Turbolenza molto forte si incontra dentro, sotto e nelle vicinanze dei cumulonembi.

Si incontra **turbolenza anche sopra aree del suolo surriscaldate**, anche se non ci sono cumuli a segnalare. Il diverso riscaldamento di aree con capacità termica diversa (prati, strade, acqua, centri abitati ecc.), dà luogo a correnti ascendenti con velocità diverse, creando una situazione simile ad una orografia variegata.



## RAFFICHE - CAMBIAMENTI IMPROVVISI DI

### VELOCITÀ DIREZIONE DEL VENTO IN UN'AREA MOLTO PICCOLA

Le raffiche di vento sono un **cambiamento improvviso e drastico della velocità e / o della direzione del vento all'interno di un'area molto piccola**. Le raffiche di vento possono sottoporre un UAV a violente spinte verso l'alto e verso il basso, nonché a cambiamenti improvvisi nel movimento orizzontale dello stesso.

Mentre le raffiche possono verificarsi a qualsiasi altitudine, **le raffiche di vento a bassa quota sono particolarmente pericolose a causa della vicinanza dell'UAV al suolo**. Le raffiche di vento a bassa quota sono frequentemente associate a sistemi frontali transitori, tempeste, inversioni di temperatura e venti forti di livello più elevato (maggiore di 25 nodi).

Quando si vola all'interno di una valle è possibile che si generi l'effetto del Tubo di Venturi, ossia il vento si incanala tra i due ostacoli ed accelera notevolmente nella zona centrale provocando turbolenza d'attrito. Questa repentina accelerazione del vento rappresenta palesemente un pericolo per il nostro UAV.

Attenzione perché la stessa cosa può verificarsi in prossimità di due cellule temporalesche o vicino a nubi temporalesche, anche se stiamo volando in uno spazio di area serena con buona visibilità

La turbolenza può essere divisa sulla base dei fenomeni meteorologici che la originano:

- **Turbolenza convettiva** - causata da fenomeni convettivi (Temporali);
- **Meccanica** - causata dall'attrito superficiale (ostacoli artificiali o naturali a livello del suolo);
- **Turbolenza in aria chiara** - causata dall'energia del flusso d'aria.

origini  
turbolenza

TEMPORALI FENOMENI CONVETTIVI

ATTRITO COL SUOLO (OSTACOLI NAT. E ART.)

CAUSATA ENERGIA FLUSSO PER L'ARIA

Le raffiche di vento a bassa quota sono pericolose per un UAV, poiché possono **modificarne rapidamente le prestazioni e interromperne il normale assetto di volo**. Non è infatti detto che l'IMU riesca a compensare completamente e velocemente le raffiche di vento.

IL pilota deve dunque essere pronto a reagire immediatamente a questi cambiamenti per mantenere il controllo del UAV. Al fine di contrastare l'aumento della turbolenza che un UAV subisce il pilota remoto dovrà aumentarne la velocità.

L'ICAO definisce 4 livelli di turbolenza:

**LIGHT** (leggera): Lievi variazioni di quota e/o velocità, aeromobile sempre sotto controllo.

**MODERATE** (moderata): Variazioni di quota e/o velocità più marcate, aeromobile sotto controllo.

**SEVERE** (forte): Ampie variazioni di velocità e/o quota, aeromobile fuori controllo per brevissimi periodi.

**EXTREME** (estrema): Aeromobile fuori controllo e a rischio di danneggiamento strutturale.

#### MICROBURST

Il tipo più grave di raffica di vento a bassa quota, il microburst, è associato alla precipitazione convettiva nell'aria secca alla base delle nuvole.

Un tipico microburst ha un diametro orizzontale di 1-2 miglia (1,5-3 km) e una profondità nominale di 1.000 piedi (300 m). La durata di un microburst è di circa 5-10 minuti, durante i quali può produrre correnti verso il basso fino a 6.000 piedi al minuto (fpm) - circa 30 m / s - e diminuire di 30-90 nodi la velocità del vento, **impattando pesantemente sulle prestazioni dell'UAV.**



I microburst sono correnti d'aria discendenti intense e localizzate che si verificano all'interno di temporali o cumulonembi.

Il microburst può anche causare forti turbolenze e un improvviso cambio di direzione del vento. **Se si trova a volare in un microburst, L'UAV può prima sperimentare un vento frontale, seguito da una corrente verso il basso, seguita a sua volta da un vento in coda.** Ciò può causare un impatto con il suolo. Il volo nel microburst durante l'avvicinamento comporta la stessa sequenza di cambi di vento e può precludere l'atterraggio dell'UAS nell'area prevista.

È importante ricordare che le raffiche di vento **possono influenzare qualsiasi volo a qualsiasi altitudine.** Sebbene possano essere annunciate, le raffiche di vento spesso non vengono rilevate e rappresentano un silenzioso pericolo per l'aviazione. È pertanto opportuno prestare sempre la massima attenzione.

#### FRONTI

Le masse d'aria (calde o fredde) tendono a non mescolarsi tra loro. Se due masse d'aria con caratteristiche diverse vengono a contatto tra loro restano divise da una LINEA DI DISCONTINUITÀ, la cui traccia al suolo prende il nome di fronte.

Possiamo catalogare le diverse tipologie di fronti come segue:

- fronti caldi;
- fronti freddi;
- fronti occlusi;
- fronti stazionari.

La massa d'aria che si muove sopra regioni più fredde rispetto a quelle di origine prende il nome di **fronte caldo**. La massa calda - meno densa e quindi più leggera - tenderà a scivolare sopra la massa fredda, salendo gradualmente di quota e facendo sì che l'umidità che contiene condensi. Questo può dare origine a NUBI STRATIFICATE, zone di precipitazioni anche molto estese (fino a 400 km), aumento della temperatura e diminuzione della pressione.

Al contrario se la massa d'aria transita sopra regioni più calde di quelle d'origine prende il nome di **fronte freddo**. L'aria fredda "scalzerà" quella calda infiltrandosi al di sotto e sollevandola. Ciò genera una fascia di nubi cumuliformi lungo tutto il fronte causando temporali, nubi turbolente, precipitazioni violente ma meno estese (fino a 100 km). Dopo il passaggio di questo tipo di fronte la temperatura scende bruscamente, mentre la pressione dapprima decresce, mentre poi aumenta bruscamente e marcatamente.

PRECIPITAZIONE CONVETTIVA DELL'ARIA SECCA ALLA BASE DELLE NUVOLE

RAFFICHE DI VENTO A BASSA QUOTA

## VARIAZIONI DEL VENTO AL SUOLO IN PRESENZA DI OSTACOLI

I venti al suolo, ossia quelli maggiormente impattanti sui nostri UAS, si possono suddividere come segue:

- **Vento TESO:** sia velocità che direzione sono costanti.
- **Vento a RAFFICHE:** direzione pressoché costante ma velocità variabile (di almeno 10 nodi). Una raffica rappresenta in altre parole un aumento dell'intensità del vento, un breve impulso di vento ad alta velocità. Il Microburst - come abbiamo visto *supra* - è un tipo "estremizzato" di raffica di vento che può produrre forti correnti discendenti fino a 6.000 piedi al minuto (fpm). **Un UAS ad Ala Fissa risente della raffica in misura minore di un UAS multirottore.**
- **Vento TURBINOSO** o di **GROPPO:** sia velocità che direzione hanno variano continuamente ed in modo rilevante.

Nel caso di urto di correnti d'aria contro ostacoli e rilievi del terreno, si parla di **turbolenza meccanica**.

Gli ostacoli sul terreno influenzano il flusso del vento e possono rappresentare un **pericolo invisibile**. La topografia del suolo e gli edifici di grandi dimensioni possono **interrompere il flusso del vento e creare raffiche di vento che cambiano rapidamente nella direzione e nella velocità**.



Questi ostacoli possono essere rappresentati da strutture artificiali come hangar oppure da grandi ostacoli naturali come montagne, pareti ripide o canyon. L'intensità della turbolenza associata agli ostacoli al suolo dipende dalle dimensioni dell'ostacolo e dalla velocità del vento primario.

Ciò può essere pesantemente impattante sulle prestazioni di qualsiasi aeromobile e, a maggior ragione, sugli UAV.

Il vento, di qualunque tipo esso sia può influenzare il volo del UAS essenzialmente in 4 modi distinti:

1. Stabilità;
2. Autonomia;
3. Velocità;
4. Direzione;

**Il costruttore ha l'obbligo di segnalare precisamente la tolleranza al vento dell'UAV.** Se contravveniamo a tale indicazione è facile che il drone abbia problemi anche molto gravi di navigazione (come ad esempio un aumento repentino e incontrollabile della velocità, derive o impossibilità di ritornare all'home point se situato controvento).

È fondamentale per ogni pilota remoto essere consapevole che alzare l'UAV anche di poche decine di metri rispetto al suolo, può mandarlo incontro a mutazioni repentine della velocità del vento. Ciò in quanto viene meno la protezione offerta da ostacoli naturali (alberi) e artificiali (edifici) che per altro possono causare anche pericolose turbolenze e mulinelli.

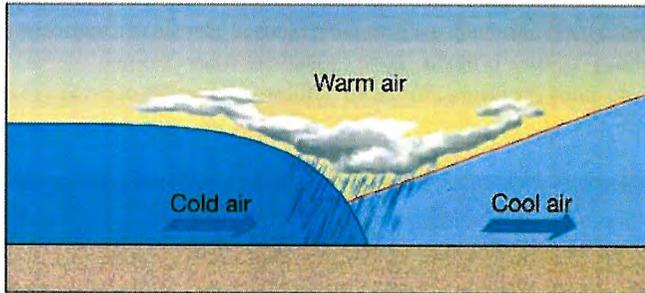
Qualora si verifichi **vento laterale** il drone potrebbe cambiare rapidamente velocità o andare alla deriva fuoriuscendo dal campo visivo del pilota remoto perdendo addirittura il segnale radio. Prestare dunque massima attenzione in situazioni analoghe.

**Un vento che soffia in senso antiorario è anche detto vento "che si restringe".**

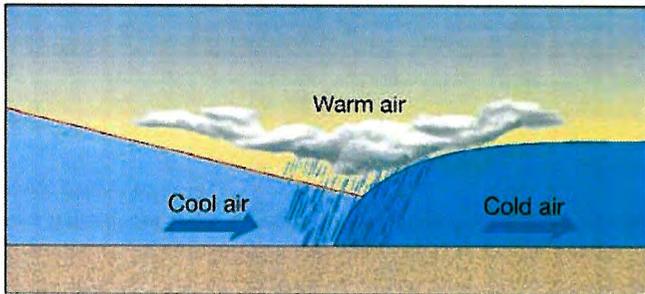
**VENTO CHE SI RESTRINGE → ROT. AUTOROTAZIONE**

Il vento ha un comportamento ben diverso a seconda se soffi in pianura, in montagna o in città, ambiente che ci interessa particolarmente da vicino dal momento **che l'A2 è il tipico scenario urbano per il volo degli UAV**. La presenza di edifici e strade infatti causa effetti di compressione e decompressione delle correnti d'aria creando turbolenze, ascendenze e discendenze che rendono caotico il movimento delle correnti, anche se il rovescio della medaglia è che gli edifici schermano le correnti, cosicché **nelle aree urbane il vento ha una velocità inferiore a quella che avrebbe nelle aree prive di ostacoli**. Volendo semplificare, volando in città potremmo aspettarci una diminuzione dell'intensità del vento e la generazione di vortici turbolenti.

In generale, non far volare il tuo aeromobile quando le forze del vento sono oltre il livello 5.



(a) Cold-type



(b) Warm-type

Se un fronte freddo si scontra con un fronte caldo, possiamo assistere ad una fusione degli stessi con la generazione di un **FRONTE OCCLUSO** che, a seconda delle masse d'arie che incontra al suo passaggio, può avere le caratteristiche sia di quello caldo che di quello freddo.

Se un fronte - sia esso caldo, freddo o occluso - si ferma, prende il nome di **FRONTE STAZIONARIO** (la cui velocità è praticamente nulla). Le due masse d'aria non entrano in contrasto ma scivolano una a fianco all'altra, il che dà origine a fenomeni non violenti ma perduranti nel tempo.

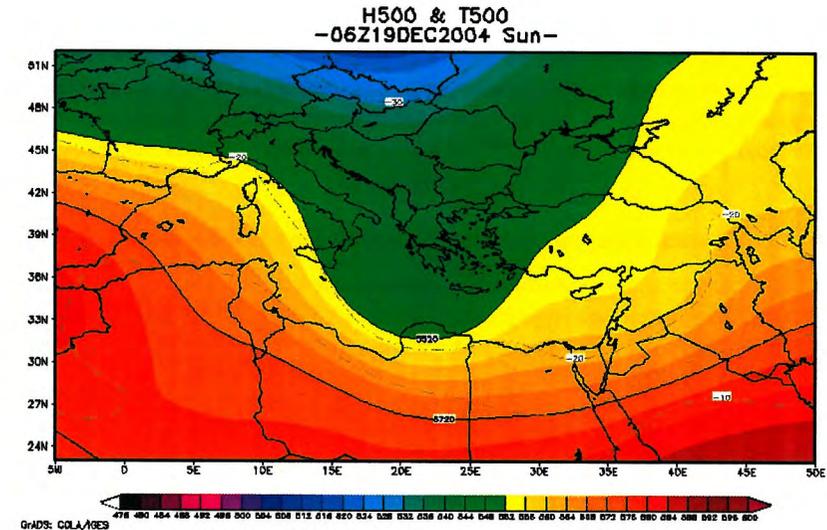
Il fenomeno della **divergenza** in meteorologia avviene sempre all'interno di un ciclone.

Il fenomeno della **subsidenza** in meteorologia avviene sempre all'interno di un'area di alta pressione

**CICLONE → DIVERGENZA**  
**ANTICICLONE → SUBSIDENZA**

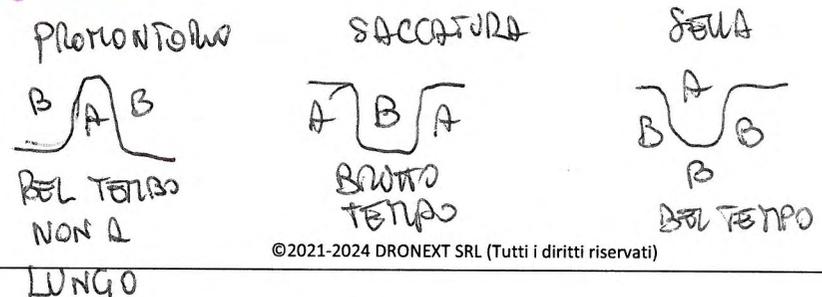
**IL PROMONTORIO** - In è un'area di alta pressione che si insinua tra due zone di bassa pressione, da Sud verso Nord. Ha una forma ad "U" rovesciata. In esso il tempo è stabile, soleggiato e con il cielo terso, ma ha una durata non sempre lunga.

Se la zona di alta pressione si insinua da Ovest verso Est allora si parla di Cuneo anticiclonico.



**LA SACCATURA** è una depressione che si "insacca" tra due figure anticicloniche. In essa abbiamo condizioni di tempo instabile e piovoso. Ha una forma ad "U". La strozzatura di una saccatura fa nascere la cosiddetta "goccia fredda"

**LA SELLA** è la zona d'unione di due basse pressioni dove generalmente il tempo è stabile e bello.





Per evitare di essere influenzati dal vento durante il volo, si consiglia di eseguire i seguenti passaggi:

1. Non volare quando la velocità del vento supera i 36 km/h (10 m/s) e non sfidare la forza del vento con il proprio drone.
2. Non volare controvento con la batteria scarica.
3. Non volare intorno ai grattacieli; Quando il vento soffia vicino a edifici alti, può provocare correnti d'aria e turbolenze impreviste.
4. Sii consapevole dello stato del velivolo quando voli ad altitudini elevate poiché la velocità del vento può variare tra alta e bassa quota.
5. In ogni caso, ricorda che alle alte quote le prestazioni dell'UAV peggiorano e che il vento può influenzare la velocità dell'UAS.
6. Sottovento agli alberi fino ad una distanza che varia in base all'intensità del vento, si generano turbolenze (in uno spazio aperto in presenza di alberi).
7. Durante il volo in AMBIENTE URBANO con presenza di vento bisogna effettuare la missione tenendo conto delle probabili turbolenze causate dal vento e, quindi, **il pilota deve valutare e tenere conto dell'intensità e delle probabili interferenze** che esso provoca.
8. L'intensità di turbolenza in ambienti suburbani è più intensa rispetto agli ambienti rurali e sono maggiori in prossimità delle superfici.
9. In ambiente urbano, il flusso d'aria può essere disturbato sino a 50 metri di altezza dalla struttura più alta.
10. I venti forti hanno la capacità di influenzare la velocità al suolo e la traiettoria di volo di un aereo senza pilota.
11. In uno scenario urbano le turbolenze possono essere generate dal vento che attraversa gli ostacoli e sono maggiori dietro le superfici attraversate dal vento. Per questo motivo il pilota remoto ne deve sempre tenere conto.
12. Il flusso separato sui lati e sottovento di un edificio può notevolmente accelerare il flusso intorno agli edifici creando contemporaneamente regioni di aspirazione e flusso inverso.
13. Quando un edificio più basso è posizionato dietro a uno significativamente più alto la scia dell'edificio più alto domina l'intera struttura scia.
14. In caso di RAFFICHE DI VENTO un UAS può volare in funzione di quanto scritto sul manuale di volo e della abilità del pilota.



15. Stai volando in uno SCENARIO MONTUOSO:

a) se c'è vento che scorre in modo turbolento sul lato sopravvento della montagna, ma sull'altro lato, sottovento, il vento segue il profilo del terreno e scorre dolcemente e sarà sempre turbolento.

b) se c'è vento che scorre dolcemente sul lato sopravvento della montagna, ma sull'altro lato, sottovento, il vento segue il profilo del terreno e può essere piuttosto turbolento.

# LE BASSE TEMP. RIDUCONO LE REAZIONI CHIMICHE

## DELE BATTERIE (MINOR PRESTAZIONI)



### A.1.b) EFFETTI DELLA TEMPERATURA

Le performance del drone e della batteria sono soggette a fattori ambientali quali la temperatura e la pressione dell'aria. Fare molta attenzione quando si vola ad altitudini maggiori ai 6000 metri sul livello del mare, in quanto le prestazioni della batteria e del drone possono risentirne.

Le basse temperature infatti rallentano le reazioni chimiche che avvengono all'interno delle batterie Li-Po, causando la diminuzione della capacità della batteria e una diminuzione globale della durata del volo (in quanto la batteria dovrà sfruttare le proprie risorse per alimentare i rotori e non quelle derivanti dalla reazione chimica)

Le alte temperature possono invece provocare indesiderati surriscaldamenti ai motori, all'elettronica ed anche al payload. Bisogna quindi prestare particolare attenzione a rimanere nei limiti fissati dal costruttore nel Manuale di Volo. Per prevenire conseguenze nefaste è opportuno, nelle giornate più calde, limitare la durata del volo e aumentare il tempo di "riposo" dell'UAS tra un volo e l'altro possibilmente in luogo fresco e ventilato o quantomeno all'ombra.

La temperatura ideale di esercizio - indipendentemente dal drone - è tra i 15 ed i 30° C.

### ACCORGIMENTI SPECIFICI PER IL VOLO A BASSE TEMPERATURE

Per minimizzare la perdita di prestazioni (e il rischio di terminare il volo in modo disastroso) esistono dei semplici ma fondamentali accorgimenti da seguire nel caso di temperature ambientali rigide:

- **Tenere le batterie in un posto caldo fino all'ultimo momento!** Si possono tenere in auto, in borse termiche (con qualcosa di caldo come uno scaldamani) o alla peggio all'interno dei vestiti! Se possibile, isolare termicamente le batterie per minimizzare l'esposizione all'aria fredda, o utilizzare dei sistemi di riscaldamento sul drone.

- **Tenere costantemente monitorato il voltaggio durante il volo.** Ancora più del solito, è importante accorgersi immediatamente di cali di tensione anomali e procedere al più presto all'atterraggio



- Il tempo di volo diminuirà inevitabilmente, **regolare i propri tempi di volo "sicuro" rispetto alle temperature più calde.** Iniziare con un numero di minuti di volo estremamente conservativo.

- **Attenzione a evitare ghiaccio e neve:** se dovessero entrare nei connettori potrebbero causare un corto circuito! Per la comparsa di ghiaccio sulla struttura UAV in volo, sono richieste due condizioni:

- L'UAV deve venire a contatto con acqua o aria molto umida, come ad esempio gocce di pioggia o nubi,
- La temperatura dell'aria deve essere di 0 ° C o inferiore.

Il raffreddamento aerodinamico può però ridurre la temperatura della struttura del velivolo a 0 ° C, anche se la temperatura ambiente è di qualche grado più alta.



CARICA BATT. FETIP. ANB. 15-25°C



- **NON caricare le batterie al freddo** per quanto possibile! Tentare di caricare sempre a temperatura ambiente (15-25° C)

- Una volta collegata la vostra batteria al drone, **non decollare a piena potenza!** Lasciare invece il drone in hovering per un minuto; questo consente a tutto il sistema di entrare in temperatura di esercizio (batteria in primis). In caso di batteria fredda, ancora prima di staccarsi da terra, lasciare il drone con i motori al minimo per almeno un minuto.

Con l'aumento della quota è doppiamente importante utilizzare la massima cautela, in quanto l'aria rarefatta d'alta quota obbliga i motori a lavorare di più, utilizzando molta più corrente.

Questo fatto, combinato con l'effetto del freddo sulle batterie, causa una durata del volo molto più corta rispetto al normale. La batteria in estate garantisce prestazioni nettamente superiori a quelle ottenute in inverno. La batteria in inverno può anche subire cali improvvisi della tensione,

Se la temperatura dell'UAS raggiunge valori fuori dai parametri previsti dal costruttore nel MANUALE DI VOLO, si corre il rischio di riscontrare problemi di batteria, problemi meccanici e problemi elettrici.

È bene essere preparati per evitare qualsiasi rischio! È sicuramente consigliabile pianificare le operazioni di volo limitandole nel tempo e prestando attenzione ai livelli della batteria durante tutto il volo. Farsi cogliere di sorpresa in questi casi comporta, nel migliore dei casi, la perdita totale del drone.

Se si tiene conto, infine, del fatto che la causa principale di riduzione della visibilità è la condensazione, **i valori della temperatura al suolo e della temperatura di rugiada sono importantissimi per verificare se la nebbia o la foschia si potranno manifestare**, e con quale intensità. Quanto più i due valori sono vicini, tanto più prossima è la saturazione dell'aria, e quindi tanto maggiori sono le probabilità che si formi nebbia o foschia.



### A.1.c) VISIBILITÀ (IN VOLO E AL SUOLO)

La visibilità si riferisce alla massima distanza orizzontale alla quale oggetti prominenti possono essere visti (e riconosciuti) ad occhio nudo da una persona con una vista normale.

La scarsa visibilità nell'ambiente di volo influirà sulla capacità del pilota di giudicare la distanza, il che può portare a far volare il drone fuori dal raggio visivo, compromettendo la sicurezza del volo.

La visibilità è attualmente segnalata in **METAR** e in **altri bollettini meteorologici aeronautici**, nonché attraverso **sistemi meteorologici automatizzati**. Le informazioni sulla visibilità, come previsto dai meteorologi, sono disponibili per il pilota durante il briefing meteorologico.

#### METAR

- KACY 190154Z 23005KT 10SM CLR M01/M12 A3027 RMK AO2 SLP249 T10061122
- Sky Condition
  - BKN055
  - SCT030
  - OVC100

Nel **VOLO A VISTA**, ossia nel VLOS è **fondamentale essere e rimanere in condizione di vedere costantemente l'UAV**. Non solo. È estremamente **importante che l'UAV possa essere individuato anche dagli altri eventuali aeromobili e dalle altre persone a terra**.

In quest'ottica ben si comprende come le diverse situazioni meteorologiche possano avere un impatto (a volte anche decisivo) sulla decisione se e come volare.

Nel VLOS è importante controllare sempre Temperatura, Pressione e Visibilità.

Durante il volo con l'UAS, una particolare attenzione dovrebbe essere prestata ad alcune condizioni, quali:

- Visibilità, direzione e velocità del vento.
- Condizioni meteorologiche pericolose, inclusi cumulonemi, formazione di ghiaccio e turbolenza.
- Temperatura dell'aria in quota (la temperatura diminuisce all'aumentare della quota).

I rischi più severi per il volo con UAS sono:

- Vento
- Turbolenza
- Pioggia
- Neve
- Tempeste solari

Fattori come vento, turbolenza, pioggia e tempeste solari sono rischi severi per un UAS. Le migliori prestazioni di volo si possono ottenere a 50 metri, con pressione atmosferica elevata, temperatura sui 15° e bassa umidità.

La situazione ideale per il volo con UAS si verifica in condizioni di alta pressione, temperatura attorno ai 15°, ridotta umidità, altezza di volo attorno ai 50 m.

Di seguito una tabella riepilogativa relativa alle diverse conseguenze di volare all'interno di una massa d'aria stabile oppure all'interno di una massa d'aria instabile

ARIA	INSTABILE	STABILE
Visibilità	Buona	Discreta - Scarsa foschia
Aria	Turbolenta	Immobile
Nubi	Convettive A sviluppo verticale	Stratificate
Precipitazioni	Brevi ed intense	Continue ma poco intense

In caso di PIOGGIA o NEVE:

Risulta del tutto evidente che alzare in volo l'UAV in condizioni di pioggia (anche leggera) o neve può provocare danni anche fatali al drone. L'elevata umidità penetrerà nei circuiti e provocherà inevitabilmente guasti all'elettronica. I sensori anticollisione smetteranno di funzionare correttamente individuando "muri" inesistenti o non rilevando ostacoli reali. Il link radio perderà di potenza e di conseguenza la portata utile diminuirà considerevolmente con rischio per altro di perdita del link e fly away. Il pilota remoto, l'osservatore ed eventuali altri aeromobili manned, avranno difficoltà nell'individuare l'UAV in volo. Le riprese effettuate col drone saranno infine inutilizzabili in quanto è sufficiente una goccia d'acqua sul sensore per rovinare completamente il girato.



Ricapitolando:

- La visuale del pilota risulta compromessa: dovendo guardare in alto avrà infatti la vista offuscata dalle gocce d'acqua o dai fiocchi di neve. Il pilota potrebbe anche essere temporaneamente "accecato" da una goccia d'acqua finita in un occhio. In ogni caso sarà estremamente difficile se non impossibile avere una corretta percezione della distanza, direzione e posizione dell'UAV. Il movimento di pioggia e neve può creare confusione e distorcere la visione, rendendo difficile sia la navigazione sia percepire altri oggetti in volo o persone al suolo.

- La **visuale dell'UAV sarà a sua volta ridotta**. Basta infatti una goccia sulla lente per offuscare irrimediabilmente le immagini riprese e trasmesse a terra. L'UAV potrebbe inoltre subire danni da acqua a meno che sia certificato **IPX4** (almeno).
- Gli eventuali **sensori anticollisione saranno facilmente messi fuori uso** e sarà alto il rischio che il drone veda ostacoli anche laddove non c'è nulla
- La luce filtrata dalla pioggia o neve rende meno evidenti le luci di posizione del UAS a un eventuale traffico manned, al pilota e agli osservatori il che renderà impossibile o quasi agire tempestivamente per evitare la collisione.

#### In caso di **FOSCHIA e NEBBIA**

La nebbia e la foschia possono provocare la perdita di contatto visivo tra pilota remoto e UAV. La condensa e l'elevata umidità possono inoltre provocare gli stessi danni cagionati da pioggia e neve dei quali abbiamo parlato nel capitolo precedente.



Nebbia e foschia riducono la visibilità (a meno di 1 km per la nebbia, tra 1 e 5 km per la foschia) ed è facile, quindi, perdere il contatto visivo con l'UAV, specialmente in caso di

nebbia a banchi, che può dare una falsa sicurezza nel pilotaggio, salvo poi veder sparire improvvisamente il drone.

La nebbia e la foschia sono inoltre composte da milioni di goccioline d'acqua le quali riflettono la luce, diminuendo ulteriormente la visibilità e sfocando e offuscando led e luci di navigazione. I riflessi così generati possono poi confondere forme e luce, rendendo difficile giudicare la distanza, l'orientamento e la rotta. Per quanto concerne i sensori anticollisione, la nebbia e la foschia possono essere davvero fatali, in quanto bagnano e appannano gli obiettivi rendendoli di fatto inutili ai fini dell'evitamento di ostacoli e degli atterraggi di precisione.

Ricapitolando:

- La **visuale del pilota risulta fortemente ridotta** e il rischio di perdere di vista il drone è massimo.
- La **visuale dell'UAV sarà a sua volta ridotta**. Le migliaia di goccioline che compongono nebbia e foschia andranno a compromettere inevitabilmente la capacità del drone di "vedere" e intaccheranno l'elettronica e gli altri apparati vitali del mezzo. L'UAV potrebbe inoltre subire danni a causa dell'elevato tasso di umidità presente nell'aria a meno che sia certificato **IPX4** (almeno).
- Gli eventuali **sensori anticollisione saranno facilmente messi fuori uso** e sarà elevato il rischio che il drone veda "muri" di nebbia o che lo stesso vada a collidere contro ostacoli non individuati

Attenzione anche a volare **SOPRA** la nebbia: in questo caso, i sensori dell'UAV potrebbero confondere la nebbia sottostante con il terreno e potrebbero dunque inviare l'input di spegnere i motori a mezz'aria.

Per questi motivi, in caso di nebbia o foschia consistente scese improvvisamente, la missione con UAS dovrebbe essere subito interrotta.

#### In caso di **GIORNATA TERSA E SOLEGGIATA:**

In questo caso bisogna cercare di volare sempre col sole alle spalle. Questo, oltre a evitare riprese "bruciate" ci mette al sicuro dalla possibilità di essere **abbagliati**. Se non ci saremo dotati di appositi occhiali ed il drone volerà in direzione del sole, lo perderemo sicuramente di vista e non saremo in grado di evitare eventuali altri aeromobili.



L'abbagliamento è definibile come "sensazione sgradevole generata da valori eccessivi di luminanza presenti all'interno del campo visivo" le cui conseguenze principali sono:

- riduzione delle prestazioni visive
- riduzione della percezione del contrasto
- riduzione della velocità di percezione
- difficoltà o impossibilità di vedere il device utilizzato come schermo (sempre consigliato l'utilizzo di un paraluce apposito per lo schermo)

Qualora perdesse di vista il drone a causa delle condizioni meteo, il pilota UAS dovrà far atterrare immediatamente l'UAV.

### VOLI NOTTURNI

Al fine di migliorare la visibilità degli aeromobili senza equipaggio durante i **VOLI NOTTURNI**, e in particolare per consentire a una persona a terra di distinguere facilmente gli aeromobili senza equipaggio da quelli con equipaggio, dovrà essere attivata una luce verde lampeggiante sugli aeromobili senza equipaggio a partire dal 1°

luglio 2022 [Punto 8 Reg. Esecutivo UE 2020/639]. Al momento devono essere utilizzate le 3 normali luci aeronautiche (rossa ant. sx, verde ant dx e bianca posteriore).



Si tenga anche presente che la visibilità al cambio dell'effemeridi varia.

### VOLI IN ALTA QUOTA E GHIACCIO

La formazione di ghiaccio sulle strutture dell'aeromobile è sempre estremamente pericolosa in quanto l'accumulo irregolare altera il profilo delle superfici portanti del velivolo, riducendo la portanza e l'aerodinamicità del UAV (aumentando quindi la resistenza).

Il tipo di ghiaccio che può depositarsi sul drone (in caso di volo a temperature inferiori a 0° in presenza di aria molto umida in prossimità di nubi stratificate) o a terra può essere **brinoso e granuloso**. Questo tipo di ghiaccio, formato da piccole gocce d'acqua che congelano, si accumula velocemente sul profilo alare e si può rimuovere.

Ghiaccio Brinoso } si decolla  
 Granuloso } visivamente  
 → si rimuove



Ghiaccio vetrone → si forma lentamente → non si toglie

In prossimità di un cumulonembo a bassa temperatura può invece formarsi il ghiaccio cd. "vetrone". Questo tipo di ghiaccio, formato da grandi gocce d'acqua che congelano, si accumula lentamente sul profilo alare e non si può rimuovere.

La pioggia gelata, combinata con temperature gelide, tende a congelare immediatamente dopo l'impatto.

### NEBBIA E FOSCHIA

La nebbia, essenzialmente, è una nube con la base a contatto del suolo e si forma ogni volta che l'aria a contatto del terreno si satura, provocando la condensazione dell'umidità in essa contenuta.

La nebbia di avvezione e la nebbia di irraggiamento sono i tipi di nebbia più comuni.

La prima si crea quando una massa d'aria umida in movimento viene a contatto con un terreno freddo, il quale fa abbassare la temperatura dell'aria fino al punto di rugiada.

La nebbia di irraggiamento invece si forma per la condensazione dell'umidità presente nella massa d'aria che si trova a contatto con un terreno che si è raffreddato per aver irraggiato il suo calore nell'atmosfera sovrastante. Questo fenomeno ha luogo ad esempio nelle notti d'inverno quando il cielo è particolarmente sereno e quindi favorisce la dispersione del calore assorbito dal terreno.

Per evitare di farsi sorprendere da questo pericoloso fenomeno, i piloti devono tenere presente che la nebbia si forma quando la temperatura al suolo raggiunge il valore di rugiada. È consigliabile evitare quindi il volo nei pomeriggi invernali, soprattutto quando la visibilità è già scarsa per la presenza di foschia, che solitamente è nebbia meno fitta, la quale è un indice che la temperatura dell'aria e la temperatura di rugiada sono già molto vicine. All'abbassarsi del sole sull'orizzonte, la nebbia può quindi sopraggiungere improvvisamente, e impedire ai piloti in volo di trovare un luogo appropriato dove atterrare.

Le goccioline che costituiscono la nebbia hanno diametro dell'ordine di qualche micron; stante la loro piccolezza, esse, in aria calma, cadono con velocità molto bassa (qualche cm/s) e basta un lieve moto ascensionale dell'aria per farle salire. La nebbia si forma quando l'aria diviene soprassatura di vapore acqueo (umidità relativa superiore al 100%); tale situazione può verificarsi o per intensa evaporazione dell'acqua nell'aria, o per raffreddamento dell'aria.

LA NEBBIA SI FORMA QUANDO L'ARIA DIVENTA SATURA DI VAPORE ACQUEO

La nebbia da evaporazione può prodursi al di sopra di una superficie di acqua la cui temperatura è molto più elevata di quella dell'aria sovrastante; è di tale tipo anche la nebbia frontale: al di sotto di una superficie frontale separante una massa d'aria calda superiore da una fredda inferiore, le gocce di pioggia a temperatura relativamente elevata provenienti dall'aria calda evaporano rendendo soprassatura l'aria fredda e producendo lungo il fronte una striscia di nebbia.

Per quanto riguarda la nebbia da raffreddamento, le principali cause di essa sono il raffreddamento per irraggiamento della superficie terrestre con cui l'aria è a contatto, il raffreddamento per scorrimento orizzontale dell'aria sopra superfici fredde o, infine, il raffreddamento adiabatico dovuto a moti ascensionali forzati.

La **nebbia da irraggiamento** si forma durante le notti caratterizzate da cielo sereno e aria calma, soprattutto su aree continentali sulle quali ristagna aria di origine marittima e quindi umida, e perdura fino a che il Sole non aumenta la temperatura al di sopra del punto di rugiada. In queste condizioni si verifica un'inversione termica al suolo, e se lo strato di inversione raggiunge la temperatura di rugiada, si forma questo tipo di nebbia.

La nebbia da irraggiamento si forma spesso al sorgere del Sole, quando parecchia rugiada o brina si sono depositate sul terreno freddo durante la notte. I primi raggi del sole scaldano il terreno più velocemente dell'aria sovrastante. La rugiada o la brina evaporano, ma, trovandosi all'interno di uno strato di aria ancora molto freddo, ricondensa e forma la nebbia (per irraggiamento, appunto).

Le aree la cui aria in vicinanza del suolo si riscalda maggiormente sono quelle asciutte come ad esempio rocce, spiagge, terreni arati etc. Al contrario su laghi, mari, prati, boschi etc, l'aria vicina al suolo si riscalderà più lentamente ed è per questo che sarà più facile trovare la nebbia da irraggiamento sopra questa seconda categoria di aree.

Possiamo attenderci nebbia da irraggiamento anche verso sera, con cielo sereno e calma di vento, temperatura dell'aria in diminuzione e vicina alla temperatura di rugiada.

La nebbia da irraggiamento è dunque favorita da condizioni quali cielo sereno, vento debole e temperatura di rugiada vicina alla temperatura dell'aria.

Nei casi concreti è spesso difficile fare una separazione netta fra nebbia da evaporazione e nebbia da raffreddamento: la formazione di nebbia spesso avviene a causa di un insieme dei due processi. **In generale la formazione di nebbia è frequente soprattutto d'inverno nelle zone umide.**

In Pianura Padana le nebbie e le foschie sono principalmente di tipo radiativo, ossia determinate dal raffreddamento della superficie terrestre fino a portare la temperatura dell'aria nei bassi strati al di sotto del punto di condensazione.

**Le seguenti condizioni sono favorevoli allo sviluppo della nebbia di radiazione:**

- 1) **cielo sereno e presenza di nubi solo alle quote più elevate** (altrimenti l'alta riflettività delle nubi ridurrebbe l'emissione radiativa della superficie terrestre);
- 2) **alta umidità relativa** (maggiore dell'80%) **nei bassi strati** (1'000, 925 e 850 hPa, ossia fino a 1500 m circa); se l'umidità è presente solo nei livelli più prossimi alla superficie (poche centinaia o talvolta decine di metri) la nebbia si verifica soltanto sulle zone

pianeggianti, diversamente la riduzione di visibilità è maggiore a quote collinari mentre in pianura si hanno condizioni di nuvolosità bassa e stratificata;

3) **stratificazione stabile**, con la frequente presenza di inversioni termiche al di sopra dello strato superficiale;

4) **venti calmi o deboli** (1-5 m/s) nei bassi strati in quanto con venti più sostenuti si sviluppa una turbolenza che impedisce la formazione della nebbia.

**Le nebbie radiative sono usualmente determinate da una configurazione barica di tipo anticiclonico** e possono essere talvolta molto estese arrivando ad interessare tutta la Pianura Padana e perdurare per più giorni.

**Un secondo tipo di nebbie, assimilabile alle nebbie frontali o post-frontali**, si presenta in seguito al **passaggio di un fronte**, normalmente un fronte caldo, con queste condizioni:

1) rasseramento serale o notturno successivo ad uno o più giorni con precipitazioni o talvolta anche solo con presenza di nubi basse determinanti una forte presenza di umidità nei bassi strati, con un cielo sereno che favorisce l'irraggiamento notturno e la conseguente condensazione del vapore acqueo;

2) rialzo dei valori di pressione e dello zero termico con conseguente situazione di stabilità atmosferica, potenzialmente favorevole allo sviluppo di inversioni termiche;

3) **assenza di vento nei bassi strati dell'atmosfera che indurrebbe la dissipazione della nebbia;**

4) presenza di un vento discendente in quota che determina un riscaldamento degli strati medio-alti dell'atmosfera e quindi condizioni favorevoli alla stabilità e ad inversioni termiche.

**Le nebbie post-frontali sono normalmente a banchi** in quanto il rasseramento può avvenire in maniera irregolare; sono **localmente fitte, ma poco estese e durature.**

Nelle zone vallive e sui rilievi alpini ed appenninici si può avere una riduzione di visibilità quando, in condizioni di atmosfera stabile, dell'aria umida è forzata a salire lungo i pendii, si raffredda, raggiunge il punto di saturazione ed il vapore acqueo in essa contenuto condensa e si ha la formazione della nebbia di pendio.

Sui litorali marini italiani si può presentare la **nebbia di avvezione** che si sviluppa quando dell'aria calda ed umida passa su un terreno più freddo (normalmente con un debole flusso dal mare verso la costa); sulle pianure del Nord Italia può svilupparsi in condizioni di terreno innevato in corrispondenza al passaggio di un fronte caldo o comunque meno freddo rispetto alla temperatura superficiale.

Il periodo più favorevole per le nebbie e le foschie in pianura va da ottobre a febbraio, i mesi in cui il raffreddamento notturno è più duraturo, con un picco in Gennaio, il mese in cui la temperatura è più bassa. Tuttavia possono verificarsi anche negli altri mesi.

La nebbia che si forma quando una massa d'aria umida e stabile viene spinta in modo adiabatico a salire lungo un pendio prende il nome di nebbia **DA PENDIO**. Quando a valle è presente la nebbia, il tempo sulle nostre montagne è ottimo.

Una nebbia poco densa prende anche il nome di **MIST**.

La **FOSCHIA** è una **sospensione di minuscole goccioline di acqua liquida in aria che causa una riduzione di visibilità da 1 a 5 km**. Differisce dalla nebbia in quanto costituita da un più leggero addensamento di acqua, per questo motivo la nebbia è caratterizzata da una minore visibilità (che si assume, convenzionalmente, inferiore a 1 km. È spesso visibile all'orizzonte del mare o lungo la costa. A differenza della caligine, la foschia può sparire solo per azione del vento.

In caso di foschia la visibilità è maggiore che in presenza di nebbia.

A differenza della caligine, la foschia può sparire solo per azione del vento.

**Per convenzione, la nebbia riduce la visibilità a meno di un chilometro, la foschia invece a riduce all'intervallo 1/5 km.**

## NUBI

Quando una **massa d'aria si raffredda fino a raggiungere la temperatura di rugiada (il cd. punto di rugiada o Dew Point)** e il vapore presente nell'aria si condensa formando tante piccole goccioline che galleggiano nell'aria si formano le nubi.

Quando più goccioline si uniscono formando gocce di dimensioni maggiori che non riescono più a rimanere in quota, cadono sulla terra e danno luogo così al fenomeno della **pioggia**.

Poiché spesso animate da moti simili a quelli delle nubi ordinarie, masse d'aria inglobanti prodotti radioattivi di esplosioni nucleari atmosferiche vengono nell'uso corrente

denominate, anche se impropriamente, nubi radioattive. Inoltre, per estensione, il termine nube si usa per indicare ammassi di vapori diversi dal vapore d'acqua e agglomerati di materia cosmica o stellari.



Le goccioline che costituiscono una nube hanno diametro che va da qualche micron a qualche decina di micron; esse possono tuttavia aumentare di dimensioni, sia per ulteriore condensazione di vapore acqueo sia per coalescenza con altre goccioline.

**L'accrescimento per condensazione** è facilitato dal fatto che, a mano a mano che il raggio della goccia aumenta, la tensione di vapore diminuisce ed è quindi sufficiente un'umidità relativa via via minore per far condensare il vapore; l'accrescimento viene però limitato dal calore di condensazione, che fa aumentare la temperatura dell'aria circostante e diminuire l'umidità relativa.

La **coalescenza** si ha quando una goccia ha raggiunto dimensioni maggiori delle gocce circostanti e quindi si muove rispetto ad esse, entrando facilmente in collisione con loro e aggregandosele. La velocità di accrescimento delle goccioline dipende dalla quantità di vapore acqueo presente, dalla temperatura e dalla velocità di raffreddamento dell'aria, dalla concentrazione dei nuclei di condensazione e da quella delle goccioline stesse.

Quando il peso delle gocce diviene maggiore della spinta ascensionale dell'aria, esse cadono formando le precipitazioni. Il contenuto di acqua delle nubi varia entro limiti abbastanza vasti, ma è sempre dell'ordine di pochi grammi, o anche meno, per metro cubo.

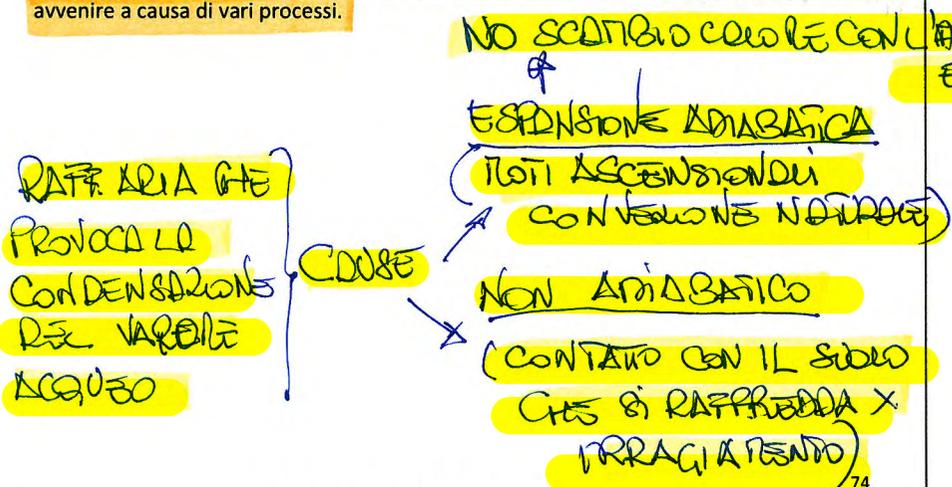
L'intensità di una precipitazione è il rapporto tra la quantità di acqua caduta e la durata del fenomeno; ad esempio "precipitazione di 10 mm", significa che su ogni metro quadrato di superficie sono caduti 10 mm di pioggia (= 10 litri di acqua). A seconda dell'intensità, le precipitazioni si distinguono in: deboli, moderate, forti.

In base alla durata nel tempo, queste possono essere continue o intermittenti.

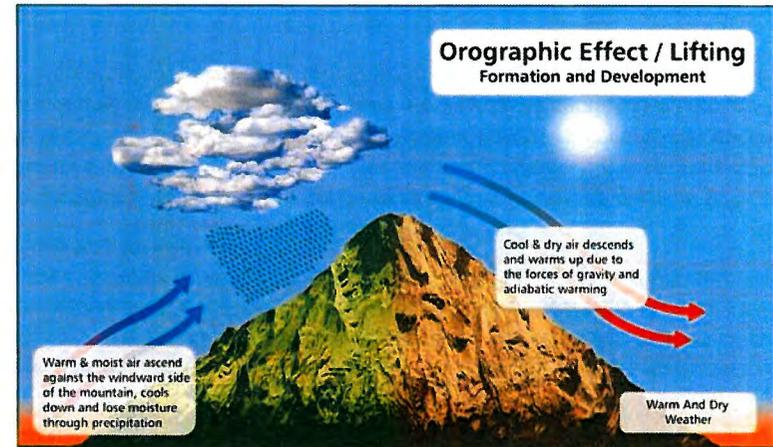
Le nubi possono dare origine a precipitazioni se hanno uno spessore di almeno 1500 m e l'intensità delle precipitazioni è tanto maggiore quanto maggiore è lo spessore delle nubi.

Quando la temperatura scende al di sotto di 0 °C si possono formare cristalli di ghiaccio, in parte per sublimazione del vapore attorno a nuclei di sublimazione, ma soprattutto per congelamento delle goccioline d'acqua; anche questo secondo processo, che sembra essere il più frequente, è favorito dalla presenza di nuclei estranei: in assenza di questi, infatti, le goccioline possono rimanere allo stato liquido (soprafuse) fino a temperature di -15 °C e anche minori.

Il raffreddamento dell'aria, che provoca la condensazione del vapore acqueo, può avvenire a causa di vari processi.



VEUTO: ANABATICO ASCEND. / CATABATICO DISCEND.



Quello più importante è costituito dall'espansione adiabatica (senza scambio di calore con l'ambiente esterno) dell'aria umida nei suoi moti ascensionali; questi possono prodursi per convezione naturale, dovuta alla instabilità dell'aria, o per scorrimento ascendente di una massa d'aria calda sopra una massa d'aria fredda (ascesa frontale), o per ascensione orografica, dovuta a rilievi montuosi, o, negli strati più vicini al suolo, per turbolenza.

Un altro processo di raffreddamento, essenzialmente non adiabatico, è dovuto al contatto dell'aria con il suolo che si raffredda per irraggiamento, o all'irraggiamento stesso dell'aria.

La condensazione può, inoltre, avvenire per mescolanza di masse d'aria a temperatura e umidità diverse, con formazione di una regione di contatto in cui l'aria diviene satura, oppure per l'aumento progressivo di umidità relativa dovuto all'evaporazione di superfici liquide o umide, umidità che può essere trasportata verso l'alto dalla turbolenza.

A seconda dei processi di condensazione e delle caratteristiche dinamiche dell'atmosfera, si producono nubi di aspetto e costituzione diversi.

Dal punto di vista dinamico le nubi si possono classificare in due grandi classi: le nubi stratificate e le nubi convettive (o cumuli):

NUBI STRATIFICATE / NUBI CONVETTIVE

- Le nubi **stratificate**, aventi un'estensione orizzontale considerevole (anche centinaia di km), sono prodotte da moti ascensionali lenti (velocità verticale dell'ordine dei cm/s), come può avvenire, per es., nello scivolamento di masse d'aria calda sopra masse fredde;
- i **cumuli**, che hanno invece notevole estensione verticale, sono prodotti da correnti convettive aventi velocità dell'ordine di parecchi metri al secondo, provocate da instabilità dell'atmosfera.

Entro queste due classi fondamentali si ha una grande varietà di forme, e l'attuale classificazione internazionale dei tipi di nube, basata su quella proposta da L. Howard nel 19° sec., è in realtà una classificazione morfologica.

Essa elenca 10 generi principali, di cui 8, comprendenti le nubi stratificate, sono suddivise convenzionalmente in:

- nubi **alte** (fra 6000 e 12.000 m di altezza),
- nubi **medie** (fra 2000 e 6000 m)
- nubi **basse** (al di sotto di 2000 m)

e 2 comprendono i **cumuli** (dal latino "cumulus" = nube) e i **cumulonembi** (nubi a sviluppo verticale).

Tale classificazione morfologica può considerarsi anche una classificazione fisica, in quanto la forma delle nubi è necessariamente indicativa del particolare stato dinamico e termodinamico dell'atmosfera e dei processi che in questa hanno luogo, anche se un determinato genere di nubi può in realtà avere origine in processi diversi.

Le nubi alte sono i cirri, i cirrostrati e i cirrocumuli e sono quasi completamente formate da cristalli di ghiaccio:

- I **cirri** hanno un aspetto filamentoso e delicato, sono di colore bianco e si possono presentare isolati o disposti irregolarmente nel cielo.
- I **cirrostrati** formano un velo sottile, lattiginoso, ricoprente spesso tutto il cielo, talvolta con struttura fibrosa, e danno di frequente luogo ad aloni attorno al Sole

e alla Luna; si producono per lento sollevamento dell'aria su di una grande estensione orizzontale.

- I **cirrocumuli** sono costituiti da gruppi ordinati o da file parallele di piccoli fiocchi bianchi (il cosiddetto 'cielo a pecorelle'), che si formano dai cirrostrati quando in questi si produce una certa instabilità con moti convettivi verticali.

Le nubi medie, costituite da goccioline di acqua, comprendono gli altostrati e gli altocumuli.

- Gli **altostrati** sono veli striati di colore grigio bluastrò, con spessore di qualche centinaio di metri, che ricoprono spesso gran parte del cielo e sono originati in genere per ascese frontali;
- Gli **altocumuli** sono costituiti da fiocchi o globuli di dimensioni maggiori dei cirrocumuli o da rotoli, che talvolta si formano dal dissolvimento degli altostrati.

Le nubi basse comprendono gli strati, gli stratocumuli e i nembostrati.

- Gli **strati** sono banchi di spessore uniforme di qualche centinaio di metri, simili a nebbia alta, formati frequentemente per innalzamento di aria umida dovuto a turbolenza.
- Gli **stratocumuli** sono costituiti da grossi ammassi oscuri rotondeggianti, riuniti spesso a formare ampi banchi ad andamento orizzontale; essi possono avere origine dagli strati quando, per irraggiamento termico dalla superficie superiore di questi e per il conseguente raffreddamento dell'aria, si produce in essi un'instabilità che dà luogo a moti convettivi ascendenti e discendenti.
- I **nembostrati** sono masse dense, uniformi, molto estese orizzontalmente, dalle quali cade una precipitazione a carattere continuo.

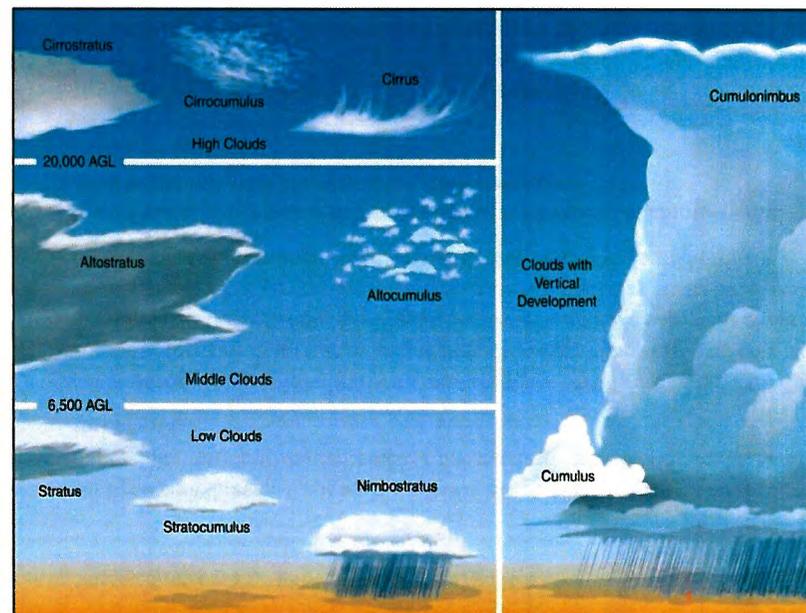
Le nubi convettive (o a sviluppo verticale) comprendono i cumuli e i cumulonembi; hanno sviluppo verticale, con la sommità a forma di cupola o di più cupole, oppure masse rotondeggianti e la base, corrispondente ai livelli di condensazione (1000-2000 m), quasi orizzontale. Quando l'aria è instabile solo fino a un'altezza poco superiore al livello di condensazione, si formano i cumuli di bel tempo, scarsamente sviluppati sia in altezza sia

in estensione orizzontale; se l'instabilità si estende fino a quote molto più elevate, le correnti convettive ascensionali procedono con velocità crescente fino a grandi altezze (6000-7000 m) formando cumuli torreggianti sempre più imponenti, fino al cumulonembo, formazione nuvolosa di dimensioni enormi, la cui sommità si allarga a incudine a causa dell'arresto dei moti ascensionali dovuto a uno strato stabile; da essa escono i cirri densi, o falsi cirri, costituiti da cristalli di ghiaccio.

**Il cumulonembo è la tipica nube temporalesca, che dà luogo a precipitazioni, a rovesci e grandine ed ha una durata media di 60 minuti.**

Per tenere conto del gran numero di forme che le nubi possono assumere, la classificazione internazionale suddivide i vari generi in specie e in varietà, con attributi che ne rappresentano le particolarità morfologiche. Il banco ricopre una piccola parte del cielo, lo strato copre quasi tutto il cielo, in modo continuo o quasi continuo; la distesa ricopre una parte abbastanza grande del cielo ed è quindi qualcosa di mezzo tra il banco e lo strato.

FAMIGLIE	GENERI	
<b>NUBI ALTE</b>	CIRRUS	CI
	CIRROSTRATUS	Cs
	CIRROCUMULUS	Cc
<b>NUBI MEDIE</b>	ALTOSTRATUS	As
	ALTOCUMULUS	Ac
<b>NUBI BASSE</b>	NIMBOSTRATUS	Ns
	STRATOCUMULUS	Sc
	STRATUS	St
<b>NUBI A SVILUPPO VERTICALE</b>	CUMULUS	Cu
	CUMULONIMBUS	Cb



Copertura nuvolosa: in meteorologia l'okta è un'unità di misura utilizzata per indicare la nuvolosità del cielo, stimata in termini di quanti ottavi di cielo sono oscurati dalle nuvole: dal sereno, 0 okta, fino al completamente coperto, 8 okta.

Quando il cielo è coperto per più della metà da nubi sotto i 6000 m si dice che le nubi formano un **CEILING** (l'altezza, riferita all'elevazione dall'aeroporto, della base dello strato più basso delle nubi, al di sotto di 20000 piedi (6000 metri), che copre più della metà del cielo)

### TEMPORALE

Quando una nube a sviluppo verticale (cumulo) riesce a maturare divenendo un cumulonembo, nascono i **temporali**.



Più alta è la nube, maggiore è la violenza del temporale. I temporali che si generano ai tropici, dove la Tropopausa arriva a 18000 metri, sono infatti più violenti di quelli formati a latitudini maggiori.

Le precipitazioni associate al fronte freddo sono brevi ma intense. Mentre le precipitazioni associate al fronte caldo sono più leggere e persistenti.

**I temporali termoconvettivi (o "di calore"), sono caratterizzati dallo sviluppo di un enorme cumulonembo con un grande sviluppo verticale fino ai limiti più alti della tropopausa.** Si sviluppano nella stagione calda, nelle regioni dove l'innesco dei moti convettivi (correnti ascendenti) è agevolato da estese calme orizzontali delle masse d'aria (calma di vento al suolo) e dall'intensa e prolungata insolazione diurna. L'intenso riscaldamento del suolo può formare delle grosse bolle d'aria più calda, rispetto a quella circostante. Queste bolle poi salgono e si raffreddano portando alla condensazione il vapore acqueo in esse contenuto.

## FULMINI

In meteorologia il fulmine (detto anche saetta o folgore) è un fenomeno atmosferico legato all'elettricità atmosferica che consiste in una scarica elettrica di grandi dimensioni che si instaura fra due corpi con elevata differenza di potenziale elettrico.

I fulmini più facilmente osservabili sono quelli fra nuvola e suolo, ma sono comuni anche scariche fra due nuvole (saetta) o all'interno di una stessa nuvola (saetta). Inoltre qualsiasi oggetto sospeso nell'atmosfera può innescare un fulmine: si sono osservati infatti fulmini tra nuvola, aeroplano e suolo. Un caso particolare sono i cosiddetti fulmini globulari al suolo, tuttora in fase di studio e ricerca.

Le condizioni ideali per lo sviluppo di fulmini sono i cumulonembi tipici dei fenomeni temporaleschi, ma sono stati osservati fulmini anche durante tempeste di sabbia, bufere di neve e nelle nuvole di cenere vulcanica.

Un caso particolare e raro è quello legato alla cosiddetta tempesta di fulmini ovvero sequenze ininterrotte di fulmini a brevissima distanza uno dall'altro (pochi secondi) per una durata complessiva anche di un'ora.

Fisicamente il fulmine è determinato da un rapido passaggio di corrente fra due conduttori (in questo caso le nuvole, la terra o altri oggetti) quando l'eccessiva presenza di cariche elettriche di segno opposto vengono a contatto una volta che l'isolante (l'aria) non riesce più a tenerle separate.

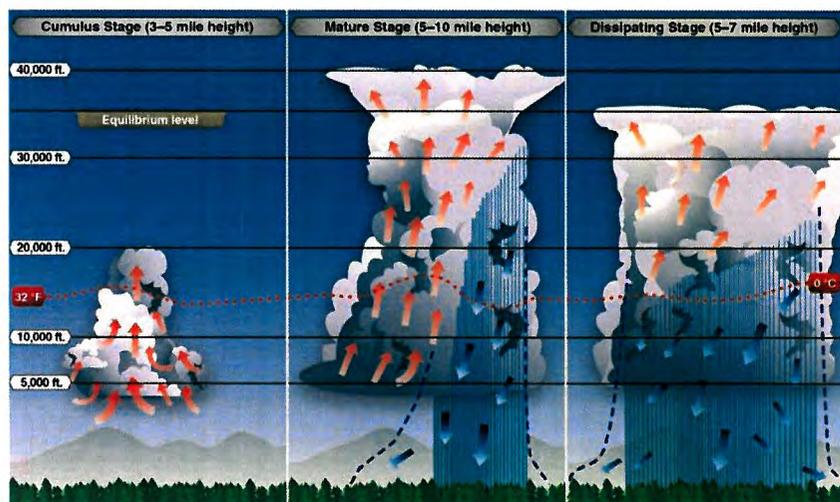
Non si ha notizia, sinora, di UAV abbattuti da fulmini.

## TEMPESTA

Una tempesta durante il suo ciclo di vita progredisce attraverso tre fasi:

- Fase di cumulo
- Fase matura
- Fase dissipante

3 Fasi di vita



È praticamente impossibile rilevare visivamente il passaggio da una fase all'altra, la transizione è sottile e non improvvisa.

Inoltre, una tempesta può essere costituita da un insieme di altre tempeste minori in diverse fasi del ciclo di vita.

### FASE DI CUMULO

Sebbene la maggior parte dei cumuli non cresca durante le tempeste, ogni tempesta inizia come un cumulo. La caratteristica chiave della fase di cumulo è la corrente ascendente. La corrente ascendente varia in potenza e si estende da pochi metri rispetto alla superficie fino alla sommità della nuvola. Il tasso di crescita delle nuvole può superare

i 3.000 piedi al minuto, quindi non è consigliabile utilizzare un UAS in un'area di rapido sviluppo di nubi cumuliformi. All'inizio della fase del cumulo, le goccioline d'acqua sono piuttosto piccole, ma aumentano alla dimensione di normali gocce di pioggia man mano che la nuvola cresce.

L'aria che sale può portare l'acqua liquida anche al di sopra del livello di congelamento, creando il pericolo di congelamento. Man mano che le gocce di pioggia crescono sempre di più, cadono. Se si vola con un UAS vicino ad un temporale nella fase iniziale ci si deve aspettare delle correnti verso il cumulo.

### FASE MATURA

La pioggia che inizia a cadere dalla base della nuvola è un segnale che si è sviluppato un flusso verso il basso e che la tempesta è entrata nella fase matura. La pioggia fredda nel livello inferiore ritarda il riscaldamento e la compressione rimanendo più fredda dell'aria sovrastante. Pertanto, la sua velocità verso il basso viene accelerata e può superare i 2500 piedi al minuto. L'aria che precipita verso il basso si espande in superficie producendo forti venti, raffiche, un improvviso calo di temperatura e un rapido aumento della pressione. Si forma un forte sottovento il cui bordo viene denominato "prima raffica". Allo stesso tempo, le correnti ascendenti raggiungono la massima potenza, la velocità supera i 6.000 piedi al minuto.

### FASE DI DISSIPAZIONE

Le correnti discendenti caratterizzano la fase di dissipazione della tempesta la quale, a questo punto, si spegne rapidamente. Quando la pioggia è cessata e le correnti discendenti si sono placate, la fase di dissipazione è completa. Quando tutte le celle temporalesche hanno completato questa fase, rimangono solo innocui resti di nuvole.

### A.1.d) DENSITÀ DELL'ARIA

Il termine più appropriato per correlare le prestazioni aerodinamiche in un'atmosfera non standard è la variazione di densità con l'altitudine.

All'aumentare della densità dell'aria (densità a bassa quota), le prestazioni dell'aeromobile aumentano. Al contrario, al diminuire della densità dell'aria (densità ad alta quota), le prestazioni dell'aeromobile diminuiscono. Una diminuzione della densità dell'aria significa un aumento di altitudine, un aumento della densità dell'aria significa una diminuzione di altitudine. La densità dell'aria, legata all'altitudine ha un effetto diretto sulle prestazioni del UAV.

**AUMENTO ALTITUDINE → DIMINUIZIONE DENSITÀ**

La densità dell'aria è influenzata dai cambiamenti di altitudine, temperatura e umidità.

La densità di alta quota si riferisce all'aria rarefatta, mentre la densità di bassa quota si riferisce all'aria densa. Le condizioni che portano a un'elevata densità di altitudine sono altitudini elevate, basse pressioni atmosferiche, alte temperature, elevata umidità oppure - e questa è l'ipotesi più ricorrente - una combinazione di questi fattori.

**DENSITÀ DIRETT. PROP. ALLA PRESSIONE**

### EFFETTI DELLA PRESSIONE SULLA DENSITÀ

Poiché l'aria è un gas, può essere compressa o espansa. Quando l'aria viene compressa, una quantità maggiore di aria può occupare un dato volume. Quando invece la pressione su un certo volume d'aria diminuisce, l'aria si espande e occupa più spazio. In altre parole, il volume di aria proveniente da un'area di pressione inferiore porta una massa d'aria minore. In altre parole, la densità dell'aria è ridotta. Infatti, la densità è direttamente proporzionale alla pressione. Se la pressione viene raddoppiata, la densità viene raddoppiata e se la pressione viene ridotta, anche la densità dell'aria si riduce.

**MAGG. PRESS.**

**MAGG. DENSITÀ**

Questa affermazione è corretta solo a temperatura costante.

**LA DENSITÀ SUBISCE VARIAZIONE**

### EFFETTI DELLA TEMPERATURA SULLA DENSITÀ

**INVERSA RISPETTO ALLA TEMPERATURA**

L'aumento della temperatura di una sostanza porta ad una diminuzione della sua densità. Al contrario, abbassando la temperatura, aumenta la densità della sostanza. Pertanto, la densità dell'aria subisce variazioni inverse rispetto alla temperatura.

**MAGG. TEMP.**

**MINORE DENSITÀ**

Questa affermazione è corretta solo a pressione costante.

### TEMP. E PRESS. DIMINUISCONO CON L'ALTITUDINE

Nell'atmosfera, sia la temperatura che la pressione diminuiscono con l'altitudine e hanno effetti sulla densità (ossia anche la densità dell'aria diminuisce). Pertanto, i piloti possono aspettarsi che la densità dell'aria diminuisca con l'altitudine.

**IL VAPORE ACQUEO È + LEGGERO DELL'ARIA**

### EFFETTI DELL'UMIDITÀ SULLA DENSITÀ

I paragrafi precedenti si basano sul presupposto che l'aria sia perfettamente asciutta, in realtà non è mai completamente asciutta. La piccola quantità di vapore acqueo sospeso nell'atmosfera può essere trascurabile in alcune condizioni, ma in altre condizioni l'umidità può diventare un fattore importante nelle prestazioni di un UAV.

Il vapore acqueo è più leggero dell'aria, di conseguenza l'aria umida è più leggera dell'aria secca. Pertanto, all'aumentare del contenuto di acqua nell'aria, l'aria diventa meno densa diminuendo le prestazioni dell'UAV.

**MAG. ACQUA NELL'ARIA → DENSITÀ**

**INFLUISCE**

L'umidità, chiamata umidità relativa, si riferisce alla quantità di vapore acqueo contenuto nell'atmosfera ed è espressa come percentuale della quantità massima di vapore acqueo che l'aria può trattenere. Questa quantità varia: a seconda della temperatura, l'aria calda può trattenere più vapore acqueo, mentre l'aria più fredda può trattenere meno. L'aria perfettamente secca che non può contenere il vapore acqueo ha un'umidità relativa dello 0%, mentre l'aria satura che non può più trattenere il vapore acqueo ha un'umidità relativa del 100%. La capacità della massa d'aria di contenere vapore acqueo diminuisce con il calare della temperatura. Per portare una massa d'aria a pressione costante sino al punto di rugiada, bisogna dunque raffreddarla.

L'umidità relativa si definisce come il rapporto tra la quantità di vapore acqueo contenuta in una massa d'aria e la quantità massima che la stessa può contenere nelle medesime condizioni di temperatura.

Se una massa d'aria con temperatura 23 gradi centigradi ha un'umidità relativa del 70%, significa che l'aria possiede il 70% del vapor d'acqua che potrebbe determinare la saturazione a 23 gradi centigradi.

L'umidità relativa ci indica che è stato raggiunto il tetto massimo di vapore d'acqua che la massa d'aria presa in esame può contenere. Abbiamo quindi raggiunto il punto di saturazione della massa d'aria.

Di solito l'umidità da sola non è considerata un fattore essenziale ma influisce nel calcolo della densità di altitudine e della prestazione dell'aeromobile.

La densità inoltre cambia in relazione al contenuto di umidità dell'aria (è meno densa dove l'umidità è maggiore). In una giornata calda la densità dell'aria rispetto ad una

**MAGGIORE UMIDITÀ → MINORE DENSITÀ**

giornata fresca sarà minore. Al contrario, in una giornata fredda la densità dell'aria rispetto ad una giornata calda sarà maggiore.

## PERFORMANCE

**"Performance" è un termine usato per descrivere la capacità di un velivolo di realizzare determinate operazioni che lo rendono utile per determinati scopi.**

I fattori maggiormente impattanti sulla performance del UAS sono:

- la distanza di decollo e atterraggio;
- la velocità di salita;
- il payload
- l'autonomia
- la velocità
- la manovrabilità
- la stabilità

Poiché il peso, l'altitudine e le modifiche nella configurazione del drone influenzano la trazione e la potenza, influenzano anche le prestazioni dell'ascesa. Le prestazioni del UAS dipendono direttamente dalla capacità di produrre trazione o potenza in eccesso.

Il peso ha un effetto molto pronunciato sulle prestazioni dell'aeromobile. Se viene aggiunto del peso a un UAV, deve volare con un angolo di attacco (AOA) più alto per mantenere una data altitudine e velocità. Ciò aumenta la forza dell'ala indotta e la resistenza in avanti del velivolo. Una maggiore resistenza al trascinamento significa che è necessaria una trazione extra per superarlo, il che a sua volta significa che è disponibile meno riserva per la salita. I progettisti di aeromobili fanno grandi sforzi per ridurre al minimo il peso perché ha un effetto veramente importante sui fattori di prestazione.

Una variazione del peso di un aereo produce un doppio effetto sulle prestazioni di salita. Un aumento dell'altitudine aumenta anche la potenza richiesta e diminuisce la potenza disponibile, pertanto le prestazioni di un UAS diminuiscono con l'altitudine.

## ATMOSFERA

L'atmosfera è una sottile pellicola di gas che circonda il nostro pianeta, senza la quale non potrebbe esistere la vita sulla Terra. Nei suoi strati più bassi, quelli che contengono l'aria che respiriamo, hanno luogo i fenomeni meteorologici e le attività che cambiano il paesaggio terrestre. Man mano che si sale, invece, l'atmosfera si fa sempre più rarefatta.

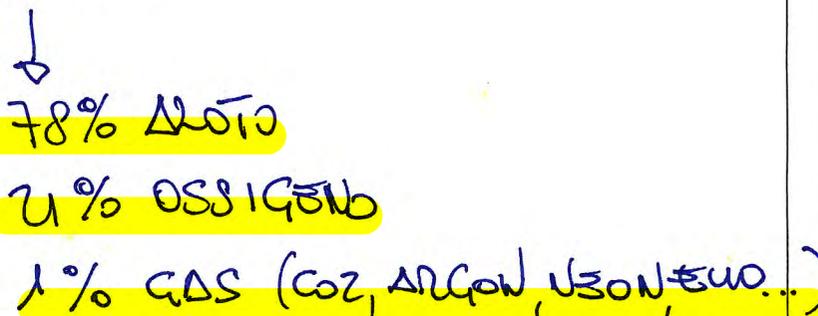
Il nostro pianeta è circondato dall'atmosfera, un miscuglio di gas che si estende, a partire dal suolo, per circa 1.000 km, meno di un decimo del diametro terrestre. La parte più densa dell'atmosfera, quella dove si verificano i fenomeni meteorologici (meteorologia) e che contiene l'aria che respiriamo, arriva a circa 12 km d'altezza. Eppure, questo involucro così sottile ha un ruolo fondamentale nella formazione degli oceani, nel modellamento dei continenti, nello stabilirsi delle varie condizioni climatiche e nello sviluppo della vita.

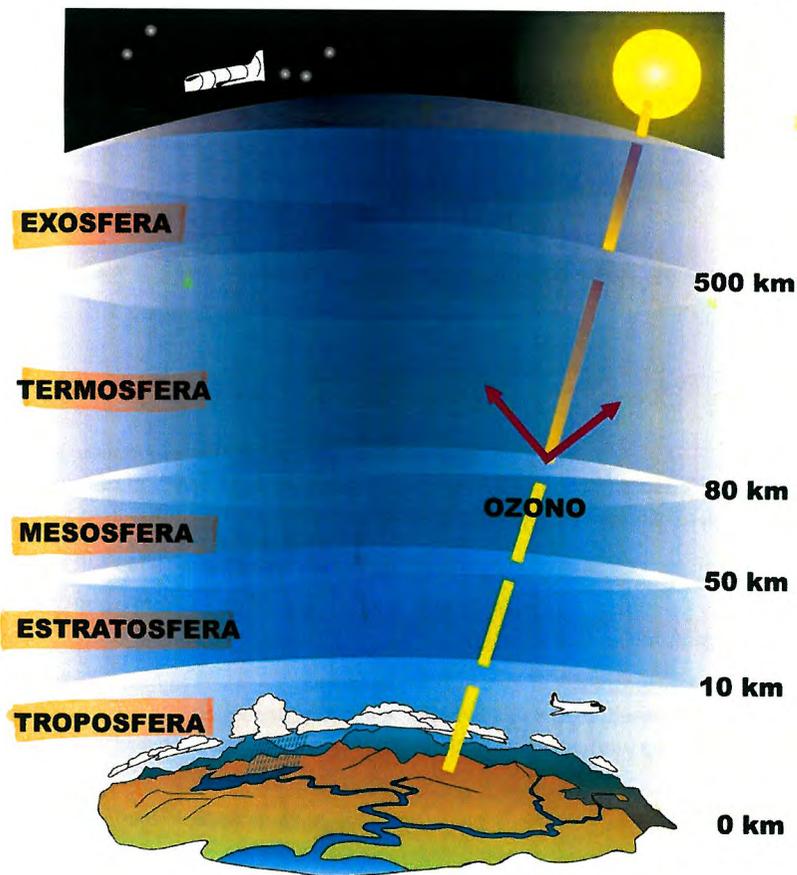
Esseri umani, animali e piante si servono dei gas dell'atmosfera che respirano per i processi metabolici, ma rimettono a loro volta sostanze che modificano in continuazione la sua composizione. L'uomo oggi contribuisce a modificare l'atmosfera soprattutto con i gas prodotti dalle attività industriali, con l'elevato consumo di energia, con i processi agricoli e zootecnici (clima)

L'atmosfera è composta prevalentemente di azoto (78%) e di ossigeno (21%). Il restante 1% è costituito da gas come anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), argon, neon, elio, cripto, idrogeno, xenon. In sospensione nell'atmosfera si trovano anche particelle di vapore acqueo, pulviscolo di origine sia terrestre sia spaziale e sostanze inquinanti prodotte dalle attività umane.

L'atmosfera non è sempre uguale, ma varia in relazione all'altezza. Anche se i confini non sono nettamente definiti, si possono distinguere cinque strati principali.

## ATMOSFERA





#### A.2.1) TROPOSFERA

Va dal livello del suolo a 12 km di altezza. È lo strato più denso, quello che comprende circa i tre quarti della massa dell'intera atmosfera. Qui si concentra la maggior parte dei fenomeni atmosferici: formazione del vapor d'acqua, nuvole, precipitazioni, venti. A mano a mano che si sale le temperature scendono di circa 6,5 °C ogni chilometro di altezza, fino a raggiungere -60 °C, e diminuiscono anche le turbolenze meteorologiche. Per questo gli aerei civili compiono la maggior parte dei loro voli ad altezze attorno ai 10 km.

#### A.2.2) STRATOSFERA

Va da 12 a 45 km. È una zona priva di turbolenze meteorologiche, anche se sono presenti veloci correnti a getto animate da moti orizzontali. Tra i 15 e i 25 km si concentra la fascia dell'ozono, un gas le cui molecole sono formate da tre atomi di ossigeno e che ha la capacità di fare da schermo protettivo della Terra bloccando la parte più nociva dei raggi solari ultravioletti.

#### A.2.3) MESOSFERA

Va da 45 a 90 km. Qui l'aria è sempre più rarefatta e fredda, fino a toccare i -90 °C, ma in questo strato riescono comunque a formarsi sottili nubi di particelle congelate visibili di notte, quando sono illuminate obliquamente dai raggi solari.

#### A.2.4) TERMOSFERA O IONOSFERA

Va da 90 a 400 km. A causa dell'esposizione alle radiazioni solari, qui le temperature risalgono fino a raggiungere un migliaio di gradi. Si formano numerosi strati carichi di elettricità che hanno il potere di riflettere come uno specchio le onde radio trasmesse dalle stazioni terrestri ed è grazie a questo fenomeno che si possono realizzare le comunicazioni radio a grandi distanze. La densità è un milione di volte più bassa rispetto alla troposfera.

#### A.2.5) ESOSFERA

Va da 400 a oltre 1.000 km. È la zona di passaggio fra l'atmosfera e lo spazio interplanetario, dove le residue particelle dell'atmosfera terrestre si mescolano a quelle provenienti dal Sole. Qui orbitano i satelliti artificiali che si muovono attorno alla Terra.

Le tre grandezze che caratterizzano l'atmosfera sono la pressione, la temperatura e l'umidità e da questi tre fattori dipendono tutti i fenomeni meteorologici.

### L'ATMOSFERA STANDARD

I valori di queste grandezze variano notevolmente nel tempo e da luogo a luogo. Per questo motivo e allo scopo di avere sempre parametri costanti indispensabili come riferimento anche per la regolazione di molti strumenti e per definire le prestazioni di aerei e motori è stata istituita l'ISA (International Standard Atmosphere) ovvero l'atmosfera standard.

Questa è completamente priva di umidità ed ha i seguenti valori di pressione e temperatura:

- pressione al livello del mare **1.013 hectopascal (hpa)** o millibar (mb) **decescente con la quota** (negli strati più bassi dell'atmosfera) **in ragione di 1 hectopascal ogni 8 metri** (o 27 piedi)

- temperatura al livello del mare di **+15°C**, **decescente con la quota di un valore costante pari a 0,65°C ogni 100 metri** (o 2°C ogni 1.000 piedi).

- densità di **1,225 kg per metro cubo**

I valori di temperatura e pressione sono stati attribuiti a questa atmosfera ideale, dopo aver calcolato la media delle differenti condizioni atmosferiche riscontrate nelle varie parti del mondo, misurate più volte in tempi diversi.

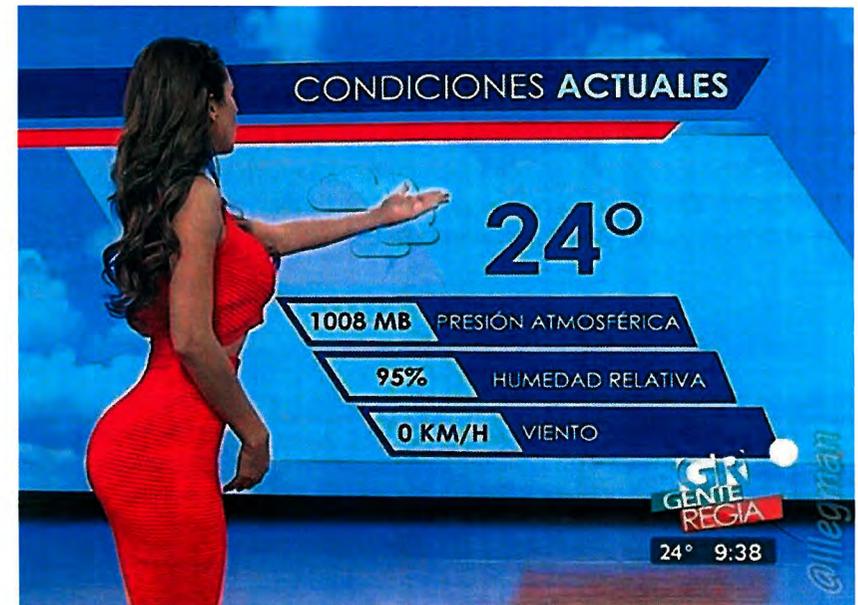
$\Delta T \approx 0,65^\circ C$  → **NO UMIDITÀ!**  
 hpa  
 $P_{RES} = 1013 \text{ mb}$  → **DECESCENTE DI 1 mb ogni 8 m**  
 $T_{EMP} = 15^\circ C \text{ s.l.m.}$  → **DECESCENTE 0,65°C ogni 100 m**  
 $DENSITA' = 1,225 \text{ kg/m}^3$

### A.2 PREVISIONI METEOROLOGICHE E COME OTTENERLE

Le previsioni meteorologiche non sono accurate al 100%, pertanto i meteorologi, attraverso un attento studio scientifico e modellazione al computer, possono utilizzare modelli per prevedere il tempo "probabile", le tendenze e le caratteristiche meteorologiche con crescente precisione.

Attraverso un complesso sistema di servizi meteorologici, agenzie governative e Osservatori meteorologici indipendenti, i piloti remoti e gli altri professionisti dell'aviazione traggono vantaggio da questa vasta base di conoscenze sotto forma di previsioni e bollettini meteorologici aggiornati. Questi rapporti e previsioni consentono ai piloti remoti di prendere decisioni informate prima e durante il volo, sia in termini di condizioni meteorologiche e sia in termini di sicurezza del volo.

La Micrometeorologia è la parte della meteorologia che si occupa dello studio dei fenomeni atmosferici che si verificano in prossimità del suolo, e che possono perturbare la traiettoria del drone.



Le previsioni meteorologiche si ottengono solitamente dalla seguente **procedura**:

1. osservazione e misurazione delle variabili atmosferiche (es. velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria, umidità, pressione);
2. trascrizione, studio ed elaborazione dei dati rilevati su carte sinottiche o assimilando i dati attraverso modelli matematici che girano su calcolatori numerici, dove in quest'ultimo caso, viene prodotta la situazione meteorologica di un determinato momento, chiamata analisi;
3. prognosi futura a partire dalle carte sinottiche oppure facendo evolvere la condizione iniziale tramite uso dei modelli matematici meteorologici (previsione).

Il pilota di UAS, per avere un corretto prospetto meteorologico, partirà da una previsione su macroarea e arriverà poi a una previsione riguardante la zona specifica interessata dalla missione consultando:

- a) Carte sinottiche,
- b) Immagini radar meteo,
- c) Siti meteorologici che mostrano la situazione in tempo reale ed anche previsioni per le ore successive

## METAR e TAF

### OSSERVAZIONI METEOROLOGICHE

Il **METAR** (Aerodrome routine meteorological report) è un messaggio codificato che descrive le condizioni meteorologiche osservate da una stazione meteo. Attraverso una sua decodifica secondo gli standard WMO si ottengono le maggiori informazioni necessarie per la comprensione del tempo in atto. I codici METAR sono articolati in diversi gruppi e sono aggiornati con una cadenza oraria oppure, dove previsto, con una frequenza semioraria.

Gli ultimi **METAR** e **TAF** emessi sono reperibili presso gli ARO competenti o attraverso appositi applicativi come il Self Briefing. A scopo informativo i bollettini sono anche disponibili attraverso il portale meteo dell'Aeronautica Militare [meteoam.it](http://meteoam.it) o sulla pagina web "Ultimi METAR".

Le osservazioni del tempo per l'aviazione utilizzano uno specifico codice conosciuto con la sigla METAR (Aerodrome routine meteorological report / Riporto di routine delle

Condizioni Meteo per Aviazione). Con un linguaggio stringato ed essenziale vengono riportati i valori riscontrati ad un tempo fissato di osservazione per i parametri meteorologici:

- vento (in direzione ed intensità)
- visibilità orizzontale
- portata visuale di vista
- fenomeni in atto
- nuvolosità
- temperatura dell'aria
- temperatura di rugiada (utile per ricavare l'umidità relativa)
- valore di pressione ridotto in atmosfera standard al livello del mare

L'aggiornamento di queste informazioni è di norma (quasi) in tempo reale intorno alle ore intere o ai 20 e ai 50 minuti di ciascuna ora per gli aeroporti per i quali è previsto un rilevamento semiorario. Quando però si dovesse verificare una situazione straordinaria, verrà diramato uno "SPECI" ed uno "SPECIAL".

## COME LEGGERE UN METAR:

### 1. Gruppo indicatore di località

LIRF: ICAO della stazione meteo di Roma Fiumicino che emette il METAR.

### 2. Gruppo data-orario

- 182050Z: osservazione effettuata il 18° giorno del mese corrente;
- 182050Z: riporto effettuato alle ore 20:50 UTC. In Italia si usano due convenzioni a seconda del periodo dell'anno, si usa il CET (Central European Time, tempo dell'Europa centrale), pari all'UTC+1 ossia all'UTC incrementato di un'ora, limitatamente al periodo in cui è in vigore l'ora civile convenzionale, detta comunemente ora solare, che va dall'ultima domenica di ottobre all'ultima domenica di marzo. Quando invece è in vigore l'ora legale, adottata nel resto dell'anno, in Italia si usa l'orario CEST (Central European Summer Time, tempo estivo dell'Europa centrale), pari all'UTC+2 ossia all'UTC incrementato di due ore.

### 3. Gruppo vento al suolo

- 16014G27KT: 160°, provenienza vera del vento espressa ad intervalli di 10 gradi e arrotondata alla decina più vicina;
- 16014G27KT: 14 nodi, intensità del vento;
- 16014G27KT: se durante gli ultimi dieci minuti l'intensità massima del vento supera di almeno 10kt la media, si riporta questa intensità massima come "raffica" (G=Gust);
- 16014G27KT: 27 nodi, intensità massima del vento. Per intensità del vento uguali o superiori a 100 kt, si riporta P99 kt;
- VRB: variabile, si riporta quando l'intensità media del vento è minore di 3 kt e lo sbandieramento è di 60° o più. Se l'intensità del vento è maggiore o uguale di 3 kt, si riporta VRB solo quando la sua direzione varia di 180° o più;
- 16014KT 140V220: vento variabile 140/220°, quando l'intensità media del vento è maggiore o uguale di 3kt e lo sbandieramento è compreso tra 60° e 180°, si riportano le due estremità;
- 00000KT: l'intensità media del vento è minore di 1 kt.

G = RAFFICHE

P99 VENTO SUP 100KT

VRB  
VARIABILE

00000KT  
VENTO MINORE 1KT

9999 > 10kt

CAVOK

### 4. Gruppo visibilità

- 2000: visibilità prevalente in metri stimata dall'osservatore (cioè il valore massimo osservabile in più del 50% del sedime aeroportuale). Qualora la visibilità minima sia minore di 1500 metri oppure inferiore al 50% della visibilità prevalente e minore di 5000 metri, è riportata anche la visibilità minima seguita con uno degli otto punti della rosa dei venti (N, S, SE...);
- Oppure, si può trovare: 9999: qualora la visibilità raggiunga o superi 10km;
- CAVOK: il termine di codice CAVOK può sostituire i gruppi di visibilità, RVR, fenomeni tempo presente e nubi quando si verificano le seguenti condizioni:
  - Visibilità uguale o superiore ai 10 km;
  - Assenza di nubi operativamente significative (nube con altezza della base al disotto di 5000 ft o al disotto del valore più elevato di altitudine minima di settore, qualora quest'ultima fosse maggiore, oppure cumulonembo o cumulo torreggiante, a prescindere dall'altezza della loro base);
  - Assenza di cumulonembi;

- Assenza di precipitazioni, temporali, tempeste di sabbia o di polvere, shallow fog (strato sottile di nebbia al suolo), polvere o sabbia bassa.

### 5. Gruppo RVR CON VISIBILITÀ MINORE DI 1500 MT

Quando la visibilità prevalente o il dato RVR è minore di 1500 metri, si riporta la Runway Visual Range delle TDZ di tutte le piste adibite ad avvicinamenti strumentali CAT I, II e III utilizzando trasmissometri posti a 2,5 metri di altezza.

- R16L/1300: la pista alla quale il valore RVR si riferisce;
- R16L/1300: il valore RVR espresso in metri.

Quando durante il periodo di osservazione (10 minuti) si misura una netta tendenza all'aumento o alla diminuzione tale che la media durante i primi 5 minuti differisce di 100 metri o più dalla media dei successivi 5 minuti, si riportano alcuni indicatori che seguono il valore RVR (esempio R16L/400U):

- U: in aumento (Upgrade).
- D: in diminuzione (Downgrade).

Possono essere aggiunte inoltre le seguenti lettere:

- N: nessun cambiamento (400N);
- P: quando l'RVR supera il valore massimo che può essere determinato dal sistema in uso (P2000);
- M: quando l'RVR è inferiore al valore minimo che può essere determinato dal sistema in uso (M0050);
- V: se dalla media di un minuto c'è una variazione dal valore medio (di 10 minuti) di 50 metri o più del 20%, quale dei due maggiori, si riportano i valori massimi e minimi (500V1500).

### 6. Gruppo fenomeni tempo presente

Sono presenti i fenomeni meteorologici osservati a vista che si verificano sull'aeroporto stesso e nelle sue vicinanze (16 km dall'ARP).

- +TSRA: indicatore di intensità forte (in assenza dell'indicatore il fenomeno è da considerare moderato);
- +TSRA: descrittore di un temporale;

- +TSRA: fenomeno meteorologico della pioggia.

I fenomeni del tempo presente sono riportati secondo il seguente ordine: intensità o vicinanza, descrittore, precipitazione, riduttori della visibilità e altri fenomeni. Possono essere indicate fino tre precipitazioni associate (esempio SNPLDZ) che sono riportate in ordine di come vengono percepite. A seguire si riporta una tabella contenente gli acronimi utilizzati in questo gruppo.

Intensità o vicinanza	Descrittore	Precipitazioni	Riduttori della visibilità	Altri fenomeni
- Debole	<b>TS</b> Temporale	DZ Pioviggine	BR Foschia	PO Mulinelli di polvere/sabbia
+ Forte	<b>SH</b> Rovescio	<b>RA</b> Pioggia	<b>FG</b> Nebbia	<b>SQ</b> Groppo
VC Nelle vicinanze	<b>FZ</b> Congelantesi	<b>SN</b> Neve	<b>SA</b> Sabbia	<b>FC</b> Tornado o tromba marina
	<b>BL</b> Sollevamento alto	<b>SG</b> Neve granulosa	<b>DU</b> Polvere su un'area estesa	<b>DS</b> Tempesta di polvere
	<b>DR</b> Sollevamento basso	<b>PL</b> Granuli di ghiaccio	<b>HZ</b> Caligine	<b>SS</b> Tempesta di sabbia
	<b>MI</b> Strati di nebbia	<b>IC</b> Cristalli di ghiaccio	<b>FU</b> Fumo	
	<b>BC</b> Banchi di nebbia	<b>GR</b> Grandine	<b>VA</b> Cenere vulcanica	
	<b>PR</b> Parziale	<b>GS</b> Grandine piccola e/o granuli di neve		

### 7. Gruppo nubi

Vengono indicate l'estensione e l'altezza della base delle nubi che si osservano sull'aeroporto e nelle sue vicinanze.

- BKN015CB: viene indicata la copertura nuvolosa di 5-7 ottavi (BKN) e la base delle nubi a 1500 ft AGL; *IN CENTINAIA DI PIEDI*
- BKN015CB: sviluppo di cumulonembo associato alla copertura nuvolosa. Si riportano, qualora osservate, solo le nubi convettive significative: CB o TCU *CB / TCU* (cumuli torreggianti).

Oppure:

- VV001: visibilità verticale misurata da un apparato strumentale e riportata in centinaia di piedi. Si riporta solo in condizioni di cielo oscurato e fino al limite verticale di 2000 ft;
- NSC: in assenza di CAVOK, se non vi sono né nubi operativamente significative né alcuna riduzione della visibilità verticale, si utilizza l'abbreviazione di "No Significant Clouds". *NSC*

L'estensione della copertura nuvolosa viene indicata usando i seguenti codici:

- FEW 1-2 ottavi;
- SCT 3-4 ottavi;
- BKN 5-7 ottavi;
- OVC 8 ottavi.

*FEW*

*SCT*

*BKN*

*OVC*

*OVC*

### 8. Gruppo temperatura dell'aria e temperatura di rugiada

- 04/03: 4°C temperatura dell'aria;
- 04/03: 3°C temperatura di rugiada.

La temperatura dell'aria e quella di rugiada sono misurate in gradi Celsius arrotondate al grado intero più prossimo. I valori 0.5 °C sono arrotondati al grado Celsius intero successivo. Al disotto di 0°C la lettera "M" indicata il segno negativo (minus): ad esempio, la temperatura -9 °C è riportata come M09.

### 9. Gruppo pressione

- Q1006: 1006 hPa indica la pressione atmosferica misurata sulla stazione meteorologica e riportata matematicamente al livello medio del mare (QNH).

Quando il campo pressione inizia con la lettera "A" il valore è riportato in pollici di mercurio.

#### 10. Gruppo informazioni supplementari

Nelle informazioni supplementari possono essere indicati fenomeni recenti con l'acronimo "RE" (es. RERA, recente pioggia), oppure wind shear con "WS" (WS R04, wind shear pista 04), la temperatura della superficie del mare e stato del mare se previsto e le informazioni sullo stato delle piste RSG (Runway State Group).

L'RSG viene trasmesso dal gestore aeroportuale dopo aver effettuato verifiche dell'aderenza in pista. Vengono riportati l'identificazione della pista, il tipo di deposito, l'estensione della contaminazione, lo spessore del deposito e l'aderenza o azione frenante stimata nella forma codificata RDRDr/ErCrererBrBr. Esempio: R05/754593

#### 11. Gruppo previsioni di tendenza TREND

La previsione di tendenza ha validità di due ore e sono riportate le variazioni significative di:

- vento al suolo: quando c'è una variazione della intensità media del vento di almeno 10 kt, oppure, una variazione di direzione media del vento di 60° o più con un'intensità media di almeno 10kt;
- visibilità: quando la visibilità si prevede che aumenti o diminuisca, raggiungendo o superando specifici valori;
- tempo significativo;
- nubi operativamente significative;

Quando una variazione è attesa per uno o più degli elementi osservati, sono utilizzati i codici BECMG o TEMPO seguiti dagli indicatori letterali riferiti agli orari FM (da), TL (fino a) o AT (alle).

Esempio: BECMG FM1030 TL1050 04021G35

Il gruppo previsioni di tendenza è previsto solo in alcuni aeroporti ed è a cura dei centri di previsione meteorologica (UPM di Roma e Milano per la stazioni Enav).

#### 12. Informazioni complementari RMK

Le informazioni complementari sono compilate solo per i messaggi destinati alla diffusione nazionale e possono contenere i seguenti dati: nuvolosità totale, stato del mare, nuvolosità sopra le montagne e sopra le colline, condizioni nuvolose nelle valli e/o sulle pianure. (cit. deskaeronautico.it)

#### TAF

Un Terminal Aerodrome Forecast o TAF (in inglese: "previsione terminale di aerodromo") è una previsione meteorologica valida da 6 a 30 ore per un aerodromo e che utilizza una codifica equivalente al formato METAR. Il periodo coperto da queste previsioni dipende dalle ore di utilizzazione dell'aeroporto, dalla sua importanza e dalla lunghezza dei voli che vi arrivano, il tutto servendo alla pianificazione dei vettori aerei. Non tutti gli aeroporti hanno dei TAF, in quanto gli aerodromi di uso locale o ricreativo utilizzano in generale le previsioni regionali dell'aeronautica.

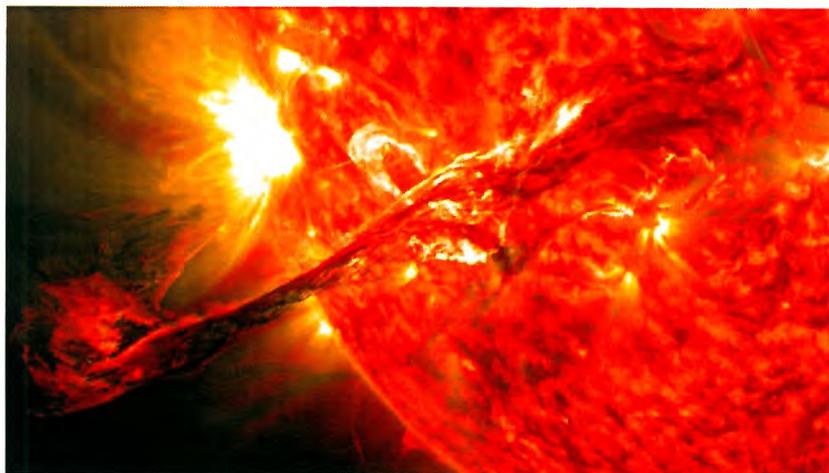
Queste previsioni sono emesse dai meteorologi dei paesi dove si trovano gli aeroporti a partire dai centri regionali di previsione meteorologica o da centri specializzati per l'aviazione, a seconda del paese. Utilizzano i modelli numerici di previsione meteorologica e la loro conoscenza degli effetti locali al fine di prevedere l'altezza delle nuvole, i venti, le precipitazioni e la visibilità per una zona di 10 miglia nautiche (18,52 km) intorno all'aeroporto.

#### AIRMET e SIGMET

Un AIRMET (AIRman's METeological Information / Informazione Meteorologica per il personale navigante degli aeromobili) è un messaggio di avviso per segnalare quei fenomeni che possono risultare di rischio potenziale per il volo a quote inferiori al livello FL150 (15.000 piedi) in zone montane o FL100 (10.000 piedi) in pianura (nubi basse, scarsa visibilità, turbolenza, attività convettiva, etc.). Per quote superiori, di interesse anche ai voli di linea, avremo l'emissione dei SIGMET oltre che per i precedenti motivi anche per turbolenza moderata, cumulonembi, grandine e cenere vulcanica.

#### TEMPESTE SOLARI

Una tempesta solare è un disturbo della magnetosfera terrestre, di carattere temporaneo, causato dall'attività solare e rilevabile dai magnetometri in ogni punto della Terra.



Durante una tempesta solare il Sole produce forti emissioni di materia dalla sua corona che generano un forte vento solare, le cui particelle ad alta energia vanno ad impattare il campo magnetico terrestre dalle 24 alle 36 ore successive all'espulsione di massa coronale.

La pressione del vento solare cambia in funzione dell'attività solare e tali cambiamenti modificano le correnti elettriche presenti nella ionosfera. Le tempeste magnetiche generalmente durano dalle 24 alle 48 ore, anche se alcune possono durare per diversi giorni.

Ciò può provocare interferenze alle funzioni di comando e di controllo dell'UAS. Esistono apposite APP che monitorano l'attività solare e che possono esserci d'ausilio nella decisione se volare o rimandare.

#### WIND CHILL

Per wind chill si intende quel fenomeno per il quale, in presenza di vento, la temperatura percepita dal nostro corpo risulta essere inferiore di quella reale. Più il vento è intenso e più la temperatura scende.

Il wind chill è un indice che si calcola prendendo il dato della temperatura e quello del vento.

Una massa d'aria (con temperatura inferiore rispetto a quella corporea) che investe la pelle nuda, determina infatti una perdita di calore per evaporazione che è tanto maggiore quanto più è elevata la velocità del flusso d'aria stesso. Ciò comporta che il nostro corpo percepisca una temperatura apparentemente inferiore a quella effettivamente presente.

L'effetto del Wind Chill è quello di abbassare la temperatura apparente percepita dal corpo umano.

Trattandosi pertanto di un valore termico, anche se apparente, il Wind Chili viene espresso in gradi centigradi talvolta, per precisarne il significato, tale indice viene anche chiamato "indice di raffreddamento". È calcolato mediante un'equazione empirica nella formula si tiene conto della temperatura dell'aria e della velocità del vento. Tale indice è significativo quando la velocità del vento è compresa tra 2 metri al secondo (m/s) e 24 metri al secondo (m/s) e La temperatura è inferiore a 11°C.

224. In base a questo METAR: METAR EHGG 171055Z AUTO 27010KT 9999 FEW042 SCT046 10/08 Q1015 NOSIG= cosa potrebbe risultare seriamente pregiudicato a causa delle condizioni meteorologiche?

- Software dell'UAS
- Segnale radio
- Modalità GPS dell'UAS
- Stabilità dell'UAS in aria

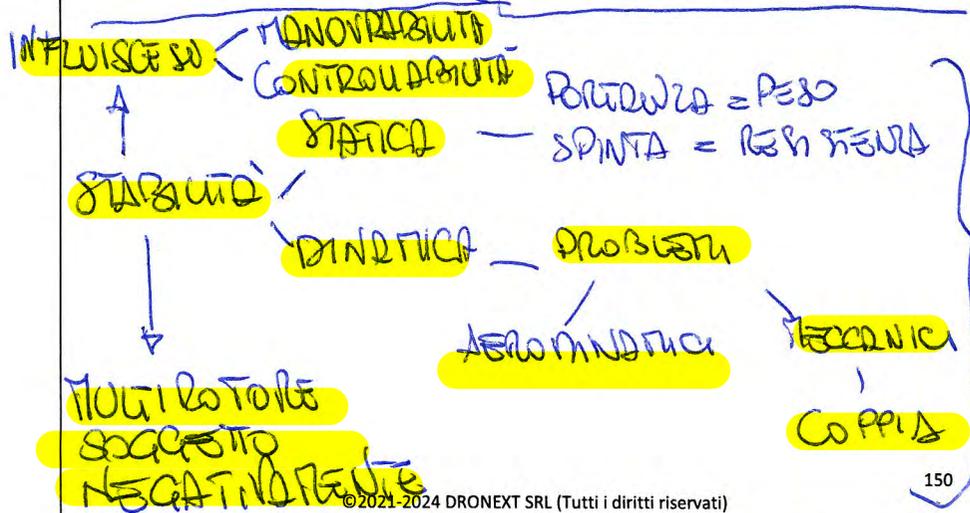
LIMITI OPERATIVI  
UAV

INVILUPPO DI VOLO

↓  
 DIAGRAMMA CHE RIASSUME  
 LE PRESTAZIONI DI UN  
 VEICULO IN FUNZIONE  
 DELLA QUOTA E I FATTORI  
 DI CARICO

PRESTAZ. DI VOLO UAS

↓  
 AERODINAMICA  
 PRODUZIONE



## B) PRESTAZIONI DI VOLO E PIANIFICAZIONE

UAS è l'acronimo inglese usato per indicare Unmanned Aircraft Systems, ossia Sistema aeromobile senza pilota. Con questo acronimo **indichiamo un'ampia gamma di velivoli senza pilota: multicotteri, ad ala fissa, elicotteri e VTOL (convertiplani).**

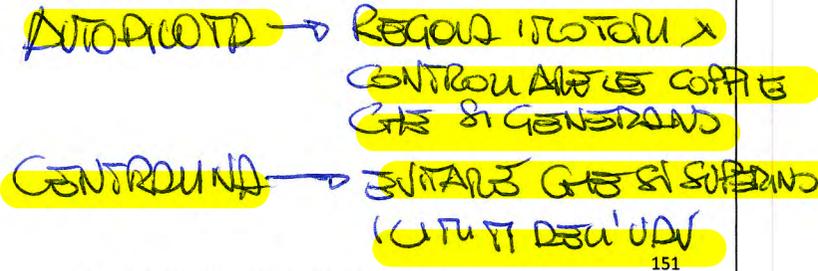
### B.1) INVILUPPO DI VOLO

In aerodinamica con **Inviluppo di Volo** si intende un diagramma che riassume le prestazioni di un velivolo in funzione della quota per i vari fattori di carico. In sostanza si tratta di una raccolta di tutti i limiti operativi dell'aeromobile, o anche delle condizioni operative sopportabili in sicurezza dal mezzo.

Per **Fattore di Carico** si intende una grandezza vettoriale il cui modulo è il rapporto tra le risultanti delle forze di massa (solitamente forza peso e forza di inerzia) e la forza peso stessa. È un parametro che consente di esprimere in maniera sintetica l'entità dei carichi su un aeromobile.

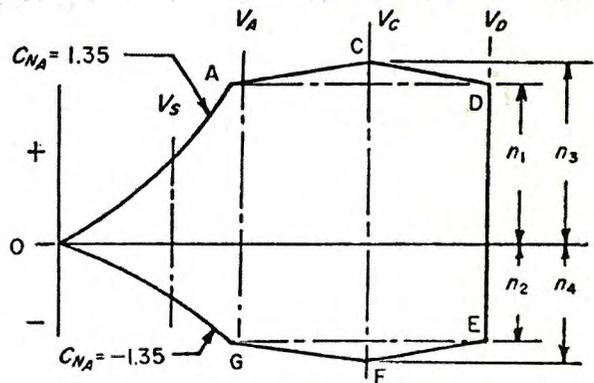
Il termine è alquanto liberamente applicato, e può anche riferirsi ad altre misure come manovrabilità. Quando un aereo viene spinto, per esempio mediante immersione alle alte velocità, si dice essere volato "fuori busta", qualcosa considerato piuttosto pericoloso.

Inviluppo di volo è uno di una serie di termini correlati che sono tutti usati in modo simile. È forse il termine più comune, perché è la più antica, prima di essere utilizzato nei primi giorni di test di volo. Esso è strettamente legato ai termini più moderni, conosciuti come potenza in più e di un "diagramma del canile" che sono diversi modi di descrivere un inviluppo di volo. Inoltre, il termine è stato ampliato e portato fuori dal campo dell'ingegneria, fa riferimento ai limiti severi in cui un evento si svolgerà o più in generale al comportamento prevedibile di un dato fenomeno o situazione, e quindi, al suo inviluppo di volo.



FATTORI DI CARICO -> RAPP. TRA POTENZA E PESO ("G")

# INVILOPPO DI VOLO → LIMITI OPERATIVI UAS



1. Conditions "C" or "E" need only be investigated when  $n_3 \frac{W}{S}$  or  $n_4 \frac{W}{S}$  is greater than  $n_1 \frac{W}{S}$  or  $n_2 \frac{W}{S}$ , respectively.  
 2. Condition "G" need not be investigated when the supplementary condition specified in § 23.869 is investigated.

PRESTAZIONI DI VOLO  
 - AERODINAMICA  
 - PROPULSIONE  
 ↓ +  
 VANTAGGI ATMOSFERA

In parole più semplici con Involuppo di Volo si vanno ad indicare tutti i limiti operativi dell'aeromobile, come ad esempio la massima velocità, la massima inclinazione etc.

Il diagramma sopra riportato fa riferimento ad un aeromobile "manned", ma per quanto riguarda i UAS è praticamente impossibile andare a violare i limiti strutturali in quanto si tratta di macchine compatte e "intelligenti" grazie alla centralina di volo e ai diversi sensori dai quali sono composte.

Le prestazioni di un velivolo dipendono da:

- aerodinamica dell'aeromobile
- caratteristiche del sistema propulsivo (spinta o potenza disponibile)

Nello studio dell'Involuppo di Volo bisogna tenere in considerazione anche lo studio dell'atmosfera, che è l'ambiente all'interno del quale l'aeromobile si muove. L'atmosfera è una miscela gassosa non omogenea di differenti sostanze aeriformi e di pulviscolo di densità e concentrazione variabili in base a:

- quota (all'aumentare della quota l'aria è più rarefatta con un conseguente decremento delle caratteristiche aerodinamiche dell'aeromobile);
- stagioni;
- condizioni meteorologiche
- ore del giorno
- latitudine.

PRESTAZIONI DI VOLO

AERODINAMICA  
 PROPULSIONE



## MULTICOTTERO

MC

Un UAS multicottero è un drone dotato di con due o più rotori (quattro, sei e otto sono le configurazioni più comuni), che possono decollare e atterrare verticalmente.

Gli UAS ad ala rotante sono molto più flessibili e sono anche ideali per volare in aree ristrette e possono portare payloads di molto superiori a quelli di un'ala fissa.

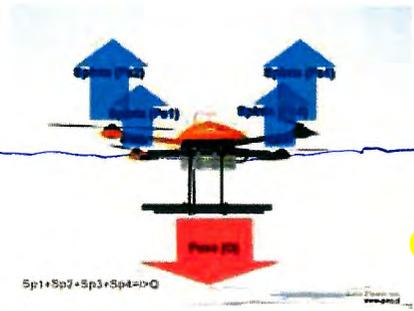
Vale la pena ricordare tipi più comuni di multicottero:

- **QUADRIOTORI (4 rotori):** sono i più comuni, e dispongono di una semplice struttura meccanica. Non ci sono motori ridondanti, il che significa che se un rotore incontra un problema, l'aeromobile precipiterà.
- **ESACOTTERI (6 rotori):** possono rimanere in aria anche quando uno dei motori smette di funzionare. A fronte di questo, saranno tendenzialmente più pesanti rispetto alla configurazione con 4 motori.
- **OTTACOTTERI (8 rotori):** possono rimanere in aria anche quando due motori non adiacenti smettono di funzionare. Garantiscono inoltre un "payload" di peso e misura superiore.

Il multicottero vola grazie ai **rotori** di cui è dotato, essi attraverso il lavoro di uno o più motori producono uno **spostamento di una data massa d'aria per ogni secondo di volo al di sotto della macchina**, accelerando la velocità delle particelle che la compongono, in altre parole trasformando la pressione statica in pressione dinamica. L'aria così accelerata deve corrispondere in termini di quantità tale da equivalere o superare il peso stesso dell'aeromobile per ogni secondo di volo. A questa azione corrisponde una reazione uguale e contraria che spinge la macchina verso l'alto.

Il rotore di un multicottero è composto in buona sostanza da una elica, disegnata per volare su un piano orizzontale esattamente come il rotore di un elicottero. L'elica di un rotore di un multicottero è molto simile ad una ala che ha un allungamento molto steso, e che viene posta in rotazione ad alta velocità per generare la spinta necessaria al volo. La principale forza che si viene a generare su di una superficie alare - che nel nostro caso è rappresentata dalle pale del rotore - si chiama Portanza.

ROTORI → = ELICA che VOLA SU UN PIANO ORIZZONTALE.  
 ↳ GENERAZIONE DI UNA FORZA DETTA "PORTANZA"



DEPRESSIONE  
↑  
ROTORI  
↓  
PRESSIONE

VOLO  
↑ VERSO  
LA  
ZONA  
SOP.

2/3  
PRESSIONE  
1/3

Un rotore di un multicottero durante la rotazione produce una forte depressione sulla parte superiore ed una relativa pressione al di sotto di esso.

La differenza tra queste due forze produce in buona sostanza il volo attraverso una spinta verso la zona di depressione, che nel nostro caso corrispondono alla zona superiore del rotore.

Infatti i valori di Depressione rispetto a quelli della Pressione sono distribuiti nella porzione di 2/3 al di sopra e di 1/3, al di sotto del rotore, esattamente come rappresentato nell'animazione sotto.



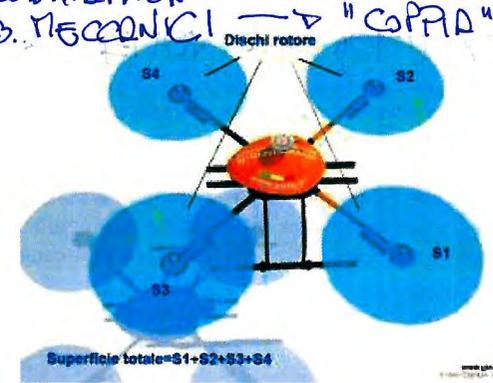
Riepilogando, in un multicottero le ali sono sostituite dalle pale del rotore, una elica particolare progettata per lo scopo, che viene fatta ruotare ad alta velocità per raggiungere le stesse condizioni di un'ala di un aeroplano, ma diversamente da essa aventi una rivoluzione intorno ad un centro di rotazione, seguendo cioè un circolo definito che crea una superficie virtuale chiamata Disco Rotore.

ALI CHE RUOTANO INTORNO  
AD UN CENTRO DI ROTAZIONE } DISCO ROTORE

STABILITA' < STATICA -> PORTANZA = PESO  
< DINAMICA -> PROBLEMI

UDA - PROBLEMI DI STABILITA' DINAMICA

- AERODINAMICA
- PROB. MECCANICI



NO FORZE  
SPINTA = RESISTENZA  
PORTANZA = PESO  
↑  
INSIEME DI FORZE  
ESERCITATE DA UN UDA  
= MACCHINA IN  
EQUILIBRIO

STABILITA' STATICA E DINAMICA

La stabilità di un aeromobile è data dalla capacità di sostenere una determinata condizione di volo in maniera costante e non imprevedibile.

Il concetto di stabilità si avvicina a quello di equilibrio di un aeromobile, se infatti l'insieme di forze e momenti esercitati sull'aeromobile è uguale a zero, si determina che la macchina risulta in perfetto equilibrio per quelle determinate condizioni di volo; in altre parole la portanza deve essere uguale al peso, la spinta uguale alla resistenza e nessun altro momento o forza deve agire sulla macchina volante.

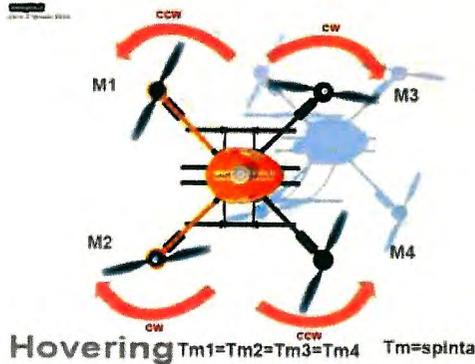
Gli aeromobili a multimotore sono estremamente instabili e per questo richiedono una serie di sistemi integrati atti a garantire sia la stabilità Statica che quella Dinamica. Ogni singolo rotore produce una spinta, ma anche una coppia che si formano nel suo centro di rotazione, allo stesso modo esso produce anche una forte resistenza che si genera sull'intera struttura del multirottore, come sui bracci o sulle varie componenti che sono esposte ai flussi di aria provenienti dai rotori che si trasformano in turbolenze. In altre parole un multirottore è soggetto a due principali problemi legati alla stabilità dinamica, uno di ordine aerodinamico e l'altro di tipo meccanico.

Un multirottore è quindi costantemente sottoposto all'azione di molteplici forze, che ne disturbano lo stato permanentemente. Il problema di natura meccanica è chiamato COPPIA. Essa è generata su ogni singolo rotore ed esponenziale per tutti i rotori che sono in funzione durante il volo.

Dunque poiché ogni rotore genera una forza durante la rotazione come risultato esso ne genera una opposta, in base al principio della terza legge della dinamica che stabilisce che ad ogni azione corrisponde una azione uguale e contraria. Se l'elica ha una

rivoluzione oraria (CW) il motore che la pone in rotazione tenderà a ruotare nella direzione opposta e cioè in senso antiorario.

Questo crea un serio problema di stabilità direzionale giacché i rotori sono montati su un piano orizzontale e la coppia di reazione si scarica sul telaio della macchina sul quale essi sono fissati. Se infatti avessimo tutti i quattro rotori in rotazione nella stessa direzione, il telaio del drone ruoterebbe vorticosamente nella direzione opposta senza alcuna possibilità di controllo.



Per ovviare a questo inconveniente bisogna generare una coppia opposta facendo in modo che la metà dei rotori montati sulla macchina abbiano una rivoluzione contraria in modo da annullare la coppia di reazione prodotta dall'altra metà di essi.

Per fare un esempio, su un multirottore a quattro rotori due di essi avranno rivoluzione oraria (CW) mentre gli altri due avranno rivoluzione antioraria (CCW).

Questo meccanismo genererà delle coppie di reazione su tutti e quattro i rotori che però verranno annullate reciprocamente.

Questa storia della coppia è la prima forma di disturbo della stabilità della macchina, perché è molto difficile che le coppie che si generano abbiano tutte una perfetta ed equilibrata intensità reciproca. In realtà questo non avviene mai, tuttavia il sistema di controllo della stabilità, l'Autopilota fa in modo di regolare i motori singolarmente in modo tale da controllare l'intensità delle varie coppie che si generano, tale da annullarle numerose volte per ogni secondo di volo, attraverso l'elaborazione di speciali algoritmi e di sensori come il gruppo giroscopico-accelerometri che forniscono le informazioni di spostamento nello spazio all'Autopilota che agisce sugli ESC in modo tale che queste unità varino costantemente il numero di giri dei motori con il fine di equilibrare le coppie reciproche.

ESC → modificano i giri motore

ELICHE → • DIAM. MIN. PASSO LUNGO

↳ + SPINTA MA PILOTAGGIO DIFFICILIOSO

Turbolenze



• DIAM. GRANDE PASSO CORTO

+ MAGG. CARICO + FRA LE PILOTAGGIO

• ELICO NON BILANCIATA → MAG. VIBRAZIONI

Questo stato di cose agisce sull'intero sistema rendendolo assolutamente instabile, tra l'altro non stiamo parlando di un solo rotore in azione ma di almeno quattro, che producono quattro spinte differenziate e quattro stati turbolenti irregolari, ed è la somma di tutte le forze ed i momenti che si sviluppano lungo tutto il volo del multicottero a renderlo estremamente instabile, se poi a questo si aggiunge il problema già descritto della coppia allora risulterà facile immaginare alle estreme difficoltà che si incontrerebbero se si tentasse di controllare un multirottore manualmente senza l'ausilio di un sistema di stabilizzazione dinamica.

La somma di queste componenti rende un multimotore assolutamente instabile. Vi sono in gioco due tipologie di stabilità, quella statica e quella dinamica; un multirottore per sua natura è soggetto negativamente ad entrambe.

#### APPROFONDIMENTO SULLE ELICHE:

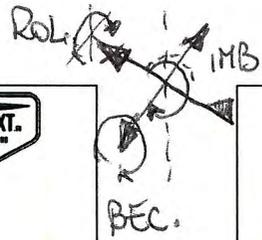
L'ELICA è il componente di esecuzione finale dell'intero sistema di propulsione e fornisce in sostanza la forza di sollevamento al nostro UAV.

Sono disponibili sul mercato eliche in plastica, materiale composito o fibra di carbonio. Le eliche in fibra di carbonio sono ideali per gli UAV multirottore. Le caratteristiche dell'elica di un UAV influiscono direttamente e pesantemente sulle sue caratteristiche di volo.

Le eliche leggere forniscono una buona accelerazione grazie alla loro piccola inerzia, mentre le eliche dure non si deformeranno facilmente quando ruotano ad alta velocità, inoltre sono altamente efficienti.

- Eliche con diametro minore e passo lungo hanno la capacità di variare la spinta più velocemente, rendendo l'UAV più agile ma difficilioso nel pilotaggio.
- Eliche di grande diametro e passo corto sono adatte a sollevare un peso maggiore ed hanno un pilotaggio più facile.
- Un' elica non perfettamente bilanciata comporta un aumento delle vibrazioni

# INSTABILITÀ DOLUTA A: TURBOLENZE



## STABILITÀ STATICA

Un aeromobile è sottoposto a tre differenti tipi di stabilità.

La condizione di instabilità avviene quando un aeromobile è sottoposto ad una serie di turbolenze, cioè soggetto ad uno sbilanciamento statico, quando cioè l'equilibrio è compromesso in modo tale che la prua o la coda beccheggino, cioè si muovono verso l'alto e verso il basso; per esempio ad un aumento o diminuzione della potenza dei rotori anteriori o posteriori, oppure quando avviene una variazione dell'assetto in volo, dovuto a modifiche della traiettoria etc. In ogni caso quando queste condizioni producono una serie di forze che agiscono sull'aeromobile ponendolo in una situazione di squilibrio che può essere permanente o temporanea.

All'azione di una forza perturbatrice che disturba l'assetto della macchina, se non ci sono ulteriori cambiamenti del comportamento in volo e se l'aeromobile mantiene la sua nuova posizione o l'assetto impressi, il che significa che non ci sono forze o momenti che agiscono su di essa modificandone ulteriormente l'orientamento, allora si definirà esso **STATICAMENTE NEUTRO**, poiché la macchina assumerà la nuova posizione e la manterrà lungo il corso del volo. È chiaro che il multirottore non è staticamente stabile, poiché al di fuori di un sistema di controllo artificiale della stabilità esso non manterrebbe affatto il nuovo assetto indotto.



Volo Staticamente Neutro

Se invece le forze generate sull'aeromobile sono tali da causare squilibrio o disturbo, ma queste si oppongono automaticamente fino a quando la macchina stessa riguadagna la sua posizione originale, allora si definisce questa **STATICAMENTE STABILE**. Anche questo non è il caso naturale di un multirottore, poiché all'azione di una perturbazione sul suo assetto di sicuro non ritornerebbe alla sua posizione iniziale. Tuttavia come si può osservare se si prova a destabilizzare manualmente un multirottore dalla sua posizione originale esso si riporta automaticamente in assetto iniziale, ma questo avviene solo grazie al sistema di auto stabilizzazione elettronico.



Volo Staticamente Stabile

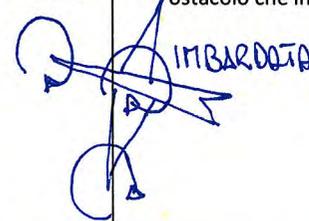
NEUTRO - MANTIENE ASSETTO IMPRESSO  
 STABILE - RIGUADAGNA EQUILIBRIO  
 INSTAB. - NON ASSETTO INCONTINUO



Se l'aeromobile continua a modificare l'orientamento o l'assetto dopo il disturbo, allora si definisce la macchina **STATICAMENTE INSTABILE**.

Gli effetti della stabilità, avvengono sempre sui tre assi di movimento di un aeromobile ed essi vengono definiti rispettivamente: **Stabilità Longitudinale**, cioè riferita al movimento di beccheggio; la **Stabilità Direzionale**, è riferita al movimento di imbardata e la **Stabilità Laterale**, riferita al movimento di rollio. Spesso la stabilità Longitudinale e Laterale sono correlate tra loro. Un multirottore si comporterebbe come in figura, cioè esaltando sempre più il suo comportamento irregolare fino alla collisione con il primo ostacolo che incontrerebbe sulla sua traiettoria.

ROLLO



Volo Staticamente Instabile



## BECCOGGIO STABILITÀ DINAMICA

Quando avviene una condizione di sbilanciamento un aeromobile può imbattersi in tre tipi differenti di moti oscillatori, mentre cerca di raggiungere un equilibrio, dopo una serie di oscillazioni decrescenti; in questo caso si definisce l'aeromobile **DINAMICAMENTE STABILE**.

Se l'aeromobile continua ad oscillare senza che questi movimenti diminuiscano di intensità, allora esso si definisce **DINAMICAMENTE NEUTRO**. Se l'intensità delle oscillazioni aumenta e l'assetto comincia a cambiare rapidamente fino a rendere quasi o del tutto incontrollabile l'aeromobile allora si definisce **DINAMICAMENTE INSTABILE**.

SIDB. - RAGGIUNGERE EQUILIBRIO → CON OSCILLAZIONI DECRESC. CONTINUE  
 NEUTRO - CONTINUA AD OSCILLARE → " " CONTINUE  
 INSTAB. - ASSETTO CAMBIA → " " CONTINUE

Forza perturbatrice

## STABILITÀ DINAMICA

Un aeromobile che sia staticamente e dinamicamente stabile, può volare da solo, fino a quando il pilota decida di cambiarne l'assetto, o senza che egli sia per forza costretto a mantenere il costante controllo della macchina in volo. Nel nostro caso i multirotori

vengono artificialmente stabilizzati attraverso l'azione matematica di calcolo dell'unità centrale.

L'Autopilota riporta sempre la macchina in posizione orizzontale in volo stazionario, fino a quando non avviene un intervento da parte del pilota che intende modificarne le condizioni iniziali.

Dunque in buona sostanza, la differenza tra stabilità Statica e Dinamica è: La stabilità statica di un aeromobile descrive la natura della macchina e la tendenza che essa ha nel conservare la sua posizione originale, dopo che una o più forze hanno disturbato il suo assetto originale.

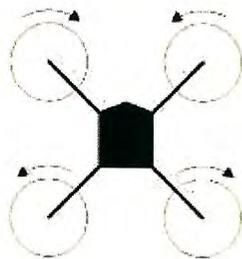


## ASSI DI ROTAZIONE E MOVIMENTI IN VOLO

### COMPORAMENTO IN VOLO

La figura mostra come avviene l'organizzazione e lo schema di rotazione dei rotori di un quadricottero. I rotori 1 e 4 hanno una rivoluzione oraria (CW ClockWise) mentre i rotori 2 e 3 hanno una rivoluzione antioraria (CCW CounterClockWise).

Ogni rotore produce una spinta ed una coppia che si genera sull'asse Z, cioè nel centro di rotazione di ognuno di essi, allo stesso modo ogni motore ed ogni singolo rotore producono una o più forme di resistenza. La combinazione di queste forze contrastanti è responsabile della estrema instabilità del multirottore durante il volo.



## VOLO STAZIONARIO (HOVERING)

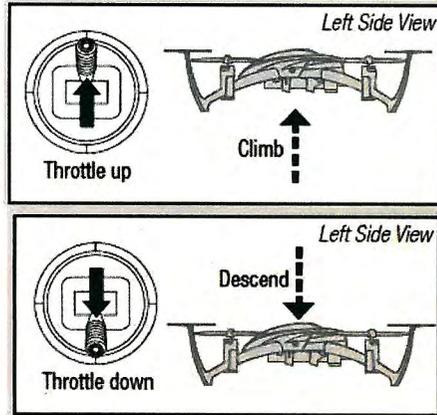
Il volo di un multicottero risponde al terzo principio della dinamica che recita: ad ogni azione corrisponde sempre una uguale ed opposta reazione. Questo principio varrà come vedremo per molti aspetti funzionali di questa macchina, come il generarsi della coppia ad esempio.

Un elicottero o un multirottore volano attraverso un lavoro prodotto dai motori sui rotori che spingono una notevole quantità di aria al di sotto della macchina, pari o superiore al peso di essa. Questa azione genera una reazione uguale e contraria, attraverso la quale la macchina si stacca dal suolo iniziando la sua fase di galleggiabilità aerea. Per mantenersi in volo la macchina è costretta a spendere una quantità di energia tale da sostenere il suo peso attraverso la spinta dei rotori. In altre parole affinché un multicottero di 3kg possa essere in grado di volare, i suoi motori dovranno produrre una spinta pari o superiore al suo peso per ogni secondo di volo, e la potenza dovrà essere uguale per ogni motore come segue  $Tm1=Tm2=Tm3=Tm4$ , poiché per mantenere un equilibrio in assetto i rotori dovranno esercitare la stessa identica spinta verso il basso.



Per farla semplice, quando le 4 eliche di un drone ruotano alla stessa velocità il drone rimane in hovering ovvero si libra in aria mantenendo un assetto stabile ed immobile. Alzando la leva del gas (chiamata anche THROTTLE o acceleratore), i quattro motori incrementano il numero di giri facendo sollevare il drone e vice versa per farlo scendere verso il basso.

In caso di ascensione allora la spinta aumenterà superando il peso della macchina fino ad una massima possibile, che sarà strettamente legata alla potenza massima disponibile che i motori possono erogare, ma altri fattori rendono le cose un po' più complesse di quanto sembrano, tra cui alcuni elementi meteorologici, come temperatura e densità dell'aria, che possono modificare sensibilmente le prestazioni dell'aeromobile.



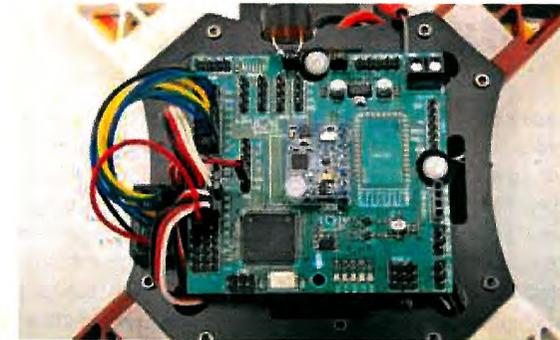
Affinché il multicottero possa iniziare il volo, in questo caso stazionario, cioè mantenendo un punto stabile sulla sua verticale, tutti i rotori che lo compongono devono produrre una quantità di spinta uguale tra loro, la cui somma sarà in grado di mantenere perfettamente la piattaforma orizzontale. In teoria è intuibile il fatto che i rotori debbano produrre una spinta uguale tra loro, ma in pratica questo non è esattamente vero, poiché moltissimi fattori influenzano l'efficienza dei rotori, generando una sensibile differenza tra loro che è la causa della naturale instabilità di questa macchina.

Ogni rotore produce una serie di momenti; si generano resistenze aerodinamiche che interessano sia la struttura stessa dell'elica portante, sia la struttura del multicottero, poiché il flusso di aria lo attraversa generando turbolenze, inoltre ci sono fattori ulteriori anch'essi contribuenti alla instabilità dell'aeromobile come l'inerzia dei motori e dei rotori, e poi la coppia stessa che si genera sia sui rotori, che influenza anche la stessa struttura che li ospita. Tutti questi fattori contribuiscono ad aumentare i problemi di instabilità.



Le forze che si generano sono continuamente differenti tra loro e variabili nei punti e nei valori, e questo avviene diverse volte al secondo.

Infatti pur mantenendo i motori perfettamente sincronizzati, il multicottero non potrà mai tenere un assetto stabile ed ordinato, ma comincerà a subire l'azione della somma e della differenza delle molteplici forze e momenti, che si stanno generando ogni secondo, con un andamento dinamicamente instabile sempre più crescente, che descriverebbe una traiettoria finale irregolare fino al ribaltamento del multicottero.



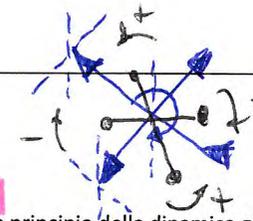
L'autopilota in questo senso interviene in modo tale da calcolare algoritmicamente la necessaria correzione da effettuare su ogni singolo rotore, variando in continuazione la velocità singola di ogni motore, in modo tale da mantenere l'assetto del velivolo perfettamente livellato sull'orizzonte. Si può verificare questa azione correttiva ascoltando attentamente il suono dei rotori, che varia in continuazione su ogni singolo rotore, oppure filmando il multicottero con una videocamera in modo tale da osservare la rotazione dei rotori, che grazie ad un effetto dovuto alla velocità di otturazione della camera, vi permetterà di notare che i rotori varieranno in continuazione la loro

rivoluzione, poiché l'autopilota interviene con delle correzioni precise, in modo da mantenere la macchina sempre perfettamente orizzontale in volo stazionario.

Tutto avviene in combinazione con i segnali inviati da alcuni sensori chiamati MEMS (es. giroscopio, accelerometro, barometro) alla centralina che effettua delle misurazioni continue e provvede così a regolare la velocità di ogni singolo motore, al fine di garantire la stabilità del velivolo.

MEMS → SENSORI che servono a calcolare le variazioni che i motori devono subire, a seconda della velocità

ESC → VARIANO LA VEL. DEI MOTORI

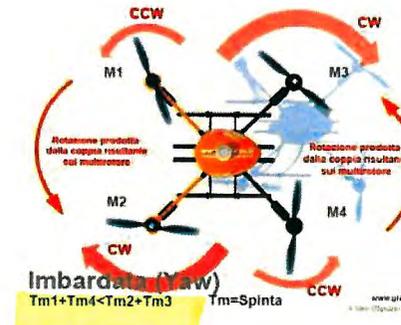


### IMBARDATA (YAW)

Sempre secondo il terzo principio della dinamica già citato sopra, a proposito di azione e reazione uguale e contraria, quando una massa è sottoposta a rotazione essa genera automaticamente una coppia, cioè una forza di uguale intensità e contraria nella direzione.

La coppia è una forza con direzione opposta al senso di rotazione di un corpo dunque essa è tanto più importante per noi, soprattutto per il fatto che essa si genera sul piano orizzontale. Quattro rotori ruotando con una velocità angolare ( $\omega$ ) generano quattro coppie, ed il senso di direzione delle coppie generatrici è sempre opposto a quello di rotazione di ognuno dei rotori.

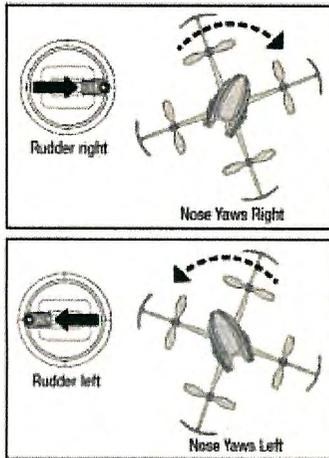
Giacché ogni rotore genera una coppia nella direzione opposta di rotazione, risulta intuitivo comprendere che per mantenere la direzione di un multicottero stabile, esso debba essere dotato di un numero di rotori pari con rivoluzioni contrapposte, in modo da poter contrastare e quindi annullare la coppia dei rotori aventi rivoluzione opposta. A questo punto tenuto conto della somma delle coppie degli uni in un senso e la somma degli altri nel senso opposto di rotazione, si dovrà avere una risultante uguale a zero sull'asse Z del multirottore.



Per poter modificare la direzione del multirottore l'autopilota dovrà creare una differenza delle spinte tra le coppie dei motori CCW rispetto a quelle di quelli CW. La differenza di spinta tra le due coppie produrrà una rotazione del multicottero nella direzione opposta alla coppia di rotori, che hanno subito un aumento della potenza, rispetto alla coppia opposta che invece hanno ridotto in proporzione la spinta stessa, proprio perché la coppia è una forza che si genera sempre nella direzione opposta di moto, così come segue:  $(Tm1+Tm4 < Tm2+Tm3)$ .

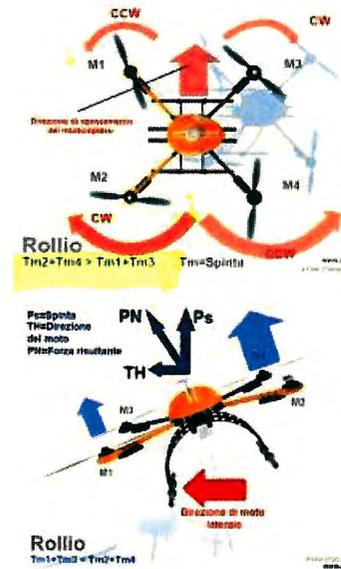
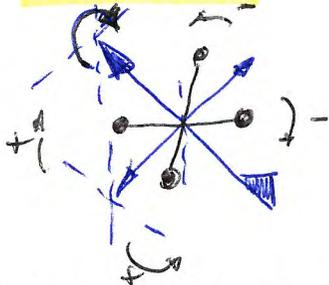
Per poter effettuare una rotazione in una data direzione, l'autopilota diminuirà la spinta su una coppia laterale di rotori, aumentando quella della coppia opposta. La coppia

risultante si muoverà nel senso opposto a quella della direzione di rotazione della coppia di rotori dominanti, cioè di quelli che hanno aumentato la loro spinta. Poiché si avrà una coppia maggiore rispetto ad una coppia di rotori, l'intera struttura comincerà a ruotare nel senso opposto, ottenendo la manovra di imbardata. In un elicottero avviene la stessa cosa, ad opera però del rotore anticoppia in coda, che esercita una forza costante sul tronco posteriore, per annullare la coppia che si genera sull'asse Z dell'elicottero. Esso può aumentare o diminuire la sua spinta, in modo da diminuire o aumentare la coppia dell'elicottero, dando la possibilità al pilota di effettuare una imbardata controllata.

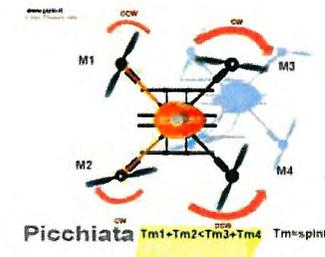


### ROLLIO

Per ottenere il volo traslato in una qualsiasi direzione è necessario aumentare la spinta dei rotori opposti al senso di direzione desiderata, diminuendo viceversa la spinta dei rotori situati sul lato stesso della direzione della spinta, così da produrre uno spostamento laterale della massa della macchina che causerà il movimento nella direzione desiderata, dunque ( $Tm2+Tm4 > Tm1+Tm3$ ).



Per la manovra di Picchiata o di Cabrata e cioè il movimento che avviene attorno all'asse laterale, per poter far traslare in avanti o all'indietro il multirobotore, valgono esattamente le stesse identiche regole che riguardano il Rollio, dunque ( $Tm1+Tm2 < Tm3+Tm4$ ).





### LIMITAZIONI

Per proteggere il proprio involuppo di volo, il drone è dotato di una **centralina** che non consente di superare determinati limiti (ad esempio non consente al drone di inclinarsi oltre un certo numero di gradi).

Tuttavia tali limitazioni non sono alle volte sufficienti a preservare l'integrità del drone ed è per questo che lo stesso deve essere accompagnato dal **Manuale di Volo** redatto a cura del costruttore. In questo manuale sono infatti riportate dettagliatamente tutte le accortezze da seguire per volare in piena sicurezza. Vengono indicate quali componenti utilizzare nelle diverse situazioni atmosferiche, quali situazioni meteorologiche non consentano di volare in sicurezza, i limiti di velocità etc..

Tali limitazioni espresse dal costruttore **possono (e a volte devono) essere integrate da parte dell'Operatore** il quale interviene aggiungendo limitazioni ogniqualvolta lo ritenga opportuno (ad esempio per prevenire pericoli non previsti dal costruttore in situazioni particolari). Tali integrazioni devono essere riportate nel Manuale delle Operazioni e nell'Analisi del Rischio (tutti manuali obbligatori e forniti da **dronext.eu**)

Normalmente le limitazioni indicate nel Manuale di Volo riguardano le limitazioni operative e le indicazioni degli strumenti, richieste per una sicura conduzione dell'UAV dei suoi motori, dei sistemi principali e dei suoi equipaggiamenti.

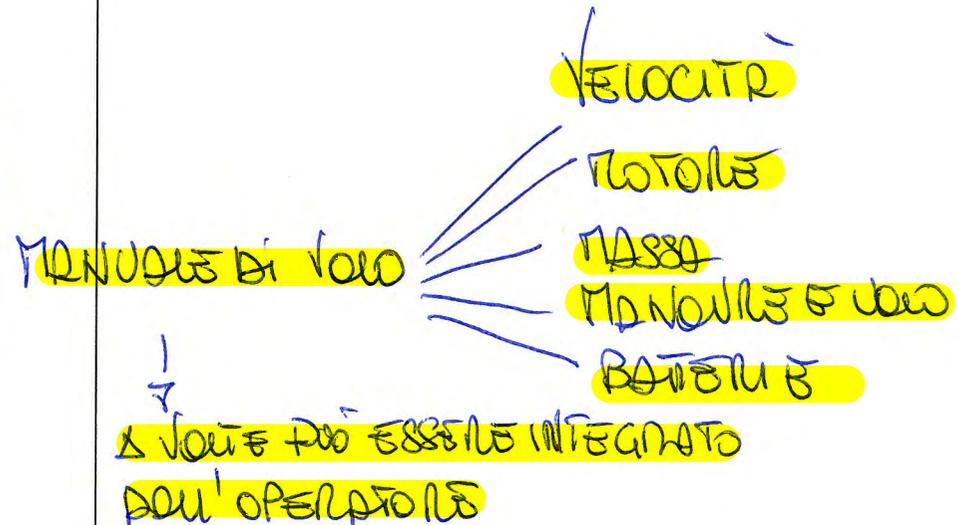
Le più comuni sono le seguenti:

- **LIMITAZIONE DELLA VELOCITÀ**
- **LIMITAZIONE MOTORE**
- **LIMITAZIONI DI MASSA**

### - LIMITAZIONI DI VOLO E DI MANOVRA

### - LIMITAZIONI BATTERIE

Ulteriori limitazioni possono man mano essere aggiunte, ma non si può mai derogare a quanto stabilito in merito dal Manuale di Volo.



MAGG. AUTONOMIA E SUP. DI VOLO DA COPRIRE  
IN MINORE TEMPO

## ALA FISSA



MAGG. TURBOLENTE

MIN. MANOVREABILITÀ

MIN. CARICO UTILE



Quando pensiamo a un UAS, normalmente il pensiero "vola" subito ai classici multimotore.

I multicottero, tuttavia non sono ovviamente l'unico tipo di droni presenti sul mercato. Una seconda tipologia che sta sempre più conquistando fette di mercato nel panorama UAS è rappresentata dall'ala fissa. Come dice il termine stesso, le ali non sono rotanti, ma fisse ed il movimento sui tre assi si ottiene quindi sollevando e abbassando le superfici di controllo e ruotando il timone: così facendo cambia l'incidenza, e con essa la portanza, e la macchina si inclina facendo perno immaginario sul suo centro di gravità.

A fronte di una tipologia di pilotaggio più impegnativa (si pensi anche solo all'impossibilità di stare in hovering), questi UAS offrono l'indubitabile vantaggio di una maggiore autonomia: un'ala fissa "consuma" molto meno di un quadricottero e può dunque stare in aria molto più a lungo (consentendo ad esempio di "coprire" zone molto più vaste di terreno).

Gli UAS ala fissa (o tuttala) sono molto simili ad aerei e hanno una struttura semplice e leggera e un'aerodinamica composta da un'ala più o meno rigida.

Il tuttala può muoversi in avanti grazie a motori elettrici (di norma uno) e può sostenersi grazie a una superficie alare integrata alla fusoliera.

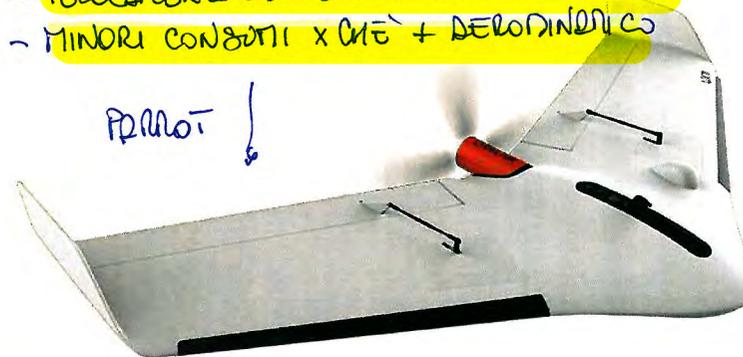
Gli UAS ala fissa sono più suscettibili dei multicotteri agli effetti della turbolenza, meno manovrabili e hanno meno capacità di carico utile, ma presentano alcuni vantaggi rispetto ai multicotteri:

- Maggiore autonomia di volo e raggio operativo;
- Minor tempo impiegato a "coprire" una superficie";
- Un eventuale guasto al motore non comporta il pericolo di precipitare

D'altra parte, rispetto agli UAS multicottero, gli UAS ad ala fissa:

- Sono normalmente più costosi;
- Non possono rimanere in hovering;
- Necessitano di una pista per decolli e atterraggi
- Hanno meno capacità di carico utile
- Sono meno manovrabili

- MAGG. RESISTENZA AL VENTO
- TELECAMERA SENZA INTRALCIO DELL'ELICA
- MINORI CONSUMI X CMC + AERODINAMICO

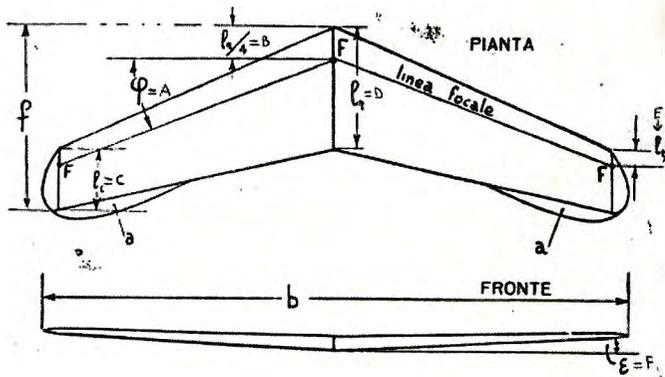


All'interno della categoria Ala Fissa, la stragrande maggioranza dei modelli è costituita dai "tuttala" (si pensi banalmente ad un Parrot Disco) in quanto tale configurazione si è dimostrata allo stesso tempo la più economica e la più efficace.

Tale configurazione infatti presenta diversi vantaggi:

- Maggiore resistenza al vento trasverso (essenziale nelle missioni automatiche);
- La telecamera anteriore o inferiore è priva dell'intralcio dell'elica;
- Minori consumi in quanto più aerodinamica (quindi possibilità di payload più pesante e/o opportunità di effettuare missioni più prolungate)

Il centro di gravità qui è fondamentale e va dunque controllato meticolosamente dopo ogni cambiamento nella configurazione del payload e/o nella sua disposizione.



Mentre per i multirotores non è fisicamente possibile superare i propri limiti strutturali, come abbiamo visto nel capitolo precedente parlando di involuppo di volo, non è escluso che ciò possa verificarsi per quanto riguarda un UAS Ala Fissa. Per questo motivo tutti gli UAS Ala Fissa oggi in commercio sono dotati di una apposita Centralina di Volo in grado di proteggerne l'involuppo di volo ignorando eventuali input potenzialmente "autodistruttivi".

**FAILSAFE → 3 SEC → RTH**

A tal proposito ricordiamo che il **Fail-safe** è la procedura che scatta quando l'autopilota di un drone, multirotores o ad ala fissa, non riceve un segnale valido dal radiocomando o avvengono altre condizioni che possono rappresentare un problema per continuare il volo in sicurezza, come la batteria scarica.

In genere gli attuali droni quando a causa di ostacoli e/o interferenze non rilevano per più di 3 secondi un segnale valido proveniente dal radiocomando, azionano la procedura failsafe che consiste nel portarsi ad una determinata altezza, da 20 a 500 metri max configurabile, e nel dirigersi verso il punto di home (RTH), ovvero il punto geografico che il drone memorizza prima di decollare quando aggancia il segnale del GPS.

**COMMAND OVERRIDE → IGNORA ORDINI**

Con **Command Override** invece si indica l'iniziativa autonoma del drone che ignora l'ordine impartito dal pilota in quanto lo reputa in contrasto con parametri di stabilità o

di sicurezza. Si pensi ad esempio agli angoli di inclinazione, ai sensori anticollisione, alle limitazioni di velocità e altezza preimpostate etc...



Automatic Return Function

# CONVERTIPLANI



## CONFIGURAZIONI IBRIDE: CONVERTIPLANI

VTOL

Un UAV convertiplano o VTOL riunisce in un solo aeromobile due caratteristiche: quella versatile del multirottore (può infatti decollare e atterrare sul posto) e quella performante del velivolo ad ala fissa sfruttando l'aerodinamicità sia dell'ala fissa che dell'ala rotante.

Grazie alla capacità di sostentarsi con ala fissa, dispone di efficienza aerodinamica molto più elevata rispetto al multirottore e di conseguenza una maggior durata dell'autonomia di volo con in più il vantaggio di poter decollare in verticale e poi traslare in volo orizzontale.

Il velivolo decolla e atterra verticalmente come un normale multicottero e si inclina per la modalità di volo in avanti per volare come un aereo ad ala fissa.

In un UAS categoria VTOL (Vertical Take-Off and Landing) il passaggio dal volo a punto fisso al volo traslato avviene attivando il motore di spinta e, superata la velocità minima di volo, spegnendo progressivamente i motori di sostentamento.

Il passaggio dal volo stazionario al volo traslato comporta, quindi, una riduzione della forza sostentatrice.



VTOL → Solo a punto fisso → 4 motori  
MC  
ATT. 4 MOTORI  
→ A SPINTA  
→ VEL. MINIMA SUPERATA  
→ SPEGNE MOTORI  
SOSTENTAMENTO  
PROGRESSIVAMENTE → AP



## UAS CON SISTEMA DI PROPULSIONE IBRIDO

Un drone ibrido è un tipo di aeromobile a pilotaggio remoto che utilizza due o più fonti di energia per sostenere il fabbisogno energetico del sistema di propulsione.

I sistemi UAV spesso usano motori brushless come sistemi di propulsione, scelti per la loro alta efficienza e controllabilità, la loro principale fonte di energia è solitamente una batteria LiPo con una densità energetica target del pacco batterie di 235 Wh/kg e 500 Wh/L nel 2020.



Con le celle attualmente reperibili sul mercato, le configurazioni multi rotore possono sostenere in media un tempo di volo da 20 a 30 minuti questo limita il raggio operativo delle operazioni possibili con questo tipo di velivoli.

Una soluzione comune a questo problema consiste nel montare un Hybrid generator, il quale è dotato di un motore a combustione interna accoppiato con una macchina elettrica, ottimizzata per avere un alto rapporto potenza peso. Il generatore trasforma l'energia chimica immagazzinata nel carburante convertendola in energia meccanica e successivamente elettrica la quale andrà ad alimentare i motori ed i sistemi di controllo e navigazione ad essi associati.

Diversi velivoli ibridi sono stati sviluppati in tempi recenti, a partire dal prototipo prodotto dall'MIT molte aziende hanno provato ad implementare sistemi simili su velivoli proprietari, con Quantum systems tra le prime a produrre un'unità commerciale capace

# CENTRO DI GRAVITÀ

PUNTO CORRISPONDENTE AL PT. USO DELLA DISTRIBUZIONE DELLA MASSA  
O UNO TOTUS LE FORZE PESO SU UN CORPO



di tempi di volo non più misurati in minuti ma in ore, con l'interesse crescente verso questo tipo di velivoli, Nicolai Valenti e Giovanni Nicola Mastronardo producono il primo kit europeo per la conversione e l'installazione di un sistema ibrido su un drone convenzionale, il progetto verrà poi successivamente acquisito da Hitecs.

Mentre queste aziende sono state più concentrate sulle sfide dal lato elettrico, come l'uso della stessa macchina elettrica sia come starter che come alternatore per riuscire ad alleggerire il sistema, altre aziende, come la Northwest UAV lavoravano sul perfezionamento di piccoli motori a combustione interna (da 44cc a 500cc) per migliorare l'affidabilità del sistema ibrido, il quale inizialmente veniva usato quasi esclusivamente con motori di tipo hobbistico (solitamente due tempi).

Il sistema è solitamente accoppiato con una fonte di energia alternativa che funge da sorgente di emergenza, solitamente si tratta di una batteria a polimeri di litio, capace di mantenere il velivolo in volo anche nell'ipotesi di un malfunzionamento al motore endotermico.

I droni ibridi sono attualmente utilizzati per operazioni lontane dal centro di controllo o operazioni che necessitano il trasporto di carichi importanti a bordo del drone, come le operazioni di ricerca e soccorso o di gestione di vasti terreni agricoli. Con alcuni velivoli che eccedono le otto ore di volo i droni ibridi si rivelano in molte occasioni più efficaci ed economici dei velivoli tradizionali. (cfr. Wikipedia)

MC  
PC  
PP

DOGONDI MOTORI (HC) FUTBOL  
35% CORDA MEMA AERODINAMICA



## B.2) MASSA, EQUILIBRIO E CENTRO DI GRAVITÀ (CG)

La gravità è la forza di attrazione che attira tutti i corpi al centro della Terra. Il CG può essere considerato un punto in cui si concentra tutto il peso del UAV. Se l'aeromobile fosse sostenuto nel suo baricentro esatto, sarebbe in equilibrio in qualsiasi posizione.

Il CG è di grande importanza per l'UAS, poiché la sua posizione ha una grande influenza sulla stabilità. La posizione consentita del GC è determinata dalla progettazione complessiva di ciascun aeromobile. I progettisti determinano di quanto si sposterà il centro di pressione (PC).

È importante capire che il peso di un aereo è concentrato nel baricentro e che le forze di portanza aerodinamica possono essere concentrate nel centro di pressione (PC). Quando il baricentro è davanti al PC, c'è una naturale tendenza dell'UAV a inclinarsi in avanti. Se il PC è dietro al CG, si genera in altre parole un momento di inclinazione in avanti. Pertanto, al fine di mantenere l'equilibrio di volo, i progettisti impostano il limite anteriore del baricentro prima del PC.

La portanza dell'aereo è strettamente correlata al peso. Questa connessione è semplice ma importante per comprendere l'aerodinamica del volo.

Per far volare un corpo più pesante dell'aria, com'è appunto un aeromobile, si sfrutta ancora la forza derivante dalla differenza di pressione fra la porzione inferiore e la porzione superiore dell'ala, solo che tale differenza di pressione è ottenuta dinamicamente anziché staticamente e cioè grazie al moto relativo fra l'aria e l'ala.

La forza così ottenuta, cioè la forza che "porta" l'aereo e gli consente di mantenersi in volo, è quindi denominata portanza e l'organo addetto alla formazione della portanza è l'ala. Si può spiegare come l'ala genera la portanza grazie al Principio di Bernoulli: man mano che la velocità di un fluido, in questo caso l'aria, aumenta in una certa direzione, la pressione che il fluido stesso esercita nella direzione perpendicolare al moto diminuisce.

Nel volo stabilizzato, quando la forza di sollevamento è uguale alla forza del peso, il velivolo è in uno stato di equilibrio e non accelera né verso l'alto né verso il basso.

Se il sollevamento diventa inferiore al peso, la velocità verticale diminuirà.

Quando la portanza è maggiore del peso, la velocità verticale aumenterà.

LOW → DIFF. DI PRESSIONI TRA PARTI INF. E SUP. DELL'ALA  
OTENUTA DINAMICAMENTE GRAZIE AL MOTO RELATIVO  
TRA ARIA E ALA

CG → PUNTO IN CUI SI CONCENTRA TUTTO IL PESO DELL'UAV (STABILITÀ!)

BARICENTRO → PUNTO DI APPLICAZIONE DEL PESO FORZA  
"PORTAZIONE"

CENTRO DI PRESSIONE → PUNTO DI CONCENTRAZIONE DELLE FORZE DI PORTANZA

P22 W00 → ACCESSORI COLLEGATI AL UAV MA CHE NON SERVONO X CONTROLLO E NON SONO FOTO O SU CO



### PESI e CENTRAGGI - INFORMAZIONI GENERALI

Le limitazioni di peso e di bilanciamento sono specificate nel Manuale di Volo. Le limitazioni non devono mai essere superate e a tal proposito il pilota ha la responsabilità di assicurare che il peso del UAS sia sempre entro limiti prescritti nel Manuale di Volo prima di qualsiasi volo.

### PAYLOAD E LIMITAZIONI

Il centro di gravità è un fattore determinante nella caratteristica di volo per il decollo e la stabilità statica longitudinale. Un UAV correttamente caricato fornirà buone prestazioni all'interno dell'involucro di volo. Il metodo per determinare il peso di decollo e Centro di Gravità sono contenuti e riportati nel Manuale di Volo.

**PAYLOAD:** Il Regolamento UE 947/2019 definisce "payload": "ogni strumento, meccanismo, equipaggiamento, parte, apparato, annesso o accessorio, comprese le apparecchiature di comunicazione, installato sull'aeromobile o collegato a esso e non utilizzato o destinato a essere utilizzato per l'esercizio o il controllo di un aeromobile in volo e che non costituisce parte di una cellula, di un motore o di un'elica."

Prima di applicare un carico aggiuntivo all' UAS è necessario considerare l'equilibrio generale del sistema al fine di evitare conseguenze nefaste in volo.

Uno dei controlli da fare prima del primo volo è quello del Centro di Gravità (CG). **Il Centro di Gravità è il punto corrispondente al valor medio della distribuzione della massa, ovvero il punto di applicazione di tutte le forze peso su un corpo.**

Il Centro di Gravità è, in altre parole, il punto nel quale si concentra l'intero peso del velivolo. Un corretto bilanciamento dei pesi di un UAV è fondamentale al fine di effettuare un volo sicuro dal punto di vista delle prestazioni di volo.

**Il calcolo per individuare la posizione del centro di gravità si ottiene dividendo la somma dei momenti esercitati da ogni singolo peso (i singoli bracci sono dati dal manuale di volo) per la somma dei pesi.**

#### Avvertenze e Raccomandazioni

Prima del volo è **OBBLIGATORIO** controllare il bilanciamento del mezzo. Nel caso venga effettuato un **NON CORRETTO** bilanciamento dei pesi su un UAV le prestazioni di volo possono compromettere la sicurezza del volo.



Aggiungere un PAYLOAD all'UAV modifica il centro di Gravità. La stabilità dell'aeromobile può essere garantita solo se il centro di gravità si dispone tra i valori minimi e massimi previsti.

### PROCEDURE PER LA PESATA

#### PREPARAZIONE

- Effettuare la pesata in un luogo chiuso.
- Allineare la prua dell'UAV.
- Posizionare la bilancia sotto un punto di appoggio.
- Posizionare sotto i restanti punti di appoggio spessori sufficienti a livellare l'UAV.

#### PESATA

- Registrare il peso rilevato per ciascun punto di appoggio.
- Effettuare una serie di tre pesate per ogni punto di appoggio e calcolarne il valore medio.

#### DETERMINAZIONE DEI VALORI A e B PER C.G. LONGITUDINALE

- Posizionare un filo a piombo tangente il braccio sinistro anteriore, tracciare un riferimento sul pavimento.
- Ripetere l'operazione per il braccio sinistro posteriore.
- Unire con un cavo ben teso i due punti così trovati e segnare il punto di mezzeria.
- Posizionare un filo a piombo tangente il braccio destro anteriore, tracciare un riferimento sul pavimento.
- Ripetere l'operazione per il braccio destro posteriore.
- Unire con un cavo ben teso i due punti così trovati e segnare il punto di mezzeria.
- L'unione di quest'ultimo punto e del punto di mezzeria trovato in precedenza delinea il datum longitudinale.
- Misurare le distanze tra il cavo di riferimento e i punti di contatto a terra del carrello (Valori A e B).

#### DETERMINAZIONE DEI VALORI C e D PER C.G. LATERALE

- Posizionare un filo a piombo tangente il braccio sinistro anteriore, tracciare un riferimento sul pavimento.
- Ripetere l'operazione per il braccio destro anteriore.
- Unire con un cavo ben teso i due punti così trovati e segnare il punto di mezzeria.
- Posizionare un filo a piombo tangente il braccio sinistro posteriore, tracciare un riferimento sul pavimento.
- Ripetere l'operazione per il braccio destro posteriore.
- Unire con un cavo ben teso i due punti così trovati e segnare il punto di mezzeria.
- L'unione di quest'ultimo punto e del punto di mezzeria trovato in precedenza delinea il datum laterale.

- Misurare le distanze tra il datum laterale e i punti di contatto a terra del carrello (Valori C e D).
- Con i dati registrati è possibile determinare la posizione del C.G. ed il momento del UAV (vedi tabella che segue).

#### REGISTRAZIONI DEL PESO E BILANCIAMENTO

Le seguenti informazioni permettono di operare il velivolo all'interno delle limitazioni di peso e centraggio prescritte. Il velivolo deve essere pesato ogni volta che intervenga una variazione di configurazione o riparazione maggiore. In caso di modifiche minori e in presenza dei dati è possibile eseguire un calcolo analitico della variazione di peso e centraggio utilizzando i modelli sotto riportati. Questa procedura deve essere utilizzata solo in caso di sostituzione/rimozione/aggiunta di componente o equipaggiamento con valori noti di peso e posizione rispetto al datum. Una verifica fisica (pesata) deve essere effettuata in caso di mancanza di questi valori. Il peso e la posizione del baricentro calcolati o verificati dovranno essere confrontati con i limiti ammessi per il velivolo.

#### LIMITI POSIZIONE DEL BARICENTRO RISPETTO AL DATUM

I limiti di posizione del baricentro sono imposti dalla controllabilità dell'UAV. Considerando un margine di controllabilità di M.C.=1,5 e un fattore di sicurezza di F.S.=2,5 si ottiene un margine di controllabilità minimo necessario pari a 3,75. La seguente figura deve essere utilizzata per verificare che la posizione  $X_{cg}$  e  $Y_{cg}$  sia entro i limiti ammessi.

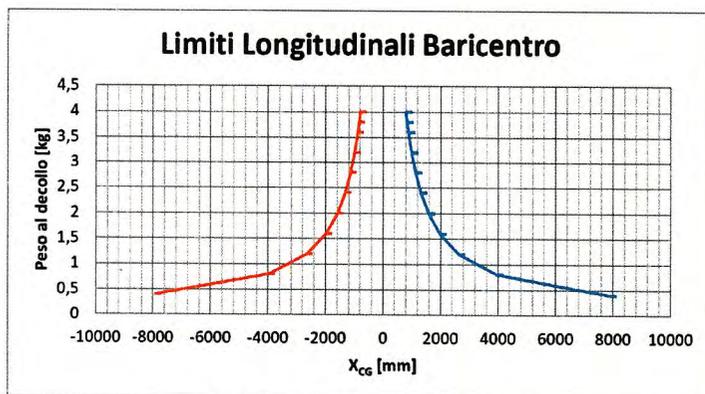


Figura 6-2: Limiti Longitudinali baricentro

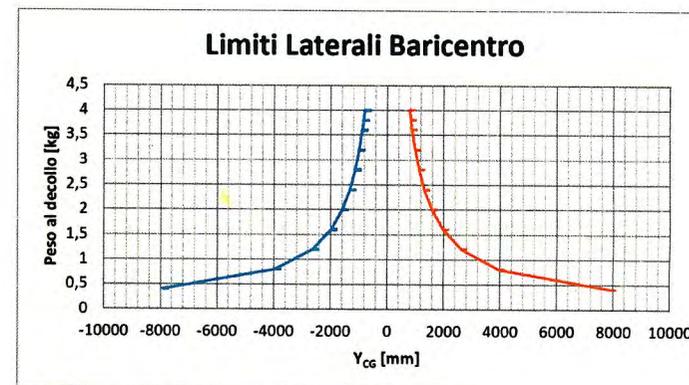


Figura 6-3: Limiti Laterali baricentro

#### CALCOLO DEL PESO E BILANCIAMENTO AL DECOLLO

Il modello "Take Off Weight and Balance Record" deve essere completato dall'operatore per verificare la posizione del baricentro e il peso al decollo del UAS. Il modello si compila a partire dalle informazioni del peso e centraggio a vuoto. Si aggiunge il peso degli equipaggiamenti installati prima del volo e si sottrae il peso degli equipaggiamenti sbarcati. Nella colonna "Moment" si inserisce il momento calcolato dal prodotto del peso per il braccio dei singoli items. Per finire si ricava la somma dei momenti e la somma dei pesi. La posizione del baricentro rispetto al datum si ottiene dividendo la somma dei momenti per la somma dei pesi.



Entry	Date	DESCRIPTION ARTICLE MODIFICATION	OF OR	LOADING				
				Weight (kg)	Longitudinal		Lateral (+ = RIGHT SIDE)	
					Arm (mm)	Moment (N*mm)	Arm (mm)	Moment (N*mm)
1		Empty Weight						
2		e.g. Battery # 1						
3		e.g. Battery # 2						
4		e.g. Payload # 1						
5		e.g. Payload # 2						
6								
7								
8								
Take-Off Gross Weight and CG								

Il centraggio dei UAS multirottore è semplice. È infatti sufficiente individuare l'incrocio delle diagonali che uniscono le coppie di motori contrapposti, se stiamo parlando di un drone con numero pari di rotori (ad esempio un quadricottero, un esacottero etc).

Qualora invece l'UAS fosse dotato di un numero dispari di rotori (ipotesi rara), la questione è più complessa e sarà lo stesso costruttore ad indicare la posizione del baricentro.

L'individuazione del baricentro è fondamentale perché è proprio lì che dovremo andare ad applicare l'eventuale payload aggiuntivo o anche il cavo di vincolo. Se non posizionassimo il payload in corrispondenza del baricentro dovremmo ricalcolare tale punto e utilizzare zavorre andando a rendere estremamente complicata ogni ulteriore operazione oltre che a ridurre l'autonomia in ragione dei maggiori consumi.

Ogni differente tipo di UAV ha dunque un differente posizionamento del Centro di Gravità:

- **MULTIROTORI CON NUMERO PARI DI ROTORI:** incrocio delle diagonali dei motori contrapposti
- **MULTIROTORI CON NUMERO DISPARI DI ROTORI:** indicato dal costruttore



- **ALA FISSA:** 30% della Corda Media Aerodinamica (lunghezza media di tutte le corde alari misurate nei diversi punti dell'ala)
- **ELICOTTERI:** sulla flybar, ossia sulla barra stabilizzatrice dove si innestano le pale dell'elica

### STABILITÀ

La stabilità è la caratteristica di un aeromobile di correggere le condizioni che possono disturbare il suo equilibrio e di tornare alla traiettoria di volo originale.

La stabilità di un aeromobile influisce in modo significativo su due caratteristiche:

- **Manovrabilità** - indica la qualità di un aeromobile che gli consente di essere manovrato facilmente e di resistere alle varie manovre. Dipende dal peso dell'aeromobile, dall'inerzia, dalle dimensioni, dalla resistenza strutturale e dal sistema di propulsione.
- **Controllabilità:** la capacità di un velivolo di rispondere al comando del pilota, soprattutto in termini di direzione e assetto di volo. Consiste nella risposta dell'aeromobile al controllo esercitato dal pilota nella manovrabilità dell'aeromobile, indipendentemente dalle sue caratteristiche di stabilità.

### FATTORI DI CARICO

In aerodinamica, il fattore di carico massimo (all'angolo di attacco) è un rapporto tra portanza e peso e ha una relazione trigonometrica. Il fattore di carico si misura in G (accelerazione gravitazionale), unità di forza pari alla forza esercitata dalla gravità su un corpo in appoggio e indica la forza a cui è sottoposto un corpo quando gli si imprime un'accelerazione.

Qualsiasi forza applicata a un UAV per deviare il suo volo da una linea retta produce stress alla sua struttura. L'entità di questa forza è il fattore di carico.

Ad esempio, un fattore di carico di 3 significa che il carico totale sulla struttura di un aereo è tre volte il suo peso.

Poiché i fattori di carico sono espressi in termini di G, possiamo parlare di un fattore di carico di 3G o di un fattore di carico di 4 come 4G.

Nella progettazione, la struttura dell'aereo è progettata per sopportare solo una certa quantità di sovraccarico, quindi la conoscenza dei fattori di carico diventa essenziale per tutti i piloti.

**FATTORE DI CARICO = RAPPORTO TRA PORTANZA E PESO**

**SI MISURA IN "G"**  
**MOLECOLE CON CARICAZIONE**



## B.3) PAYLOAD E FISSAGGIO

Per carico utile, (in inglese **payload**, tradotto anche in modo letterale come carico pagante), si intende la **capacità di carico di un aeromobile**. Solitamente si misura in termini di massa. Il carico utile varia a seconda della natura del volo e può comprendere telecamere, strumenti scientifici o altre attrezzature.

Il Payload è quasi sempre l'unica ragione per la quale stiamo facendo volare il drone, ma dobbiamo stare molto attenti in quanto, com'è ovvio si va modificare l'assetto, l'aerodinamicità, il peso e i consumi del drone stesso.

Per quanto riguarda i **consumi**, aggiungendo peso si abbassa la durata della batteria. Ciò è tanto più vero se il payload è alimentato dalle stesse batterie che alimentano il drone (si pensi ad esempio ad una camera multispettrale).

Per quanto riguarda il **peso**, bisogna prestare particolare attenzione a non superare mai il MTOM (o MOD) stabilito dal costruttore e riportato nel Manuale di Volo. Ogni aggiunta andrà comunque inserita nel Manuale di Volo e nel Documento di Configurazione del Sistema con un'apposita revisione degli stessi).

Dal punto di vista **aerodinamico** è palese come l'aggiunta di payload vada a modificare anche pesantemente l'aerodinamicità (già scarsa) del drone. Si pensi ad esempio ad un banner pubblicitario a quanta resistenza potrà opporre in fase di volo.

Infine, il payload andrà necessariamente **centrato** (normalmente nel baricentro) alla perfezione per evitare di sbilanciare il drone con esiti nefasti. Il Payload potrà ad ogni modo essere posizionato diversamente purché il peso dello stesso venga controbilanciato da apposite zavorre.

Il Payload deve sempre essere fissato correttamente all'UAV. Ad ogni modifica o cambio del payload va sempre ricontrollato il corretto fissaggio

Tutte i limiti e le indicazioni su come si deve fissare il carico o gli accessori o se è possibile aggiungere peso al UAV sono riportate nel manuale di volo fornito dal costruttore.

Prima di ogni volo, il **pilota remoto deve controllare che l'aereo sia caricato correttamente, determinando il peso e l'equilibrio dell'aeromobile**.

Devono essere rispettate le restrizioni stabilite dal costruttore per quanto riguarda il peso e l'equilibrio dell'UAV. Il rispetto dei limiti di peso e bilanciamento esplicitati dal costruttore è essenziale per la sicurezza del volo.



Sebbene sia possibile specificare un peso massimo al decollo, l'UAV potrebbe non decollare sempre in sicurezza in determinate condizioni con questo carico (ad esempio un volo in alta quota potrebbe richiedere una riduzione del peso). Altri fattori da considerare prima del decollo sono la pista,

**Le variazioni di peso durante il volo hanno anche un effetto diretto sulle prestazioni dell'aeromobile. Nelle operazioni UAS, possono verificarsi variazioni di peso in volo quando a bordo vengono utilizzati materiali di consumo (ad esempio, un carico che può essere zavorrato).**

Condizioni di equilibrio non ottimali (come, ad esempio, un'errata distribuzione del peso) possono influenzare pesantemente le prestazioni di volo allo stesso I limiti per la posizione del centro di gravità (GC) possono essere previsti dal produttore. Il CG non è un punto fisso segnato sul UAV, la sua posizione dipende infatti dalla distribuzione del peso dell'aeromobile. Se il payload (o parte di esso) si sposta o si consuma durante il volo (si pensi ad esempio allo sgancio di uova di trichogramma per la lotta alla piralide del mais), il CG potrebbe spostarsi. Il pilota remoto deve determinare come si muoverà il baricentro e gli effetti che ciò potrebbe avere sul UAV. Se il baricentro non rientra per tutta la durata del volo, nei limiti consentiti, sarà necessario spostare o modificare il payload oppure rinunciare a parte di esso.

## PESO ED EQUILIBRIO

Il rispetto dei limiti di peso e bilanciamento di qualsiasi aeromobile è essenziale per la sicurezza del volo. Pilotare un aeromobile al di sopra del limite di peso massimo consentito, ne potrebbe compromettere l'integrità strutturale e influirebbe negativamente sulle sue prestazioni.

I dati sul peso e sul bilanciamento dell'aeromobile sono informazioni importanti per un pilota che devono essere controllate frequentemente.

## Controllo del peso

Il peso è la forza con cui la gravità attira un corpo al centro della Terra. È il prodotto della massa di un corpo e dell'accelerazione che agisce sul di esso. Il peso influenza notevolmente la costruzione e il funzionamento del velivolo e richiede attenzione da parte dei piloti.

La forza gravitazionale cerca costantemente di attirare un aereo sulla Terra. La forza di sollevamento è l'unica forza che contrasta il peso e sostiene un aereo in volo.

La portanza prodotta da un profilo d'aria è limitata dal design del profilo d'aria, dall'angolo di attacco (AOA Angle Of Attack), dalla velocità dell'aria e dalla sua densità. Per garantire che la capacità generata sia sufficiente a contrastare il peso, deve essere evitato il carico di un aeromobile al di sopra del peso consigliato dal costruttore.

Qualsiasi oggetto a bordo di un aereo che ne aumenti il peso totale, influisce negativamente sulle prestazioni.

I costruttori cercano ovviamente di rendere gli aerei il più leggeri possibile, senza sacrificare però la potenza o la sicurezza.

Il pilota deve essere sempre consapevole delle conseguenze del sovraccarico. Un aeromobile sovraccarico potrebbe non essere in grado di staccarsi dal suolo o, se in volo, potrebbe volare in maniera inconsueta e presentare una potenza insolitamente ridotta. Se non è caricato correttamente, l'indicazione iniziale di pericolo di solito si verifica durante il decollo.

Un peso eccessivo riduce le prestazioni di volo in quasi tutti gli aspetti:

- Tempo di decollo più lungo;
- Velocità e angolo di salita ridotti;
- Minore altitudine massima;
- Bassa velocità di crociera;
- Ridotta manovrabilità;
- Maggiore velocità di avvicinamento e atterraggio;

Il pilota deve essere a conoscenza dell'effetto del peso sulle prestazioni dell'aeromobile in volo. Il peso in eccesso riduce di per sé i margini di sicurezza e il volo diventa ancora più pericoloso quando altri fattori potenzialmente impattanti si aggiungono.

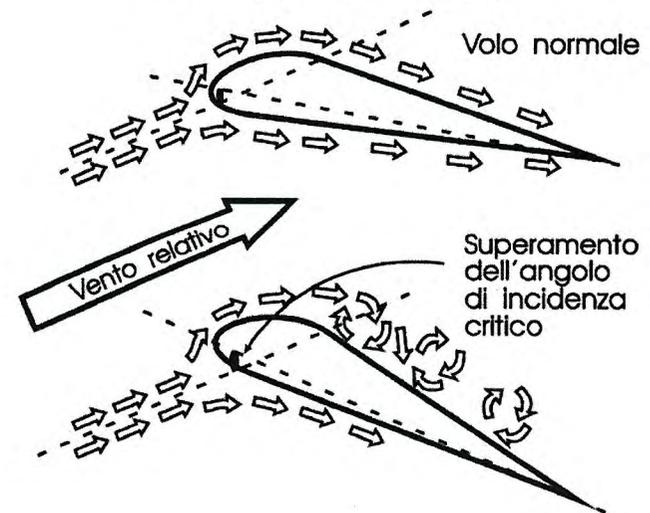
Stallo → BRUSCA DIMINUIZIONE DELLA PORTANZA  
 \* ANGOLO DI ATTACCO TROPPO RAPIDO  
 \* O VELOCITÀ RISPETTO ALL'ARIA TROPPO BASSA

## POSSIBILI SITUAZIONI PERICOLOSE

### LO STALLO:

Lo stallo è un fenomeno che riguarda indifferentemente gli UAV multimotore e quelli ad ala fissa (anche se è più facile che si verifichi nel corso del volo di questi ultimi). Consiste in una brusca diminuzione della portanza tale da rendere l'UAV di fatto incontrollabile. Lo stallo si verifica quando, a causa di un angolo di attacco troppo elevato o una velocità rispetto all'aria troppo bassa, il flusso d'aria si stacca dall'estradosso dell'ala (il dorso) e l'ala non genera più portanza, facendo precipitare il mezzo.

### INCIDENZA E STALLO



In un'ala fissa lo stallo può avvenire a basse velocità (anche se può avvenire a qualunque velocità se l'incidenza è oltre l'angolo critico), in virata e per elevati angoli di incidenza.

Negli UAVs multimotore, ratei di salita troppo rapidi o ratei di discesa troppo ripidi provocano il distacco dei filetti fluidi dalle pale, il che fa entrare in stallo il disco rotore,

**EFFETTO METEORIO** → RIDUZIONE CAPACITÀ DI CARICA DISPONIBILE A SEGUITO

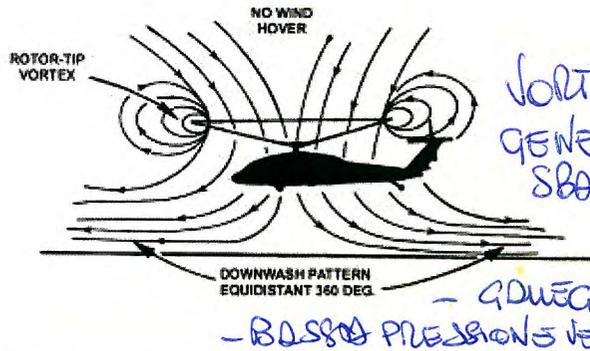
DI QUALCHE INDOLENTINE



con conseguente perdita di quota perdita di quota. In questa fase si verificano oltre a vibrazioni e variazioni di assetto della macchina.

**L'EFFETTO SUOLO:**

Nella fase di decollo e atterraggio, gli UAVs di tipo multicottero risultano instabili nella parte iniziale del decollo o in quella finale dell'atterraggio (distanze dal suolo inferiori ad una apertura alare/un diametro rotore). Ciò avviene a causa del cd. effetto suolo



VORTICE CHE LE ELICHE GENERANO SBATTENDO A TERRA  
- QUANDO PRESSIONE VENTRE PALA

Tale effetto è causato dal vortice d'aria generato dal movimento delle eliche che "sbattendo" a terra provoca movimenti oscillatori.

Gli effetti principali di questa condizione sono i seguenti:

- "Galleggiamento" come se l'UAV si trovasse su un cuscino d'aria.
- Un aumento della pressione sul ventre della pala.
- Una diminuzione della resistenza indotta.

3S 2 CELLE + CONFG. IN SERIE

→ PESO INFERIORE

È consigliabile dunque evitare movimenti bruschi quando si dà gas in fase di decollo.

BATT. LIPO → MAGGIOR CAPACITÀ  
" TENSIONE (3,7V x CELLE)  
" TEMPO SCARICA

Ⓢ CAPACITÀ → MASSIMA INTENSITÀ CHE EROGA

Ⓡ VOLTAGGIO → TENSIONE DELLA BATT.

MAGGIOR PROB. SCARICA

→ RANGE TEMP. FUNZ.

CONVERSIONE ENERGIA CHIMICA IN ELETTRICA



**B.4 - B5) BATTERIE** → MODERNE NO EFFETTO METEORIO

La batteria è la fonte di alimentazione di un UAS che, grazie alla conversione di energia chimica in elettrica, fornisce energia a motori e dispositivi.

I tipi di batterie più comuni sono:

- LiPo (Litio ione polimero - polimeri di litio)
- Litio o Li-ion (Ioni di litio)
- NiCh (Nichel Cadmio)
- Nife (Nichel Ferro)
- Pb (Piombo)

→ MAGGIORE  
- CAPACITÀ  
- TENSIONE  
- TEMPO DI SCARICA

La tipologia di batterie con la più alta probabilità di autoscarica ed il maggior range di temperatura di funzionamento, è quella al PIOMBO. A parte questo Le batterie moderne non hanno praticamente più problemi di effetto memoria.

Le batterie più comunemente utilizzate in campo UAS sono le batterie LiPo grazie a una maggiore capacità, tensione e tempo di scarica a fronte di un peso inferiore (fattore essenziale in quest'ambito).

Tra i **contra** delle batterie LiPo si consideri però il fatto che richiedono una cura maggiore perché cariche, scariche, stoccaggio, e temperature ne influenzano l'intera durata di vita.

Le batterie LiPo hanno una tensione nominale di 3,7 volt per cella e si indica con 1S. 3S indica che tre celle sono collegate in serie (ossia quando due o più componenti sono collegati in modo da formare un percorso unico per la corrente elettrica che li attraversa).

**TERMINOLOGIA SPECIFICA**

**C (capacità):** la massima intensità di corrente che la batteria è in grado di erogare in sicurezza.

**V (voltage):** ossia la Tensione o forza elettrostatica di un campo elettrico, ovvero la quantità di celle della batteria x3,7 V (4 x 3,7V= 14.8V). La tensione di una cella delle batterie Li-Po scariche è convenzionalmente di 2,7 V.

**S (tipo di batteria):** ad esempio, 4S significa che ci sono 4 celle in Serie. La dicitura S (Serie) può inoltre essere seguita da un secondo valore numerico e dalla lettera "P" che sta a indicare quante celle sono collegate in Parallelo (ossia quando i componenti sono collegati ad una coppia di conduttori in modo che la tensione elettrica sia applicata a tutti

→ + CELLE IN PARALLELO → MAGGIORE CAPACITÀ mAh (milliampere)  
SERIE → MAGGIORE TENSIONE (V) BATT.

Ⓢ-RATING TEMPO DI SCARICA



quanti allo stesso modo). Collegando le celle in serie si può ottenere più tensione (voltaggio), mentre collegando le celle in parallelo si può ottenere più capacità (ampère). **mAh (Milliampere):** unità di misura che indica la quantità di corrente erogabile dalla batteria

C-Rating (Tempo Di Scarica): Il tempo di scarica è la velocità con cui una batteria può essere scaricata in modo sicuro.

### EFFETTO MEMORIA

L'effetto memoria è un'anomalia riscontrabile nelle batterie ricaricabili Ni-Cd e Ni-MH, dove la tensione massima della batteria diminuisce anche se la potenza iniziale della batteria rimane la stessa

Le celle al litio non soffrono di auto-scarica ed effetto memoria, non devono quindi essere sottoposte a cicli di carica/scarica.

### CICLO DI VITA DI UNA LiPo

LiPo - 500 cicli

Un ciclo di vita della batteria Li-Po corrisponde a una ricarica e una scarica completa e la durata convenzionale di questo tipo di batterie è di 500 cicli.

La temperatura di ricarica di una LiPo non deve eccedere la temperatura indicata dal costruttore. Si consiglia inoltre di lasciar raffreddare la batteria dopo ogni utilizzo al fine di evitare un eccessivo surriscaldamento.

### LIMITAZIONI BATTERIE

TEMP. DI UTILIZZO

-10° / +40°

ATTENZIONE

ATTENZIONE LE BATTERIE LiPo VANNO TRATTATE CON ESTREMA CAUTELA

TEMPERATURA D'UTILIZZO DA -10° A 40° C

Le celle Li-Po sono molto più sensibili e volatili delle batterie NiCd, NiMH e Pb. Un errato utilizzo o un sovraccarico possono portare le celle al litio al surriscaldamento a rigonfiarsi, che può portare in breve a VIOLENTE ESPLOSIONI E/O FUOCO che possono causare gravi danni e ferite.

- MAI lasciare incustodite le batterie al litio mentre sono in carica o in scarica.



- MAI posizionare le batterie al litio su superfici infiammabili durante la carica.
- MAI cercare di usare le funzioni di carica per NiCd, NiMH o Pb per le batterie al litio.
- MAI usare di nuovo batterie al litio che abbiano iniziato a gonfiarsi o che si surriscaldino.
- MAI usare batterie che non si caricano con facilità o che non si caricano sufficientemente nel tempo prestabilito. In caso contrario si potrebbero verificare delle esplosioni o degli incendi.
- MAI scaricare celle agli ioni di litio al di sotto dei 2.5V per cella. –
- SEMPRE tenere a portata di mano un estintore di classe "D" quando si maneggiano delle batterie Li-Po.**
- Le celle al litio non soffrono di autoscarica ed effetto memoria, non devono quindi essere sottoposte a cicli di carica/scarica.
- Le celle al litio devono essere caricate completamente almeno una volta all'anno per prevenire l'effetto sotto-scarica.
- Le batterie al litio devono essere conservate con circa il 30-50% della loro capacità se non le si utilizza per un lungo tempo.
- Se la batteria si danneggia o si gonfia NON UTILIZZATELA! Sostituirla immediatamente con una nuova e integra.

ESTINTORE  
CLASSE  
"D"

LiPo - MANTENUTE DA 30%-50% CAPACITÀ

A causa del loro elevato potenziale le batterie al Litio necessitano una gestione particolare e oculata visto che possono danneggiarsi facilmente e anche ESPLODERE! Quindi maneggiate sempre le batterie al Litio con estrema attenzione e seguite scrupolosamente le specifiche della batteria e verificate sempre le impostazioni del carica batterie.

Malgrado la loro apparente delicatezza, le batterie al Litio sono in realtà molto più efficienti e, a causa della loro chimica, non necessitano di cicli o di particolari processi per mantenerle al meglio. Non soffrono dell'effetto memoria ed hanno un'auto-scarica molto ridotta quindi la gestione è assai più semplice.

L'unica accortezza che si deve avere, oltre ad usarle dentro le loro specifiche, è quella di **mantenere le celle all'interno del pacco SEMPRE BILANCIATE.**

Tramite il connettore di bilanciamento infatti, il carica batterie verifica il voltaggio di ogni singolo elemento del pacco applicando dei piccoli carichi (circa 200mA) per tenere alla

BATTERIE AL LITIO SEMPRE BILANCIATE  
DEI MANTENUTE A TEMPERE DA 30% CAPACITÀ

LIPo NON NECESSITANO DI CARICA DI COMPENSAZIONE  
NE HANNO FUNZIONI PERFORO



stessa tensione le diverse celle. Questa procedura è assolutamente fondamentale, utilizzare un pacco al Litio sbilanciato, oltre ad avere prestazioni molto inferiori, è molto pericoloso e può danneggiare IRREPARABILMENTE gli elementi componenti il pacco.

#### CARICAMENTO DELLE BATTERIE

Rispettare sempre i valori di corrente di carica indicati dalle specifiche della batteria.

Le batterie al litio vengono caricate usando il processo "corrente costante/ voltaggio costante". La corrente costante viene erogata nella prima parte del processo di carica veloce. Quando la batteria raggiunge il voltaggio pre-impostato, non verrà più fornita corrente costante e verrà applicato voltaggio costante al pacco. Quando il voltaggio della batteria diventa uguale a quello dell'output del caricatore, la corrente di carica inizierà immediatamente a scendere. Questo è normale. Quando la corrente raggiungerà un valore approssimativo di 1/10C, il processo di carica sarà completamente terminato.

Le batterie Li-Po non necessitano di carica di compensazione e non esiste la funzione nel caricatore. Per ragioni di sicurezza, è bene impostare tutti i cut-off per capacità e tempo.

Il backup safety timer può essere impostato per garantire un livello ulteriore di sicurezza. Se il pacco batterie è estremamente sbilanciato oppure l'Equilibrium non riesce a bilanciare correttamente il pacco può significare che una o più celle del pacco sono danneggiate. NON utilizzate il pacco, sostituitelo con uno nuovo, utilizzare un pacco sbilanciato o che tende a sbilanciarsi molto può essere pericoloso.

Durante la carica delle batterie l'operatore deve indossare adeguate protezioni, evitare il contatto con gli occhi e la pelle del combustibile, evitare la formazione di archi elettrici, o di vapori infiammabili o nocivi che possono fuoriuscire da batterie danneggiate. Le batterie ai polimeri di litio possono essere soggette a combustione durante le fasi di carica e scarica. La carica delle batterie, perciò deve essere controllata per evitarne il surriscaldamento.

#### STOCCAGGIO DELLE BATTERIE

Se non utilizzate per molto tempo le batterie è bene, prima di riporle, eseguire un processo dell'Equilibrium chiamato STORAGE. Tramite il processo di STORAGE, l'Equilibrium porta la batteria alla tensione di stoccaggio che evita il deperimento della cella al Litio.

È caldamente consigliato eseguire questo processo se non utilizzate le batterie per molto tempo (ad esempio un mese), altrimenti la batteria si danneggerà calando le sue prestazioni notevolmente. La tensione di stoccaggio consigliata è poco sopra la tensione



nominale (intorno a 3,8V per le LiPo), tuttavia il programma STORAGE si occuperà di portare AUTOMATICAMENTE il pacco batterie alla tensione consigliata basandosi sui dati inseriti.

#### SCARICARE LE BATTERIE

A differenza delle batterie NiMH e NiCd scaricare le batterie al Litio serve a poco. Caricare una batteria al Litio quando è già carica per metà ha esattamente lo stesso effetto che caricare una batteria totalmente scarica, a differenza di quanto succede per le batterie NiXX.

Anche nel processo di scarica è consigliabile collegare la presa di bilanciamento per tenere sotto controllo il comportamento delle singole celle e bilanciare il pacco.

#### CATTIVA CONDIZIONE DELLE BATTERIE

L'operatore deve porre attenzione alla condizione delle batterie, che l'involucro esterno sia integro e che la carica avvenga in maniera regolare. Una fase di carica irregolare può significare una capacità ridotta delle batterie stesse.

#### DETERMINAZIONE DELLA QUANTITA' DI CARICA DI BATTERIA

La gestione della carica della batteria dipende da molti fattori che variano dal livello di carica iniziale alla tipologia di payload alla quota di operazioni. È responsabilità del PIC valutare la carica necessaria alle operazioni e monitorarne il livello durante il volo.

#### DEFINIZIONE DEI REQUISITI MINIMI DI CARICA BATTERIA

L'attività sperimentale permette di definire una media di tempo di volo rispetto alle batterie installate. Il Pilota in comando prima di ogni volo deve verificare mediante tester il livello di carica delle batterie e sulla base di questo valutare il massimo tempo disponibile alle operazioni.

#### MONITORAGGIO DEL LIVELLO DI CARICA BATTERIE

Il livello di carica delle batterie è riportato sul telecomando del pilota in comando e il livello basso di carica è segnalato da un segnale acustico. Il PIC valuta durante le operazioni il livello di carica delle batterie e interrompe le operazioni se ritiene che il livello sia sceso sotto il limite funzionale per il ripristino della carica.



## REGISTRAZIONE/LOG DELLA CARICA DELLA BATTERIA

I dati relativi alla sostituzione o carica delle batterie sono registrati nell'apposito spazio nel Battery Management History Sheet.

### TERMINOLOGIA SPECIFICA

- **S**: indica il numero di celle in serie. Ogni cella ha tensione nominale pari a 3,7 volt
- **mAh**: ossia milliampereora, indica la capacità della batteria
- **C**: indica la massima capacità di scarica che può reggere la batteria (assorbimento massimo della batteria indicato in ampere), indica in pratica la potenza
- **LIPO, LIION, NiCd, NiMH**: indicano la composizione chimica della batteria

$S = \text{NUM. CELLE IN SERIE}$

$\text{mAh} = \text{CAPACITÀ DELLE BATTERIE}$

$C = \text{MASSIMA CAPACITÀ DI SCARICA}$

**SENSORI OPTICOMISSORI**

↳ **PORTATA LO MI.**



## B) PRESTAZIONI DI VOLO E PIANIFICAZIONE: ESEMPI DI DOMANDE E RISPOSTE

**225. La forza che dobbiamo applicare su un corpo per farlo staccare da terra deve essere:**

- Almeno uguale al peso dello stesso
- Inferiore al peso dello stesso
- Superiore alla velocità del vento in quel momento
- Superiore al doppio del peso

**226. La forza che dobbiamo applicare su un corpo per farlo staccare da terra è la stessa sia per i corpi più pesanti dell'aria sia per i corpi più leggeri.**

- Vero. Le condizioni meteo sono comunque più rilevanti
- Falso
- Non esistono macchine volanti più leggere dell'aria
- Vero, ma solo per gli UAS

**227. La portanza viene immaginata come un'unica forza applicata sul:**

- Baricentro
- Centro di pressione
- Nessuna delle soluzioni proposte
- Incrocio delle due diagonali

**228. La portanza è la forza diretta verso:**

- L'alto
- Il basso
- In direzione contraria al moto dell'aeromobile
- Nella stessa direzione dell'aeromobile

$\Delta 1 - C\emptyset$

↓

$\pi_{TOT} < 250 \text{ pr. (no CE)}$

Autocostanti  $\pi_{TOT} < 250 \text{ pr. (V < 19 m/s)}$

- ASS. RC
- con CARTERA HD QR CODE

x TOTI -  $\sqrt{LOS}$

- H MAX 160 m
- VIETATO IL SOLLICO DI ASSEMBLEANTI

- CONCESSO IL SOLLICO PERSONE NON COINVOLTE
- CON FOLGENTE SOTT RAGGIO DEL PILOTO

$\Delta 1 - C 1$

↓

$\pi_{TOT} > 250 \text{ pr e } < 900 \text{ pr.}$

- ASS. RC
- QR CODE
- ID ELET.
- ATTESTO  $\Delta 1 - \Delta 3$
- ETÀ 16 ANNI

- FOLGENTE SOTT R. PILOTO
- VOLARE OR DOVE RAGIONEVOLTENTE NON CI STANO PERSONE NON COINVOLTE

$\Delta 2 - C 2$

↓

$\pi_{TOT} > 900 \text{ pr e } < 4 \text{ kg}$

- ASS. RC
- QR CODE
- ID ELET.
- ATTESTO  $\Delta 1 - \Delta 3 + \Delta 2$
- ETÀ 16 ANNI

- VIETATO IL VOLO ATTENDO DI 30 MT DA PERS. NON COINVOLTE
- PERMESSO FINO A 5 MT SE VELOCITÀ < 11 km/h.
- REGOLA 1:1

$\Delta 3 - C 3$

↓

$\pi_{TOT} > 4 \text{ kg e } < 25 \text{ kg}$

$\pi_{TOT} > 250 \text{ pr e } < 25 \text{ kg (No CE)}$

- ASS. RC
- QR CODE
- ID ELET.
- ATTEST.  $\Delta 1 - \Delta 3$
- 16 ANNI

- VIETATO IL VOLO <sup>IN PROSSIMITÀ DI</sup> PERSONE NON COINVOLTE
- VIETATO IL VOLO A RENO DI 150 MT DA AREE CONGESTIONATE
- REGOLA 1:1

$\Delta 3 - C 4$

↓

GIOCATTOLI e AEROPODERI  $\pi_{TOT} < 25 \text{ kg}$

AUTOCOSTANTI  $\pi_{TOT} < 25 \text{ kg}$

- ASS. RC
- con comuto HD QR CODE
- ATTEST.  $\Delta 1 + \Delta 3$



**395. Se il payload non è ben bilanciato, le prestazioni dell'UAV:**

- Peggiorano
- Migliorano
- Rimangono invariate
- Dipende dal modello

**396. Un UAV VTOL:**

- Decolla verticalmente e poi procede orizzontalmente
- Decolla orizzontalmente e poi procede verticalmente
- Decolla verticalmente e poi procede verticalmente
- Decolla orizzontalmente e poi procede orizzontalmente

**397. Quali sono i tipi più comuni di batteria?**

- LiPo, Litio, NiCh, Nife, PB
- Celle a combustibile e Lipoly
- Al mercurio e al piombo
- Nessuna delle altre risposte è corretta

**398. La stessa batteria utilizzata in estate e in inverno:**

- Offrirà migliori prestazioni in inverno
- Offrirà migliori prestazioni in estate
- Offrirà uguali prestazioni in entrambe le stagioni
- Dipende dal modello e dalla composizione chimica

**399. Quali sono i vantaggi nell'utilizzare eliche con diametro ridotto e passo lungo?**

- Rendere l'UAV più agile
- Consentire il trasporto di payloads più pesanti
- Consentire il volo in alta quota
- Nessuna delle altre risposte è corretta



## C) MITIGAZIONI TECNICO-OPERATIVE E GESTIONE DEL RISCHIO A TERRA

**CATEGORIE OPEN:**

MINOR RISCHIO INTRINSECO

Le operazioni UAS in tali categorie sono quelle considerate a minor rischio intrinseco e, in quanto tali, non sono soggette ad autorizzazione preventiva né ad una dichiarazione operativa da parte dell'operatore UAS prima che l'operazione abbia luogo.

Dal 1° gennaio 2024 nelle Open Category (Categoria Aperta) possono essere impiegati droni con marcatura di classe nelle rispettive sottocategorie. I droni C0 e C1 in A1, i C2 in A2, i C3 e C4 in A3

Per il Regolamento Europeo, un UAS è considerato un giocattolo se rispetta la Direttiva 2009/48/CE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla sicurezza dei giocattoli.

Per il Regolamento europeo, gli aeromodelli sono UAS come tutti gli altri oggetti volanti radiocomandati. Tipicamente, sono marchiati C4 e volano in A3.

**CATEGORIA SPECIFIC:**

Le operazioni UAS in tale categoria necessitano di una autorizzazione operativa una tantum rilasciata dall'Autorità competente. Se uno qualsiasi dei requisiti previsti per la classificazione OPEN non viene rispettato, l'operatore UAS e le sue operazioni vengono classificate come SPECIFIC. Nelle seguenti pagine riporteremo per completezza il riepilogo degli Scenari Standard Italiani IT-ST5-01/02 e degli Scenari Standard Europei EU-ST5-01/02.

**CATEGORIA CERTIFIED:**

CERTIFICAZIONE OPERATORE  
LICENZA PILOTA REMOTO

Le operazioni UAS in tale categoria necessitano della certificazione dell'operatore e, della "licenza" del pilota remoto.

Le operazioni che sono classificate come operazioni UAS nella categoria CERTIFIED (CERTIFICATA) sono le operazioni che prevedono:

1. il sorvolo di assembramenti di persone;
2. il trasporto di persone;
3. il trasporto di merci pericolose che può comportare un rischio elevato per terzi in caso di incidente.

OP SOLI  
ASSISTENZA

Oggetto del presente corso è lo studio delle OPEN CATEGORIES. Ci concentreremo per tanto su quelle.



## OPEN CATEGORY - A1/C0

### UAS

- UAS con MTOM < 250 g (anche senza marchio CE)
- UAS autocostruiti con MTOM < 250 g e con velocità inferiore a 19 m/s

### REQUISITI:

- IL UAS deve essere assicurato per RC verso terzi con copertura idonea e adatta allo scopo
- Il UAS, qualora sia dotato di una camera ad alta definizione, deve essere dotato di QR code generato in seguito alla registrazione su d-flight

### PRESCRIZIONI:

- Volo esclusivamente in VLOS (anche in aree urbane e congestionate)
- Altezza massima 120 m
- Con funzione "follow me" attiva, raggio massimo 50 m dal pilota.
- Concesso il sorvolo di persone anche non coinvolte nelle operazioni
- Vietato il sorvolo di assembramenti di persone
- Il pilota non deve aver assunto alcool, droghe o farmaci che ne possano influenzare le condizioni psicofisiche
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto interventi di emergenza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto disposizioni emanate dall'Autorità di Pubblica Sicurezza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone rosse aeroportuali (serve autorizzazione ex ATM09A), Proibite - Riservate - Parchi Naturali (occorre autorizzazione specifica) o Pericolose (nel qual caso occorre verificare la natura del rischio e gli orari)

CONCESSO IL SORVOLO SU PERSONE NON COINVOLTE



## OPEN CATEGORY - A1/C1

### UAS

- UAS con MTOM > 250 g e < 900 g

### REQUISITI:

- IL UAS deve essere assicurato per RC verso terzi con copertura idonea e adatta allo scopo
- Il UAS deve essere dotato di QR code generato in seguito alla registrazione su d-flight
- Il UAS deve essere dotato di ID ELETTRONICO (se non vincolato)
- Il pilota deve aver conseguito l'ATTESTATO ONLINE A1-A3
- Età minima del pilota: 16 anni

### PRESCRIZIONI:

- Volo esclusivamente in VLOS (anche in aree urbane)
- Altezza massima 120 m
- Con funzione "follow me" attiva, raggio massimo 50 m dal pilota
- È possibile volare dove "ragionevolmente" non siano presenti persone non coinvolte nelle operazioni
- Vietato il sorvolo di assembramenti di persone
- Il pilota non deve aver assunto alcool, droghe o farmaci che ne possano influenzare le condizioni psicofisiche
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto interventi di emergenza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto disposizioni emanate dall'Autorità di Pubblica Sicurezza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone rosse aeroportuali (serve autorizzazione ex ATM09A), Proibite - Riservate - Parchi Naturali (occorre autorizzazione specifica) o Pericolose (nel qual caso occorre verificare la natura del rischio e gli orari)

È POSSIBILE VOLARE DOVE NON CI SONO RAGIONEVOLEMENTE PERSONE NON COINVOLTE

ASSEMBRAMENTO → RADUNI IN CUI LE PERSONE NON SI POSSONO DISPERDERE CAUSA PENSITA'



## OPEN CATEGORY - A2/C2

### UAS

- UAS con MTOM > 900 g e < 4 kg

### REQUISITI:

- IL UAS deve essere assicurato per RC verso terzi con copertura idonea e adatta allo scopo
- Il UAS deve essere dotato di QR code generato in seguito alla registrazione su d-flight
- Il UAS deve essere dotato di ID ELETTRONICO (se non vincolato)
- Il pilota deve aver conseguito l'ATTESTATO ONLINE A1-A3
- Il pilota deve aver conseguito l'ATTESTATO ONLINE A2 (o il vecchio CRO)
- Età minima del pilota: 16 anni

### PRESCRIZIONI:

- Volo esclusivamente in VLOS (anche in aree urbane)
- Altezza massima 120 m
- Età minima del pilota: 16 anni
- Vietato il sorvolo a meno di 30 m da persone non coinvolte nelle operazioni
- Possibilità di arrivare a 5 m dalle persone nel caso sia possibile limitare elettronicamente la velocità a meno di 11 km/h
- Vietato il sorvolo di assembramenti di persone
- Il pilota non deve aver assunto alcool, droghe o farmaci che ne possano influenzare le condizioni psicofisiche
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto interventi di emergenza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto disposizioni emanate dall'Autorità di Pubblica Sicurezza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone rosse aeroportuali (serve autorizzazione ex ATM09A), Proibite - Riservate - Parchi Naturali (occorre autorizzazione specifica) o Pericolose (nel qual caso occorre verificare la natura del rischio e gli orari)
- REGOLA 1:1 ossia necessità di mantenere una distanza dalle persone pari all'altezza del volo

DUKE PERSONE → 20 m / 5 m < 11 m/sec / REG. 1.1



## OPEN CATEGORY - A3/C3

### UAS

- UAS con MTOM > 4 g e < 25 kg
- UAS privi di marchio CE con MTOM > 250 g e < 25 kg

### REQUISITI:

- IL UAS deve essere assicurato per RC verso terzi con copertura idonea e adatta allo scopo
- Il UAS deve essere dotato di QR code generato in seguito alla registrazione su d-flight
- Il UAS deve essere dotato di ID ELETTRONICO (se non vincolato)
- Il pilota deve aver conseguito l'ATTESTATO ONLINE A1-A3
- Età minima del pilota: 16 anni

### PRESCRIZIONI:

- Volo esclusivamente in VLOS
- Altezza massima 120 m
- Vietato il sorvolo in prossimità di persone anche non coinvolte nelle operazioni
- Vietato il sorvolo a meno di 150 m da aree congestionate (aree commerciali, sportive, industriali, residenziali)
- Vietato il sorvolo di assembramenti di persone
- Il pilota non deve aver assunto alcool, droghe o farmaci che ne possano influenzare le condizioni psicofisiche
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto interventi di emergenza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto disposizioni emanate dall'Autorità di Pubblica Sicurezza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone rosse aeroportuali (serve autorizzazione ex ATM09A), Proibite - Riservate - Parchi Naturali (occorre autorizzazione specifica) o Pericolose (nel qual caso occorre verificare la natura del rischio e gli orari)
- REGOLA 1:1 ossia necessità di mantenere una distanza dalle persone pari all'altezza del volo

VIETATO VOLO SU PERSONE NON COINVOLTE

REG. 1:1



## OPEN CATEGORY - A3/C4

### UAS

- UAS giocattolo e aeromodelli con MTOM < 25 kg
- UAS autocostruiti con MTOM < 25 kg

### REQUISITI:

- IL UAS deve essere assicurato per RC verso terzi con copertura idonea e adatta allo scopo
- Il UAS, qualora sia dotato di una camera ad alta definizione, deve essere dotato di QR code generato in seguito alla registrazione su d-flight
- Il pilota deve aver conseguito l'ATTESTATO ONLINE A1-A3

### PRESCRIZIONI:

- Volo esclusivamente in VLOS
- Altezza massima 120 m
- Vietato il sorvolo in prossimità delle persone
- Vietato il sorvolo a meno di 150 m da aree congestionate (aree commerciali, sportive, industriali, residenziali)
- Vietato il sorvolo di assembramenti di persone
- Il pilota non deve aver assunto alcool, droghe o farmaci che ne possano influenzare le condizioni psicofisiche
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto interventi di emergenza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone nelle quali siano in atto disposizioni emanate dall'Autorità di Pubblica Sicurezza (nel caso occorre autorizzazione specifica)
- Il volo non deve avvenire in zone rosse aeroportuali (serve autorizzazione ex ATM09A), Proibite - Riservate - Parchi Naturali (occorre autorizzazione specifica) o Pericolose (nel qual caso occorre verificare la natura del rischio e gli orari)
- REGOLA 1:1 ossia necessità di mantenere una distanza dalle persone pari all'altezza del volo



## SCENARIO STANDARD STS-01 URBAN

### IT-ST5-01- VLOS su un'area controllata in un ambiente urbano popolato

#### Disposizioni Generali

1. Questo scenario standard si applica agli aeromobili senza pilota con le seguenti caratteristiche:
  - Dimensione massima fino a 3 metri;
  - MTOM ≤ 10 kg compreso il carico utile;
  - Essere un aeromobile a rotore o un aeromobile vincolato.
2. Durante il volo, l'aeromobile senza pilota deve essere mantenuto entro 120 m dal punto più vicino della superficie terrestre. La misurazione delle distanze deve essere adattata in base alle caratteristiche geografiche del terreno, come pianura, collina, montagna.
3. Quando si fa volare un aeromobile senza pilota entro una distanza orizzontale di 50 m da un ostacolo artificiale più alto di 105 metri, l'altezza massima dell'operazione UAS può essere aumentata fino a 15 m sopra l'altezza dell'ostacolo su richiesta del soggetto responsabile dell'ostacolo.
4. L'altezza massima del volume operativo non deve superare i 30 m sopra l'altezza massima consentita ai punti 2) e 3).
5. Durante il volo, l'aeromobile senza pilota non deve trasportare merci pericolose.

#### Operazioni UAS

Le operazioni UAS devono rispettare tutte le seguenti condizioni:

- (a) essere condotte con l'aeromobile senza pilota tenuto in VLOS in ogni momento;
- (b) essere condotte utilizzando un UAS alla volta;
- (c) essere condotte da un pilota remoto non in un veicolo in movimento;
- (d) essere condotte senza cedere il controllo dell'aeromobile senza pilota ad un'altra unità di comando;
- (e) essere condotte secondo il manuale delle operazioni di cui alla lettera a) del paragrafo "Responsabilità dell'operatore UAS";
- (f) essere condotta su un'area controllata comprendente:
  - (i) per le operazioni di un aeromobile senza pilota senza cavo di vincolo:

- A. l'area geografica del volo;
- B. l'area di contingenza, con i suoi limiti esterni di almeno 10 m oltre i limiti dell'area geografica di volo;
- C. l'area di buffer al suolo, che deve coprire una distanza oltre i limiti esterni dell'area di emergenza che soddisfa almeno i seguenti parametri:

Altezza massima	Distanza minima che deve essere coperta dall'area di buffer per uAS non vincolati
30 m	10 m
60 m	15 m
90 m	20 m
120 m	25 m

- (ii) per il funzionamento al di sopra di un ostacolo più alto di 105 m, la tabella sopra deve considerare le nuove voci + 30 m / + 5 m per determinare la relativa area di buffer a terra
- (iii) per il funzionamento di un UAS vincolato, un raggio uguale alla lunghezza del cavo più 5 m e centrato nel punto in cui il cavo è fissato a terra.
- (g) essere condotta in una porzione di spazio aereo secondo le condizioni e limitazioni della circolare ATM-09 ENAC.
- (h) essere condotto a una velocità al suolo inferiore a 5 m / s nel caso di UAS non vincolati;
- (i) essere condotto da un pilota remoto che:
  - (i) è in possesso di attestato di pilota remoto per Operazioni Critiche ai sensi dell'Art.22.1 Regolamento ENAC "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto" Rel.3 11/11/2019 ed in aderenza all'art. 5.3 Circolare ENAC LIC-15A
  - (ii) ha superato un esame teorico aggiuntivo e ha completato una formazione pratica STS-01, fornita dall'autorità competente o da un ente riconosciuto dall'autorità competente di uno Stato membro, di cui all'art. 5.4 Circolare ENAC LIC-15A.

I piloti in possesso di un attestato di pilota remoto per Operazioni

Critiche ai sensi dell'Art.22.2 Regolamento ENAC "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto" Rel.3 11/11/2019 conseguito prima della data di applicabilità (UE) 2019/947 potranno essere autorizzato a svolgere operazioni in aderenza al presente scenario senza soddisfare i requisiti di cui alla lettera ii).

### Caratteristiche tecniche dell'UAS

L'operazione in VLOS deve essere effettuata con un UAS con le seguenti caratteristiche:

- (a) durante il volo deve fornire al pilota remoto informazioni chiare e concise sull'altezza dell'UAS rispetto alla superficie o al punto di decollo;
- (b) a meno che non sia vincolato, deve essere equipaggiato con modalità di volo a bassa velocità selezionabile dal pilota remoto e che limita la velocità al suolo a non più di 5 m / s;
- (c) a meno che non sia vincolato, per UAV con MTOM > 2kg, fornire al pilota remoto un sistema di terminazione del volo dell'UAS che deve:
  - (i) essere facilmente accessibile, testabile e - per UAS con 4 kg < MTOM ≤ 10 kg - indipendente dal sistema di controllo e guida automatici; questo vale anche per l'attivazione di questo sistema;
  - (ii) forzare la discesa dell'UAS e impedirne lo spostamento orizzontale motorizzato.
- (d) a meno che non sia vincolato, deve fornire al pilota remoto i mezzi per monitorare continuamente la qualità del collegamento di comando e controllo e ricevere un avviso quando è probabile che il collegamento venga perso o degradato al punto da compromettere la condotta sicura dell'operazione, e un altro avviso quando il collegamento è perduto. Inoltre, deve fornire al pilota remoto un chiaro avviso quando la batteria dell'UAS o della sua stazione di controllo ha raggiunto un livello basso in modo che il pilota remoto abbia tempo sufficiente per far atterrare in sicurezza l'UAS.
- (e) Nel caso di UAS vincolato, il cavo deve avere una lunghezza di trazione inferiore a 50 metri e una resistenza meccanica non inferiore a:
  - (i) per aeromobili più pesanti dell'aria, 10 volte il peso dell'aerodina alla

massa massima;

- (iii) per aerei più leggeri dell'aria, 4 volte la forza esercitata dalla combinazione della massima spinta statica e della forza aerodinamica della massima velocità del vento consentita in volo.

- (f) essere equipaggiato con luci ai fini della controllabilità dell'UAS e della visibilità notturna dell'UAS.

### Responsabilità dell'operatore UAS

Oltre alle responsabilità definite nel Regolamento ENAC, l'operatore UAS deve:

- (a) sviluppare un manuale delle operazioni comprendente gli elementi definiti nell'ENAC Linea Guida 2020/001-NAV Allegato D;
- (b) definire il volume operativo e l'area di buffer al suolo per le operazioni previste, compresa l'area controllata che copre le proiezioni sulla superficie della terra all'interno sia del volume che del buffer;
- (c) garantire l'adeguatezza delle procedure di contingency e di emergenza attraverso uno dei seguenti:
  - (i) prove di volo dedicate;
  - (ii) simulazioni, a condizione che la rappresentatività dei mezzi di simulazione sia adeguata allo scopo previsto;
- (d) sviluppare un efficace piano di risposta alle emergenze (ERP) adatto all'operazione che includa almeno:
  - (i) il piano per limitare gli effetti crescenti della situazione di emergenza;
  - (ii) le condizioni per allertare le autorità e le organizzazioni competenti;
  - (iii) i criteri per identificare una situazione di emergenza;
  - (iv) chiara definizione dei compiti dei piloti remoti e del personale responsabile di compiti essenziali per l'operazione UAS;
- (e) garantire che il livello di prestazione di qualsiasi servizio fornito esternamente necessario per la sicurezza del volo sia adeguato all'operazione prevista;
- (f) definire la ripartizione dei ruoli e delle responsabilità tra l'operatore e il / i fornitore / i di servizi esterni, se applicabile;
- (g) caricare le informazioni aggiornate nella geo-consapevolezza, se la funzione è installata sull'UAS, quando richiesto dalla zona

geografica UAS per il luogo di operazione previsto;

- (h) garantire che, prima dell'inizio dell'operazione, l'area controllata sia definita, efficace e conforme alla distanza minima definita nella tabella sopra e, quando richiesto, sia stato effettuato il coordinamento con le autorità competenti;
- (i) garantire che, prima di iniziare l'operazione, tutte le persone presenti nell'area controllata:
  - (i) siano state informate dei rischi dell'operazione;
  - (ii) siano state informate o addestrate, a seconda dei casi, sulle precauzioni e misure di sicurezza stabilite dall'operatore UAS per la loro protezione;
  - (iii) abbiano esplicitamente accettato di partecipare all'operazione;
- (j) garantire che l'UAS sia conforme alle caratteristiche tecniche richieste.



## SCENARIO STANDARD STS-02 NON URBAN

### IT-ST5-02- VLOS su un'area controllata in un ambiente popolato non urbano

#### Disposizioni generali

1. Questo scenario standard si applica agli aeromobili senza pilota aventi le seguenti caratteristiche:
  - Dimensione massima fino a 3 metri;
  - MTOM <25 kg compreso il carico utile;
  - Essere un aeromobile a rotore o un aereomobile vincolato.
2. Durante il volo, l'aeromobile senza pilota deve essere mantenuto entro 120 m dal punto più vicino della superficie terrestre. La misurazione delle distanze deve essere adattata in base alle caratteristiche geografiche del terreno, come pianura, collina, montagna.
3. Quando si fa volare un aeromobile senza pilota entro una distanza orizzontale di 50 m da un ostacolo artificiale più alto di 105 metri, l'altezza massima dell'operazione UAS può essere aumentata fino a 15 m sopra l'altezza dell'ostacolo su richiesta del soggetto responsabile dell'ostacolo.
4. L'altezza massima del volume operativo non deve superare i 30 m sopra l'altezza massima consentita ai punti 2) e 3).
5. Durante il volo, l'aeromobile senza pilota non deve trasportare merci pericolose.

#### Operazioni UAS

Le operazioni UAS devono rispettare tutte le seguenti condizioni:

- (a) essere condotte con l'aeromobile senza pilota tenuto in VLOS in ogni momento;
- (b) essere condotte utilizzando un UAS alla volta;
- (c) essere condotte da un pilota remoto non in un veicolo in movimento;
- (d) essere condotte senza cedere il controllo dell'aeromobile senza pilota ad un'altra unità di comando;
- (e) essere condotte secondo il manuale delle operazioni di cui alla lettera a) del paragrafo "Responsabilità dell'operatore UAS";
- (f) essere condotta su un'area controllata comprendente:
  - (i) per le operazioni di un aeromobile senza pilota senza cavo di vincolo:
    - A. l'area geografica del volo;



- B. l'area di contingenza, con i suoi limiti esterni di almeno 10 m oltre i limiti dell'area geografica di volo;
- C. l'area di buffer al suolo, che deve coprire una distanza oltre i limiti esterni dell'area di emergenza che soddisfa almeno i seguenti parametri:

Altezza massima	Distanza minima che deve essere coperta dall'area di buffer per uAS non	
	con MTOM fino a 10 kg	con MTOM superiore a 10 kg
30 m	10 m	20 m
60 m	15 m	30 m
90 m	20 m	45 m
120m	25 m	60 m

- (ii) per il funzionamento al di sopra di un ostacolo più alto di 105 m, la tabella sopra deve considerare le nuove voci + 30 m / + 5 m per determinare la relativa area di buffer a terra
- (iii) per il funzionamento di un UAS vincolato, un raggio uguale alla lunghezza del cavo più 5 m e centrato nel punto in cui il cavo è fissato a terra
  - A. l'area geografica del volo;
  - B. l'area di contingenza, con i suoi limiti esterni di almeno 10 m oltre i limiti dell'area geografica di volo;
  - C. l'area di buffer al suolo, che deve coprire una distanza oltre i limiti esterni dell'area di emergenza che soddisfa almeno i seguenti parametri:
- (g) essere condotta in una porzione di spazio aereo secondo le condizioni e limitazioni della circolare ATM-09 ENAC.
- (h) essere condotto a una velocità al suolo inferiore a 5 m / s nel caso di aeromobili senza equipaggio senza vincolo;
- (i) essere condotto da un pilota remoto che:
  - (i) è in possesso di attestato di pilota remoto per Operazioni



**Critiche ai sensi dell'Art.22.1 Regolamento ENAC "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto" Rel.3 11/11/2019 ed in aderenza all'art. 5.3 Circolare ENAC LIC-15A**

- (ii) ha superato un esame teorico aggiuntivo e ha completato una formazione pratica STS-01, fornita dall'autorità competente o da un ente riconosciuto dall'autorità competente di uno Stato membro, di cui all'art. 5.4 Circolare ENAC LIC-15A.

I piloti in possesso di un attestato di pilota remoto per Operazioni Critiche ai sensi dell'Art.22.2 Regolamento ENAC "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto" Rel.3 11/11/2019 conseguito prima della data di applicabilità (UE) 2019/947 potranno essere autorizzati a svolgere operazioni in aderenza al presente scenario senza soddisfare i requisiti di cui alla lettera ii).

#### **Caratteristiche tecniche UAS**

L'operazione in VLOS deve essere effettuata con un UAS con le seguenti caratteristiche:

- (a) durante il volo deve fornire al pilota remoto informazioni chiare e concise sull'altezza dell'UAS rispetto alla superficie o al punto di decollo;
- (b) a meno che non sia vincolato, deve essere equipaggiato con modalità di volo a bassa velocità selezionabile dal pilota remoto e che limita la velocità al suolo a non più di 5 m / s;
- (c) a meno che non sia vincolato, per UAV con  $4 \text{ kg} < \text{MTOM} < 25 \text{ kg}$ , fornire al pilota remoto un sistema di terminazione del volo dell'UAS che deve:
  - (i) essere facilmente accessibile, testabile e indipendente dal sistema di controllo e guida automatici; questo vale anche per l'attivazione di questo sistema;
  - (ii) forzare la discesa dell'UAS e impedirne lo spostamento orizzontale motorizzato.
- (d) a meno che non sia vincolato, deve fornire al pilota remoto i mezzi per monitorare continuamente la qualità del collegamento di comando e controllo e ricevere un avviso quando è probabile che il collegamento venga perso o degradato al punto da compromettere la condotta sicura dell'operazione, e un altro avviso quando il collegamento è perduto. Inoltre, deve fornire al



pilota remoto un chiaro avviso quando la batteria dell'UAS o della sua stazione di controllo ha raggiunto un livello basso in modo che il pilota remoto abbia tempo sufficiente per far atterrare in sicurezza l'UAS.

- (e) Nel caso di UAS vincolato, il cavo deve avere una lunghezza di trazione inferiore a 50 metri e una resistenza meccanica non inferiore a:
  - (i) per aeromobili più pesanti dell'aria, 10 volte il peso dell'aerodina alla massa massima;
  - (ii) per aerei più leggeri dell'aria, 4 volte la forza esercitata dalla combinazione della massima spinta statica e della forza aerodinamica della massima velocità del vento consentita in volo.
- (f) essere equipaggiato con luci ai fini della controllabilità dell'UAS e della visibilità notturna dell'UAS.

#### **Responsabilità dell'operatore UAS**

Oltre alle responsabilità definite nel Regolamento ENAC, l'operatore UAS deve:

- (a) sviluppare un manuale delle operazioni comprendente gli elementi definiti nell'ENAC Linea Guida 2020/001-NAV Allegato D;
- (b) definire il **volume operativo e l'area di buffer al suolo per le operazioni** previste, compresa l'area controllata che copre le proiezioni sulla superficie della terra all'interno sia del volume che del buffer;
- (c) garantire l'adeguatezza delle procedure di contingency e di emergenza attraverso uno dei seguenti:
  - (i) prove di volo dedicate;
  - (ii) simulazioni, a condizione che la rappresentatività dei mezzi di simulazione sia adeguata allo scopo previsto;
- (d) sviluppare un efficace piano di risposta alle emergenze (ERP) adatto all'operazione che includa almeno:
  - (i) il piano per limitare gli effetti crescenti della situazione di emergenza;
  - (ii) le condizioni per allertare le autorità e le organizzazioni competenti;
  - (iii) i criteri per identificare una situazione di emergenza;
  - (iv) chiara definizione dei compiti dei piloti remoti e del personale



responsabile di compiti essenziali per l'operazione UAS;

- (e) garantire che il livello di prestazione di qualsiasi servizio fornito esternamente necessario per la sicurezza del volo sia adeguato all'operazione prevista;
- (f) definire la ripartizione dei ruoli e delle responsabilità tra l'operatore e il / i fornitore / i di servizi esterni, se applicabile;
- (g) caricare le informazioni aggiornate nella geo-consapevolezza, se la funzione è installata sull'UAS, quando richiesto dalla zona geografica UAS per il luogo di operazione previsto;
- (h) garantire che, prima dell'inizio dell'operazione, l'area controllata sia definita, efficace e conforme alla distanza minima definita nella tabella sopra e, quando richiesto, sia stato effettuato il coordinamento con le autorità competenti;
- (i) garantire che, prima di iniziare l'operazione, tutte le persone presenti nell'area controllata:
  - (i) siano state informate dei rischi dell'operazione;
  - (ii) siano state informate o addestrate, a seconda dei casi, sulle precauzioni e misure di sicurezza stabilite dall'operatore UAS per la loro protezione;
  - (iii) abbiano esplicitamente accettato di partecipare all'operazione;
- (j) garantire che l'UAS sia conforme alle caratteristiche tecniche richieste.

Prima di iniziare la missione, sarà poi necessario verificare la corretta funzionalità di:

- **TERMINATORE DI VOLO** (indipendente e dissimilare dal sistema di controllo primario oppure integrato nello stesso a seconda dei casi).
- **SISTEMA DI NAVIGAZIONE SATELLITARE** (deve consentire la corretta attivazione del geofencing e degli altri sistemi legati al GPS come ad esempio l'RTH)
- **SISTEMA DI LOST LINK** (deve essere presente e attivarsi nel caso di perdita del segnale forzando il RTH o l'atterraggio sul posto)
- **STATO DELLE BATTERIE** (devono avere una sufficiente "vita" residua ed essere cariche al 100%)
- **PAYLOAD** o carico aggiuntivo (deve essere saldamente assicurato al UAS)



## SCENARIO STANDARD EU-ST5-01 URBANO

### EU-ST5-01- VLOS al di sopra di un'area di terra controllata in un ambiente popolato

#### Disposizioni generali

- 1) Durante il volo, l'aeromobile senza equipaggio deve essere mantenuto entro una distanza di 120 m dal punto più vicino della superficie terrestre. La misurazione delle distanze deve essere adattata secondo le caratteristiche geografiche del terreno, quali la presenza di pianure, colline, montagne.
- 2) Quando si fa volare un aeromobile senza equipaggio entro una distanza orizzontale di 50 m da un ostacolo artificiale la cui altezza è superiore a 105 m, l'altezza massima dell'operazione UAS può essere aumentata fino a 15 m al di sopra dell'altezza dell'ostacolo, su richiesta dell'entità responsabile dello stesso.
- 3) L'altezza massima del volume delle operazioni non deve superare i 30 m al di sopra dell'altezza massima consentita nei punti 1 e 2.
- 4) Durante il volo, l'aeromobile senza equipaggio non deve trasportare merci pericolose.

#### Operazioni UAS in ST5-01

- 1) Le operazioni UAS in ST5-01 devono soddisfare tutte le seguenti condizioni:
  - a) essere effettuate mantenendo l'aeromobile senza equipaggio in VLOS in ogni momento;
  - b) essere effettuate in conformità al manuale delle operazioni di cui al punto 1 del punto UAS.ST5-01.030;
  - c) essere effettuate al di sopra un'area di terra controllata comprendente:
    - i) per le operazioni di aeromobili senza equipaggio a volo libero:
      - A) l'area della geografia di volo;
      - B) l'area di contingenza, i cui limiti esterni devono trovarsi almeno 10 m oltre i limiti dell'area della geografia di volo; e



C) il buffer contro i rischi a terra, che deve coprire una distanza oltre i limiti esterni dell'area di contingenza e rispettare almeno i seguenti parametri:

Altezza massima dal suolo	Distanza minima che il buffer contro i rischi a terra deve coprire per gli UAS a volo libero	
	con MTOM fino a 10 kg	con MTOM > a 10 kg
30 m	10 m	20 m
60 m	15 m	30 m
90 m	20 m	45 m
120m	25 m	60 m

ii) per le operazioni di aeromobili senza equipaggio a volo vincolato, un raggio pari alla lunghezza del cavo più 5 m, il cui centro è nel punto in cui il cavo è fissato sulla superficie terrestre;

d) essere effettuate ad una velocità al suolo inferiore a 5 m/s nel caso degli aeromobili senza equipaggio a volo libero;

e) essere effettuate da un pilota remoto che sia:

i) titolare di un certificato di conoscenza teorica di pilota remoto in conformità all'allegato A del presente capo per le operazioni in scenari standard, rilasciato dall'autorità competente o da un'entità designata dall'autorità competente di uno Stato membro;

ii) titolare di un accreditamento che attesti il completamento dell'addestramento pratico STS-01, in conformità all'allegato A del presente capo e rilasciato da:

A) un'entità che ha dichiarato la propria conformità ai requisiti di cui all'appendice 3 ed è riconosciuta dall'autorità competente di uno Stato membro; o

B) un operatore UAS che ha dichiarato all'autorità competente dello Stato membro di immatricolazione la propria conformità all'STS-01 nonché ai requisiti di cui all'appendice 3; e

f) essere effettuate con un aeromobile senza equipaggio contrassegnato come appartenente alla classe C5, che soddisfa i requisiti di tale classe, quali definiti nella parte 16 dell'allegato del regolamento delegato (UE) 2019/945, ed è utilizzato con un sistema attivo e aggiornato di identificazione remota diretta.



2) Il pilota remoto ottiene il certificato di conoscenza teorica per le operazioni in scenari standard dopo:

- a) aver completato un corso di formazione online e aver superato l'esame di conoscenza teorica online di cui al punto 4, lettera b), del punto UAS.OPEN.020; e
- b) aver superato un ulteriore esame di conoscenza teorica, organizzato dall'autorità competente o da un'entità designata dall'autorità competente di uno Stato membro, in conformità all'allegato A del presente capo.

3) Tale certificato è valido per un periodo di cinque anni. Il suo rinnovo, entro il relativo periodo di validità, è soggetto a una delle seguenti condizioni:

- a) la dimostrazione delle competenze in conformità al punto 2;
- b) il completamento di una formazione di aggiornamento riguardante gli argomenti di conoscenza teorica di cui al punto 2, fornita dall'autorità competente o da un'entità designata dall'autorità competente.

4) Al fine di rinnovare il certificato alla sua scadenza, il pilota remoto deve rispettare le condizioni di cui al punto 2.

#### Responsabilità dell'operatore UAS

Oltre alle responsabilità di cui al punto UAS.SPEC.050, l'operatore UAS deve:

1) elaborare un manuale delle operazioni che comprenda gli elementi definiti nell'appendice 5;

2) definire il volume delle operazioni e il buffer contro i rischi a terra per le operazioni previste, inclusa l'area di terra controllata che copre le proiezioni sulla superficie terrestre all'interno sia del volume che del buffer;

3) garantire l'adeguatezza delle procedure di contingenza e di emergenza attraverso una delle seguenti modalità:

- a) prove in volo dedicate;
- b) simulazioni, purché la rappresentatività del mezzo di simulazione sia adeguata allo scopo perseguito;



4) predisporre un efficace piano di risposta alle emergenze (emergency response plan, ERP), che sia appropriato all'operazione e includa almeno:

- a) il piano volto a limitare eventuali effetti dovuti all'aggravamento della situazione di emergenza;
- b) le condizioni per allertare le autorità competenti e le organizzazioni pertinenti;
- c) i criteri di individuazione di una situazione di emergenza;
- d) una definizione chiara dei compiti dei piloti remoti e di qualsiasi altro membro del personale incaricato dei compiti essenziali per l'operazione UAS;

5) garantire che il livello di prestazioni per qualunque servizio prestato da fornitori esterni e necessario alla sicurezza del volo sia adeguato all'operazione prevista;

6) definire l'attribuzione dei ruoli e delle responsabilità tra l'operatore e i fornitori esterni di servizi, se del caso;

7) caricare informazioni aggiornate nel sistema di geo-consapevolezza, se tale funzione è installata sull'UAS, quando richiesto dalla zona geografica dell'UAS per il luogo in cui è prevista l'operazione;

8) garantire che, prima dell'avvio dell'operazione, l'area di terra controllata sia attiva ed efficace e rispetti la distanza minima di cui al punto 1, lettera c), punto i), lettera C), del punto UAS.STS-01.020, e che, ove necessario, sia stato stabilito il coordinamento con le autorità appropriate;

9) garantire che, prima dell'avvio dell'operazione, tutte le persone presenti nell'area di terra controllata:

- a) siano state informate dei rischi dell'operazione;
- b) abbiano ricevuto istruzioni o una formazione, a seconda dei casi, in merito alle precauzioni e misure di sicurezza istituite dall'operatore UAS per la loro protezione; e
- c) abbiano esplicitamente acconsentito a partecipare all'operazione;

10) garantire che:

- a) l'UAS sia accompagnato dalla corrispondente dichiarazione UE di conformità, che riporta il riferimento alla classe C5 o il riferimento alla classe C3 e al kit di accessori; e



b) sugli aeromobili senza equipaggio o sul kit di accessori sia apposta l'etichetta di identificazione della classe C5.

#### **Responsabilità del pilota remoto**

Oltre alle responsabilità di cui al punto UAS.SPEC.060, il pilota remoto:

1) prima di avviare un'operazione UAS, deve verificare che il mezzo di terminazione del volo dell'aeromobile senza equipaggio sia operativo e controllare che l'identificazione remota diretta sia attiva e aggiornata;

2) durante il volo:

a) deve mantenere l'aeromobile senza equipaggio in VLOS ed effettuare una scansione costante e completa dello spazio aereo circostante l'aeromobile senza equipaggio, al fine di prevenire qualsiasi rischio di collisione con eventuali aeromobili con equipaggio. Il pilota remoto deve interrompere il volo se l'operazione rappresenta un rischio per gli altri aeromobili, le persone, gli animali, l'ambiente o la proprietà;

b) ai fini della lettera a), può essere assistito da un osservatore dell'aeromobile senza equipaggio. In tal caso, tra il pilota remoto e l'osservatore dell'aeromobile senza equipaggio deve essere stabilita una comunicazione chiara ed efficace;

c) deve essere in grado di mantenere il controllo dell'aeromobile senza equipaggio, salvo in caso di perdita del collegamento per le funzioni di comando e controllo (C2);

d) deve utilizzare un solo aeromobile senza equipaggio alla volta;

e) non deve utilizzare l'aeromobile senza equipaggio da un veicolo in movimento;

f) non deve cedere il controllo dell'aeromobile senza equipaggio ad un'altra unità di comando;

g) deve applicare le procedure di contingenza definite dall'operatore UAS per le situazioni anomale, anche nel caso in cui il pilota remoto abbia motivo di ritenere che l'aeromobile senza equipaggio possa superare i limiti della geografia di volo; e

h) deve applicare le procedure di emergenza definite dall'operatore UAS per le situazioni di emergenza, compresa l'attivazione del mezzo di terminazione del volo nel caso in cui il pilota remoto abbia motivo di ritenere che l'aeromobile senza equipaggio possa superare i limiti del volume delle operazioni.



## SCENARIO STANDARD EU-STS-02

**EU-STS-02- BVLOS con osservatori dello spazio aereo al di sopra di un'area di terra controllata in un ambiente scarsamente popolato**

### Disposizioni generali

- 1) Durante il volo, l'aeromobile senza equipaggio deve essere mantenuto entro una distanza di 120 m dal punto più vicino della superficie terrestre. La misurazione delle distanze deve essere adattata secondo le caratteristiche geografiche del terreno, quali la presenza di pianure, colline, montagne.
- 2) Quando si fa volare un aeromobile senza equipaggio entro una distanza orizzontale di 50 m da un ostacolo artificiale la cui altezza è superiore a 105 m, l'altezza massima dell'operazione UAS può essere aumentata fino a 15 m al di sopra dell'altezza dell'ostacolo, su richiesta dell'entità responsabile dello stesso.
- 3) L'altezza massima del volume delle operazioni non deve superare i 30 m al di sopra dell'altezza massima consentita nei punti 1 e 2.
- 4) Durante il volo, l'aeromobile senza equipaggio non deve trasportare merci pericolose.

### Operazioni UAS in STS-02

Le operazioni UAS in STS-02 devono essere effettuate:

- 1) in conformità al manuale delle operazioni di cui al punto 1 del punto UAS.STS- 02.030;
- 2) al di sopra di un'area di terra controllata, interamente situata in un ambiente scarsamente popolato e comprendente:
  - a) l'area della geografia di volo;
  - b) l'area di contingenza, i cui limiti esterni devono trovarsi almeno 10 m oltre i limiti dell'area della geografia di volo;
  - c) un buffer contro i rischi a terra che copra una distanza pari almeno alla distanza che con ogni probabilità l'aeromobile senza equipaggio percorrerà dopo l'attivazione del mezzo di terminazione del volo specificato dal fabbricante



dell'UAS nelle istruzioni da lui fornite, tenendo conto delle condizioni operative entro le limitazioni specificate dal fabbricante dell'UAS;

- 3) in un'area in cui la visibilità in volo minima sia superiore a 5 km;
- 4) con l'aeromobile senza equipaggio in vista del pilota remoto durante il lancio e il recupero dell'aeromobile stesso, a meno che il recupero non sia il risultato di una terminazione del volo in emergenza;
- 5) in assenza di un osservatore dello spazio aereo durante l'operazione, con l'aeromobile senza equipaggio entro un raggio di 1 km dal pilota remoto, seguendo una traiettoria pre-programmata quando l'aeromobile senza equipaggio non è in VLOS del pilota remoto;
- 6) se sono presenti uno o più osservatori dello spazio aereo durante l'operazione, nel rispetto di tutte le seguenti condizioni:
  - a) gli osservatori dello spazio aereo sono posizionati in maniera tale da consentire un'adeguata copertura del volume delle operazioni e dello spazio aereo circostante con la visibilità in volo minima di cui al punto 3;
  - b) l'aeromobile senza equipaggio viene fatto funzionare a una distanza non superiore a 2 km dal pilota remoto;
  - c) l'aeromobile senza equipaggio viene fatto funzionare a una distanza non superiore a 1 km dall'osservatore dello spazio aereo più vicino all'aeromobile stesso;
  - d) la distanza tra gli osservatori dello spazio aereo e il pilota remoto non è superiore a 1 km;
  - e) sono disponibili mezzi di comunicazione validi ed efficaci per le comunicazioni tra il pilota remoto e gli osservatori dello spazio aereo;
- 7) da un pilota remoto che sia titolare di:
  - a) un certificato di conoscenza teorica di pilota remoto per le operazioni in scenari standard, rilasciato dall'autorità competente o da un'entità designata dall'autorità competente di uno Stato membro;
  - b) un accreditamento che attesti il completamento dell'addestramento pratico STS-02, in conformità all'allegato A del presente capo e rilasciato da:



A) un'entità che ha dichiarato la propria conformità ai requisiti di cui all'appendice 3 ed è riconosciuta dall'autorità competente di uno Stato membro; o

B) un operatore UAS che ha dichiarato all'autorità competente dello Stato membro di immatricolazione la propria conformità all'STS-02 nonché ai requisiti di cui all'appendice 3;

8) con aeromobili senza equipaggio che soddisfino tutte le seguenti condizioni:

- a) essere contrassegnati come appartenenti alla classe C6 e soddisfare i requisiti di tale classe, quali definiti nella parte 17 dell'allegato del regolamento delegato (UE) 2019/945;
- b) essere utilizzati con un sistema attivo volto ad impedire che gli aeromobili senza equipaggio violino la geografia di volo;
- c) essere utilizzati con un sistema attivo e aggiornato di identificazione remota diretta.

9) Il pilota remoto ottiene il certificato di conoscenza teorica per le operazioni in scenari standard dopo:

- a) aver completato un corso di formazione online e aver superato l'esame di conoscenza teorica online di cui al punto 4, lettera b), del punto UAS.OPEN.020; e
- b) aver superato un ulteriore esame di conoscenza teorica, organizzato dall'autorità competente o da un'entità designata dall'autorità competente di uno Stato membro, in conformità all'allegato A del presente capo.

10) Tale certificato è valido per un periodo di cinque anni. Il suo rinnovo, entro il relativo periodo di validità, è soggetto a una delle seguenti condizioni:

- a) la dimostrazione delle competenze in conformità al punto 9;
- b) il completamento di una formazione di aggiornamento riguardante gli argomenti di conoscenza teorica di cui al punto 9, fornita dall'autorità competente o da un'entità designata dall'autorità competente;

11) Al fine di rinnovare il certificato alla sua scadenza, il pilota remoto deve rispettare le condizioni di cui al punto 9.

#### **Responsabilità dell'operatore UAS**

Oltre alle responsabilità di cui al punto UAS.SPEC.050, l'operatore UAS deve:



1) elaborare un manuale delle operazioni che comprenda gli elementi definiti nell'appendice 5;

2) definire il volume delle operazioni e il buffer contro i rischi a terra per le operazioni previste, inclusa l'area di terra controllata che copre le proiezioni sulla superficie terrestre sia del volume che del buffer;

3) garantire l'adeguatezza delle procedure di contingenza e di emergenza attraverso una delle seguenti modalità:

- a) prove in volo dedicate;
- b) simulazioni, purché la rappresentatività del mezzo di simulazione sia adeguata allo scopo perseguito;

4) predisporre un efficace piano di risposta alle emergenze (ERP), che sia appropriato all'operazione e includa almeno:

- a) il piano volto a limitare gli effetti dovuti all'aggravamento della situazione di emergenza;
- b) le condizioni per allertare le autorità competenti e le organizzazioni pertinenti;
- c) i criteri di individuazione di una situazione di emergenza;
- d) una definizione chiara dei compiti dei piloti remoti e di qualsiasi altro membro del personale incaricato dei compiti essenziali per l'operazione UAS;

5) garantire che il livello di prestazioni per qualunque servizio prestato da fornitori esterni e necessario alla sicurezza del volo sia adeguato all'operazione prevista;

6) definire l'attribuzione dei ruoli e delle responsabilità tra l'operatore e i fornitori esterni di servizi, se del caso;

7) caricare informazioni aggiornate nel sistema di geo-consapevolezza, se tale funzione è installata sull'UAS, quando richiesto dalla zona geografica dell'UAS per il luogo in cui è prevista l'operazione;

8) garantire che, prima dell'avvio dell'operazione, siano state adottate tutte le opportune misure per ridurre il rischio di intrusione di persone non coinvolte nell'area di terra controllata, nel rispetto della distanza minima di cui al punto 2 del punto UAS.STS-02.020, e che, ove necessario, sia stato stabilito il coordinamento con le autorità appropriate;



9) garantire che, prima dell'avvio dell'operazione, tutte le persone presenti nell'area di terra controllata:

- a) siano state informate dei rischi dell'operazione;
- b) abbiano ricevuto istruzioni e, se del caso, una formazione in merito alle precauzioni e alle misure di sicurezza istituite dall'operatore UAS per la loro protezione; e
- c) abbiano esplicitamente acconsentito a partecipare all'operazione;

10) prima dell'avvio dell'operazione, se sono impiegati osservatori dello spazio aereo:

- a) garantire il corretto posizionamento e numero di osservatori dello spazio aereo lungo la traiettoria del volo previsto;
- b) verificare:
  - i) che la visibilità e la distanza programmata dell'osservatore dello spazio aereo si situino entro limiti accettabili, quali definiti nel manuale delle operazioni;
  - ii) che non vi siano potenziali ostruzioni del terreno per ciascun osservatore dello spazio aereo;
  - iii) che non vi siano spazi vuoti tra le zone coperte da ciascuno degli osservatori dello spazio aereo;
  - iv) che sia stata stabilita una comunicazione efficace con ciascun osservatore dello spazio aereo;
  - v) qualora gli osservatori dello spazio aereo utilizzino mezzi per determinare la posizione dell'aeromobile senza equipaggio, che tali mezzi siano funzionanti ed efficaci;
- c) garantire che gli osservatori dello spazio aereo abbiano ricevuto istruzioni in merito alla traiettoria prevista dell'aeromobile senza equipaggio e alla tempistica associata;

11) garantire che:

- a) l'UAS sia accompagnato dalla corrispondente dichiarazione UE di conformità, che riporta il riferimento alla classe C6;
- b) sugli aeromobili senza equipaggio sia apposta l'etichetta di identificazione della classe C6.

#### **Responsabilità del pilota remoto**

Oltre alle responsabilità di cui al punto UAS.SPEC.060, il pilota remoto:



1) prima di avviare un'operazione UAS:

- a) deve stabilire il volume di volo programmabile dell'aeromobile senza equipaggio, per mantenerlo all'interno della geografia di volo;
- b) deve verificare che il mezzo di terminazione del volo e la funzionalità del volume programmabile delle operazioni dell'aeromobile senza equipaggio siano operativi e verificare che il sistema di identificazione remota diretta sia attivo e aggiornato;

2) durante il volo:

- a) a meno che non sia coadiuvato da osservatori dello spazio aereo, deve effettuare una scansione costante e completa dello spazio aereo circostante l'aeromobile senza equipaggio, al fine di prevenire qualsiasi rischio di collisione con eventuali aeromobili con equipaggio. Il pilota remoto deve interrompere il volo se l'operazione rappresenta un rischio per gli altri aeromobili, le persone, gli animali, l'ambiente o la proprietà;
- b) deve essere in grado di mantenere il controllo dell'aeromobile senza equipaggio, salvo in caso di perdita del collegamento per le funzioni di comando e controllo (C2);
- c) deve utilizzare un solo aeromobile senza equipaggio alla volta;
- d) non deve utilizzare l'aeromobile senza equipaggio da un veicolo in movimento;
- e) non deve cedere il controllo dell'aeromobile senza equipaggio ad un'altra unità di comando;
- f) deve informare tempestivamente gli osservatori dello spazio aereo, se presenti, in merito a eventuali deviazioni dell'aeromobile senza equipaggio dalla traiettoria prevista e alla tempistica associata;
- g) deve applicare le procedure di contingenza definite dall'operatore UAS per le situazioni anomale, anche nel caso in cui il pilota remoto abbia motivo di ritenere che l'aeromobile senza equipaggio possa superare i limiti della geografia di volo;
- h) deve applicare le procedure di emergenza definite dall'operatore UAS per le situazioni di emergenza, compresa l'attivazione del mezzo di terminazione del volo nel caso in cui il pilota remoto abbia motivo di ritenere che l'aeromobile senza equipaggio possa superare i limiti del volume operativo.

#### **Responsabilità dell'osservatore dello spazio aereo**

L'osservatore dello spazio aereo deve:

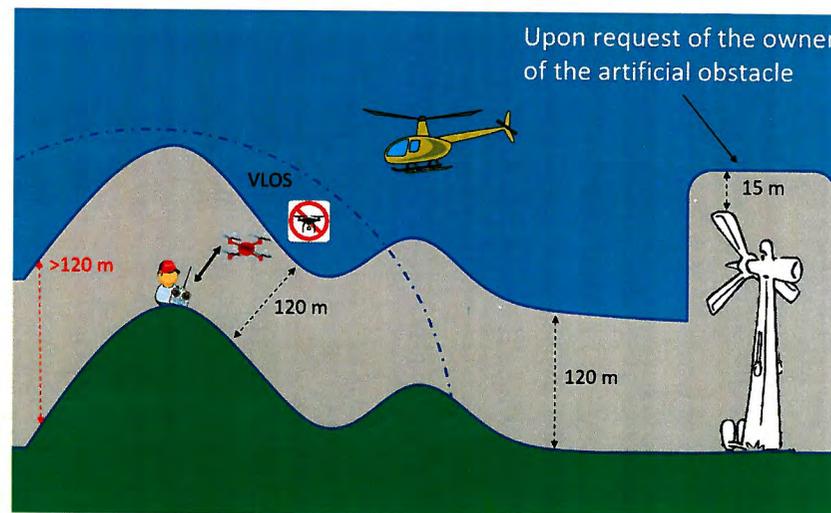
- 1) effettuare una scansione costante e completa dello spazio aereo circostante l'aeromobile senza equipaggio, al fine di individuare qualsiasi rischio di collisione con eventuali aeromobili con equipaggio;
- 2) mantenere la consapevolezza della posizione dell'aeromobile senza equipaggio attraverso l'osservazione diretta dello spazio aereo o mediante assistenza fornita da mezzi elettronici;
- 3) allertare il pilota remoto quando viene rilevato un pericolo e assisterlo nell'intento di evitare tale pericolo o di ridurlo al minimo i potenziali effetti negativi.

A2

**SUBCAT. A2: ALTEZZA MASSIMA**

120 MT da TERRA

Il pilota remoto deve assicurarsi di mantenere l'UAV a una distanza inferiore a 120 m (400 piedi) dal terreno, e l'immagine sotto mostra come l'altezza massima che l'UAV può raggiungere varia in base alla topografia del terreno. Inoltre, qualora siano previste altezze inferiori sulla piattaforma d-flight, il pilota remoto deve garantire che l'UAV sia sempre conforme ai requisiti della zona geografica.



L'ente responsabile dell'eventuale ostacolo artificiale deve concedere esplicitamente all'operatore del UAS l'autorizzazione a condurre un'operazione vicino all'ostacolo artificiale, ad esempio un edificio o un'antenna. Nessun operatore UAS potrà condurre un'operazione in prossimità di tale ostacolo senza l'autorizzazione del soggetto responsabile dell'ostacolo. (Cfr. GM1 UAS.OPEN.010)

**SUBCAT. A2: DISTANZA MINIMA DI SICUREZZA DALLE PERSONE NON COINVOLTE NELLE OPERAZIONI**

La distanza orizzontale minima dell'UAV dalle persone non coinvolte deve essere definita come la distanza tra i punti in cui l'UAV colpirebbe il suolo in caso di caduta verticale e la posizione delle persone non coinvolte.

+ 5m DETRITI

SOLO X DRONI

REGOLA 1:1 → MARCATI CE EASA



Come riferimento, quando l'UAV sta operando in prossimità di persone, il pilota remoto deve mantenerlo a una distanza da esse non inferiore all'altezza (è la cosiddetta "regola 1:1". In altre parole se l'UAV sta volando ad un'altezza di 30 m, la distanza da qualsiasi persona non coinvolta deve essere di almeno 30 m).

In ogni caso, la distanza dalle persone non coinvolte deve essere sempre maggiore di:

- 5 m, quando la funzione della **modalità a bassa velocità sull'UAV** è attivata e impostata su 3 m al secondo;
- 5 m, quando si utilizza un **pallone o dirigibile UAS**;
- 30 m in tutti gli altri casi.

La distanza di sicurezza dell'UAV dalle persone non coinvolte è variabile ed è fortemente dipendente dalle prestazioni e dalle caratteristiche degli UAS coinvolti, dalle condizioni meteorologiche e dalla segregazione dell'area sorvolata. **Il pilota remoto è il responsabile ultimo della determinazione di questa distanza. Sarà suo compito precipuo pianificare attentamente direzione e rotta dell'UAS al fine di evitare il sorvolo di persone non coinvolte.**

**Il pilota remoto per evitare il sorvolo di assembramenti di persone, potrà farsi assistere da membri della squadra che tengano il pubblico a distanza.**

**FUNZ. TRIPOD → VELOCITÀ < 3 m/sec**

La funzione "Tripod" presente in tutti gli ultimi modelli DJI può essere considerata una valida "modalità a basso rischio" qualora la velocità possa essere ridotta sotto i 3 m/s.

I **partecipanti attivi** sono le persone direttamente coinvolte nelle operazioni, oppure "estranei" informati in maniera dettagliata dei pericoli e svolgimento della missione

**DIST. PERSONE**

- **Suoi basso velocità**
- **o o pallone dirigibile**
- **30 m tutte situazioni (MARCHIATI CE EASA)**

A2 OPERAZ. PREPONDERANTE VICINO QUE PERSONE



**SUBCAT. A2: DIFFERENZE RISPETTO ALLA SUBCAT A3**

La sottocategoria A2 riguarda le operazioni durante le quali il volo vicino alle persone rappresenterà una parte preponderante del volo. La distanza minima varia da 30 a 5 m da persone non coinvolte. 5 m sono consentiti solo quando è attiva una funzione di modalità a bassa velocità sull'UAV e il pilota remoto ha condotto una valutazione della situazione relativa alle condizioni meteorologiche, alle prestazioni dell'UAS e alla segregazione dell'area sorvolata (ricordiamo che ciò vale per gli UAS marchiati CE EASA, mentre per tutti gli altri la distanza minima da tenere rispetto alle persone non coinvolte è sempre di 50 m).

La sottocategoria A3 riguarda le operazioni condotte in un'area (di seguito denominata "l'area") in cui il pilota remoto si aspetta ragionevolmente che nessuna persona non coinvolta potrà essere posta in pericolo a causa del volo del UAV. Inoltre, l'operazione deve essere eseguita a una distanza orizzontale di sicurezza di almeno 150 m da aree residenziali, commerciali, industriali o ricreative.

**DRONI NO (CE) DIST. MINIMA 50 M**

**ASSISTENTI X TENERE**

**PUBBLICO A DISTANZA**

**50 M**

**50 M**

NON SERVONO SE OPERATORE = PILOTE → CON RISPETTO  
PROCEDURE COSTRUTTORE



## OPEN CATEGORIES: Responsabilità dell'operatore UAS

### PROCEDURE OPERATIVE

x OPERAZIONI E RISCHI CORRELATI

L'operatore UAS deve sviluppare procedure adattate al tipo di operazioni e ai rischi ad esse correlate. Pertanto, le procedure scritte non sono necessarie se l'operatore UAS è anche il pilota remoto. Il pilota remoto può in questo caso utilizzare le procedure definite dal costruttore nel manuale delle operazioni (OM).

Se un operatore UAS impiega più di un pilota remoto, l'operatore UAS deve:

- sviluppare procedure per le operazioni UAS al fine di coordinare le attività tra i suoi dipendenti;
- stabilire e aggiornare un elenco del proprio personale e delle mansioni assegnate.

OPERATORE → AGGIORNA DATI  
GEOGRAFICI

### OTTENERE INFORMAZIONI AGGIORNATE SULLA ZONA GEOGRAFICA

L'operatore UAS deve scaricare l'ultima versione dei dati geografici e renderla disponibile al pilota remoto in modo che possa caricarla sul sistema di geo-consapevolezza, se tale sistema è disponibile nell'UAS utilizzato per l'operazione.

### OTTENIMENTO DI INFORMAZIONI AGGIORNATE SU EVENTUALI RESTRIZIONI O CONDIZIONI DI VOLO PUBBLICATE DALLO STATO MEMBRO

Le informazioni sulla struttura e le limitazioni dello spazio aereo, comprese le zone limitate per le zone UAS o no UAS, vengono fornite da ENAC/ENAV tramite la piattaforma d-flight.

### AMBIENTE OPERATIVO

- Il pilota remoto deve osservare l'ambiente operativo e controllare tutte le condizioni che potrebbero influenzare l'operazione UAS, come l'ubicazione di persone, proprietà, veicoli, strade pubbliche, ostacoli, aeroporti, infrastrutture critiche e qualsiasi altro elemento che potrebbe rappresentare un rischio per la sicurezza dell'operazione UAS.
- La familiarizzazione con l'ambiente e gli ostacoli deve essere condotta, quando possibile, camminando intorno all'area in cui si intende eseguire l'operazione.

CONDIZIONI METEO → COMPATIBILI → MANUALE  
COSTRUTTORE



(c) Il pilota remoto deve verificare che le condizioni meteorologiche nel momento in cui inizia l'operazione e quelle previste per l'intero periodo dell'operazione siano compatibili con quelle definite nel manuale del costruttore.

(d) Il pilota remoto deve avere familiarità con l'ambiente operativo e le condizioni di luce e fare uno sforzo ragionevole per identificare potenziali fonti di energia elettromagnetica, che possono causare effetti indesiderati, come interferenze elettromagnetiche (EMI) o danni fisici all'unità operativa attrezzature dell'UAS.

### COME COMPLETARE IL VOLO PREVISTO IN SICUREZZA

Il pilota remoto deve:

- aggiornare l'UAS con i dati per la funzione di geo-consapevolezza se sono disponibili nell'UAS;
- garantire che l'UAS sia idoneo al volo e rispetti le istruzioni e le limitazioni fornite dal costruttore, o secondo la *best practice* nel caso di UAS costruito privatamente;
- assicurarsi che qualsiasi payload trasportato sia adeguatamente fissato e installato e che rispetti i limiti per la massa e il baricentro dell'UAV;
- assicurarsi che la carica della batteria dell'UAV sia sufficiente per il funzionamento previsto in base a:
  - l'operazione pianificata; e
  - la necessità di energia extra in caso di eventi imprevedibili;
- per gli UAS dotati di una funzione di FAILSAFE, garantire che la stessa consenta un recupero sicuro dell'UAS per l'operazione prevista; per le funzioni di recupero programmabili in caso di FAILSAFE, il pilota remoto deve impostare i parametri di questa funzione per adattarla all'operazione prevista.

DIMENSIONI VA

### VLOS RANGE

AREA E SUE CARATTERISTICHE AMBIENTALI

- La distanza massima dell'UAV dal pilota remoto dipende dalle dimensioni dell'UA e dalle caratteristiche ambientali dell'area (come la visibilità, la presenza di ostacoli alti, ecc.).
- Il pilota remoto deve mantenere l'UAV a una distanza tale da essere sempre in grado di vederlo chiaramente e valutare la distanza dello stesso da altri ostacoli. Se l'operazione si svolge in un'area priva di ostacoli e il pilota remoto ha una visibilità senza ostacoli fino all'orizzonte, l'UAV può essere pilotato fino a una distanza tale per cui lo stesso rimanga



chiaramente visibile. Se ci sono ostacoli, la distanza deve essere ridotta in modo che il pilota remoto sia in grado di valutare la distanza relativa dell'UAV dagli ostacoli in questione. L'UAV inoltre deve essere mantenuto sufficientemente basso in modo da essere essenzialmente "protetto" dall'ostacolo, poiché gli aerei con equipaggio normalmente volano più in alto degli ostacoli.

Senza un'intrinseca limitazione dell'UAV il rischio di sconfinamento delle distanze orizzontali e verticali è elevato.

La valutazione delle distanze, anche per un pilota esperto, è alterata da fattori quali: tipo di luminosità, tipo e copertura nuvolosa, umidità nell'aria, ma anche da illusioni ottiche (inversa percezione sopra/sotto o destra/sinistra).

Occorrerebbe obbligare i costruttori a porre limitazioni, in funzione delle operazioni consentite, e vietare gli utilizzatori dal rimuovere le limitazioni.

#### LONTANANZA DELLO SCENARIO OPERATIVO

La capacità del pilota UAS di tenere in vista il drone, nonché di avere la consapevolezza del suo intorno spaziale con stima delle separazioni, è **certamente inferiore** rispetto a quella di un pilota a bordo di un aeromobile, ed è tanto minore quanto più lontano da sé è il drone.

Quando lo scenario è distante, nonostante il pilota sia in grado di seguire il drone ed il suo spazio aereo, egli potrebbe sottovalutare pericoli indotti verso o da persone/animali/mezzi mobili al suolo, poco o nulla visibili.

Ad esempio, animali spaventati, motociclisti che perdono il controllo per distrazione, gru in movimento.

#### POSIZIONE DEL PILOTA

La posizione del pilota può costituire limitazione significativa delle sue prestazioni, in primo luogo la capacità di mantenere a vista il UAS. Non vi sono prescrizioni normative che limitano ad esempio la sua possibilità di movimento. Questo è necessario anzi per consentirgli di mantenere al meglio la visione delle operazioni nello spazio circostante. Ma se il pilota conducesse le operazioni su pattini a rotelle oppure a bordo di una moto, di una barca o di un aereo? Certamente le sue capacità potrebbero essere limitate.

Altre limitazioni potrebbero essere causate al pilota per via di sollecitazioni sopraggiunte, quali richiami, rumori, fumi, vibrazioni o sbandamenti della base di appoggio. Queste possibilità vanno accuratamente pianificate e controllate.



#### INTERRUZIONE DEL VOLO NEL CASO IN CUI L'OPERAZIONE PRESENTI UN RISCHIO PER ALTRI AEROMOBILI

Il pilota remoto deve effettuare un'accurata scansione visiva dello spazio aereo per evitare qualsiasi rischio di collisione con aeromobili con equipaggio. Ciò significa che il pilota remoto è il principale responsabile al fine di evitare collisioni. Questo obbligo è motivato dal fatto che i piloti di aeromobili con equipaggio potrebbero non essere in grado di vedere l'UAV a causa delle sue piccole dimensioni.

Il pilota remoto deve pertanto effettuare una valutazione del rischio di collisione e intraprendere tutte le azioni necessarie al fine di evitarla.

Non appena il pilota remoto vede un altro velivolo o un paracadute o qualsiasi altro utente dello spazio aereo, deve immediatamente portare l'UAV a una distanza di sicurezza da esso e atterrare se l'UAV si trova in traiettoria di collisione con l'altro mezzo.

Ad esempio, se il pilota remoto vede un aereo con equipaggio volare ad altitudine molto elevata (cioè un volo in rotta ad un'altezza di 1 km o più), poiché il pilota manterrà sempre l'UA al di sotto di 120 m, può continuare l'operazione.

Se il pilota remoto nota un velivolo che impegna lo spazio aereo a bassa quota, alla quale potenzialmente potrebbe interferire con l'UAV, deve ridurre immediatamente l'altezza dell'UAV (ad esempio a meno di 10 m dal suolo) e mantenerlo in una zona distante (non meno di 500 m) dagli altri aeromobili. Se non è possibile garantire tale distanza, l'UAV deve essere immediatamente fatto atterrare.

La capacità di un pilota di separarsi a vista da altri traffici (aeromobili, apparecchi VDS, altri UAS) ha dei limiti umani.

Nel caso di operazioni simultanee con altri voli UAS (esempio riprese per conto di cinefoto-reporters in occasione di eventi di cronaca giornalistica), la capacità di auto-coordinarsi può venire meno, perdendo la separazione proprio perché ciascuno tende ad occupare la medesima posizione di miglior ripresa.

#### CAPACITÀ DI MANTENERE IL CONTROLLO DELL'UAV

Il pilota remoto deve:

- 1) concentrarsi sul funzionamento dell'UAV;
- 2) non pilotare un UAV mentre guida un veicolo in movimento;
- 3) operare un solo UAV alla volta.



Se il pilota remoto utilizza un UAV da un veicolo terrestre in movimento o da una barca, la velocità del veicolo deve essere abbastanza moderata da consentirgli di mantenere il contatto visivo con l'UAV in ogni momento e mantenere la consapevolezza e l'orientamento.

Le operazioni autonome non sono consentite nella categoria "open" e il pilota remoto deve essere in grado di assumere il controllo dell'UAV in qualsiasi momento, tranne in caso di condizione di collegamento perso o in caso di "volo libero".

#### LATENZA DEI COMANDI

Il riconoscimento di una situazione operativa può innescare una non così subitanea gestione di riconoscimento e analisi delle decisioni più appropriate e successivamente di un'azione sui comandi soggetta, quest'ultima, a un quasi inevitabile ritardo fisiologico che non è solo conseguente al ritardo della decisione ma anche all'invio/ricezione dell'input a bordo.

Con ogni probabilità a bordo di un aeromobile tradizionale la fase di decision making è molto correlata anche ad aspetti sensoriali sicuramente più ravvicinati alla condotta del mezzo, avendo pure una minore latenza della fase di azione sui comandi.

#### CONTINUO CAMBIO DI FOCALITÀ OTTICA E LUMINOSITÀ

Nelle operazioni VLOS l'obbligo del continuo contatto visivo può comportare sotto il profilo HMI, l'adozione di un differente Eye-Hand-Movement Control, essenzialmente condizionato da un frequente movimento del capo HEAD UP per la visione orizzontale e un HEAD DOWN per la visione verticale. In sostanza, il frequente spostamento del capo ad es. dalla stazione ground a terra (visione ravvicinata e messa a fuoco sull'interfaccia) all'oggetto in movimento (ritardo nella messa a fuoco del mezzo da lontano) può generare un'obiettivo difficoltà ergonomica e cognitiva, con conseguente tentazione a soffermarsi oltre il dovuto sulla visione del monitor, magari grazie alla funzionalità FPV (funzione che consente la visione come se il pilota fosse a bordo dell'UAV), che sottolineiamo essere non consentita dal Regolamento ENAC e pericolosa per il volo a vista VLOS a meno che non sia presente un OSSERVATORE).

Oltre alla variazione di luce dovuta al movimento del capo, dal punto di vista sensoriale può influenzare la prestazione del pilota il differente impatto arrecato dalla discriminazione di un oggetto in volo in relazione al variare della luce dello sfondo; per sfondo non s'intende, ad esempio, solo la differente colorazione cromatica del cielo a



causa di fenomeni atmosferici, bensì anche quello derivante da una variazione della luce in conseguenza del crepuscolo, dell'alba o della luce piena.

#### RESILIENZA OPERATIVA SOTTO STRESS E CONFUSIONE SPAZIALE

In generale, per un volo remoto, la caduta di resilienza psicologica in condizioni di stress operativo è maggiore rispetto alla situazione di pilota a bordo (che è anche motivato a salvare se stesso).

Condizione aggravante può essere dovuta alla confusione spaziale nella quale potrebbe incorrere il pilota per la concentrazione necessaria a immaginare gli effetti della rotazione del mezzo nello spazio mantenendo mentalmente la consapevolezza del fattore heading/Prua del mezzo rispetto al profilo di volo pianificato e relativi ostacoli.

Un banale esempio è costituito dalla differenza che esiste tra il volo di allontanamento e quello di avvicinamento, in cui i comandi destra/sinistra diventano anti-istintivi.

#### VOLO LIBERO

"Volo libero" fa riferimento ai voli senza controllo esterno, sfruttando le correnti ascendenti, i venti dinamici e le prestazioni del UAV. I voli liberi all'aperto vengono effettuati con alianti o con modelli dotati di mezzi di propulsione (es. Elastici, motori termici) che li sollevano di quota, prima che planino liberamente e seguano le masse d'aria.

#### RISPOSTA DI EMERGENZA

La "risposta di emergenza" è un'azione intrapresa in risposta a un evento imprevisto e pericoloso nel tentativo di mitigare il suo impatto su persone, proprietà o ambiente.

#### SFORZO DI RISPOSTA DI EMERGENZA

Quando è in corso un intervento d'emergenza nell'area operativa di un UAS, l'operazione UAS deve essere immediatamente interrotta a meno che non sia stata esplicitamente autorizzata dai servizi preposti alla gestione dell'emergenza stessa.

In caso contrario, deve essere mantenuta una distanza di sicurezza tra l'UAV e il sito di dell'emergenza in modo che l'UAV non interferisca o ponga in pericolo le attività dei servizi di risposta alle emergenze. L'operatore UAS deve prestare particolare attenzione

a non ostacolare il possibile supporto aereo e a proteggere il diritto alla privacy delle persone coinvolte nell'evento emergenziale

### RUOLO DELL'OSSERVATORE E FPV

Il pilota remoto può essere assistito da un osservatore che lo aiuti a tenere l'UAV lontano dagli ostacoli. L'osservatore deve posizionarsi accanto al pilota remoto al fine di fornire avvertimenti al pilota remoto supportandolo nel mantenere la separazione richiesta tra l'UAV e qualsiasi ostacolo, incluso altro traffico aereo.

Gli osservatori possono essere utilizzati anche quando il pilota remoto conduce operazioni UAS in FPV, che è un metodo utilizzato per controllare l'UAV con l'ausilio di un sistema visivo collegato alla telecamera. In ogni caso, anche durante le operazioni FPV, il pilota remoto è comunque responsabile della sicurezza del volo.

Poiché l'osservatore UA è situato accanto al pilota remoto e non deve utilizzare la visione assistita (ad esempio un binocolo), il suo scopo non è quello di estendere la portata dell'UAV oltre la distanza VLOS dal pilota remoto.

Le eccezioni sono le situazioni di emergenza, ad esempio, se il pilota deve eseguire un atterraggio di emergenza lontano dalla posizione del pilota, e il binocolo può essere utile al pilota nell'eseguire in sicurezza tale atterraggio

## SELEZIONE DELL'AREA OPERATIVA

### DEFINIZIONE DELLE AREE SUPERFICIALI IMPEGNATE

Le aree superficiali impegnate comprendono l'area delle operazioni, l'area di buffer e l'area limitrofa. Tutti i seguenti punti devono essere verificati al fine di poter classificare l'operazione come OPEN piuttosto che come operazione in scenario standard o SPECIFIC.

Le aree superficiali impegnate vengono identificate come segue:

#### 1. Definizione dell'area delle operazioni e del profilo di missione:

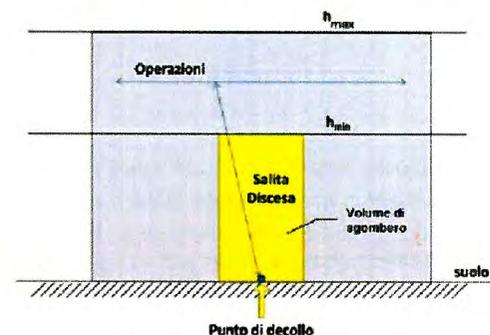
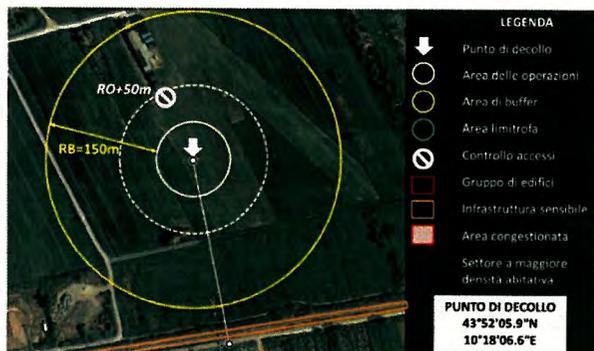


Figura 1. Profilo verticale di missione.

	Descrizione
Limitazioni alle condizioni VLOS (es: presenza di ostacoli)	nessuna
Presenza fonti di disturbo al radio link (es: campi magnetici prodotti da antenne, ...)	nessuna
Presenza fonti di disturbo al segnale GPS (es: presenza di ostacoli)	nessuna
Prescrizioni specifiche al fine di preservare le caratteristiche di non criticità (es. ore del giorno, giorni della settimana, mesi dell'anno, controllo degli accessi alle aree interessate, coinvolgimento forze dell'ordine)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Assenza di altre attività di volo da parte di altri utenti dell'aviosuperficie in concomitanza con le attività SAPR.</li> <li>Equipaggio dotato di radio aeronautica per il monitoraggio della frequenza adottata dall'aviosuperficie (118.025 MHz).</li> <li>Controllo accessi all'area delle operazioni come indicato nel presente manuale, al fine di evitare intrusioni non desiderate.</li> </ul>

## 2. Definizione dell'area di buffer.

### 3. Rappresentazione su mappa dell'area delle operazioni completa di indicazioni:



Nel presente caso le seguenti azioni si ritengono necessarie:

1. Controllo degli accessi.
2. Verifica dell'assenza dell'attività di volo (Essere in possesso di una radio aeronautica impostata sulla frequenza locale per il monitoraggio delle comunicazioni)

Infine, eseguire un riepilogo delle verifiche inerenti le aree impegnate

	CHECK
Operazione condotta in costante contatto visivo tra pilota e SAPR (VLOS)	[X]
Non si prevede il sorvolo, anche in caso di avarie e malfunzionamenti, di aree congestionate, assembramenti di persone, agglomerati urbani o infrastrutture sensibili.	[X]
Assenza di persone e cose non sotto il controllo dell'operatore per almeno 50m fuori dall'area delle operazioni	[X]
Assenza di zone congestionate (aree soggette a raggruppamenti di persone) o infrastrutture sensibili entro l'area di buffer e comunque entro 150m dal limite dell'area delle operazioni	[X]

Ovviamente se si hanno a disposizione più soluzioni alternative (alternati), sarà sempre preferibile quella meno impegnativa ossia quella di svolgere un'operazione OPEN.

Qualora invece non sia possibile optare per una soluzione "OPEN" sarà opportuno quantomeno disporre di luoghi di decollo e atterraggio in modo da poter "adattare" il nostro volo ad eventuali cambiamenti imprevisi rispetto alla situazione che ci eravamo prefigurati.

## RISK MANAGEMENT E MATRICE DI RISCHIO

### PREMESSA

Per sicurezza (safety), in accordo alla definizione contenuta nel Safety Management Manual (Doc. 8959) dell'ICAO, si identifica la condizione nella quale la possibilità di danni a persone o proprietà è ridotto e mantenuto pari o al di sotto di un livello accettabile attraverso un processo continuo di identificazione dei pericoli (hazard) e gestione dei rischi.

La gestione dei rischi richiede un diverso approccio organizzativo/operativo rispetto alla gestione dei sistemi qualità.

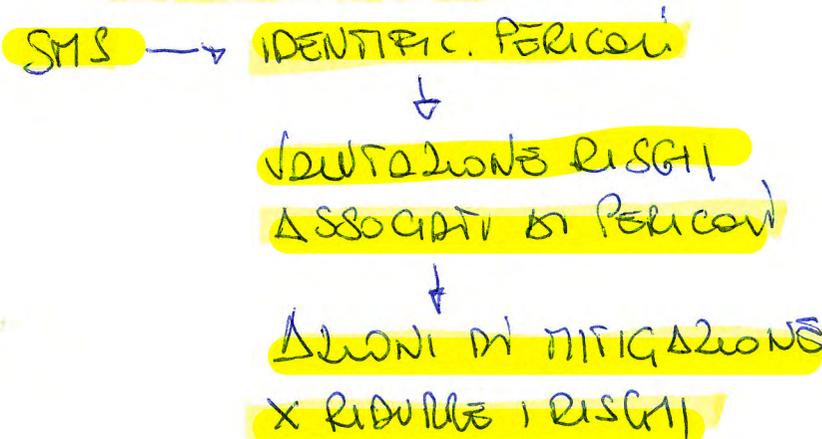
In particolare stato introdotto come strumento organizzativo il Safety Management System (SMS) definito come insieme delle risorse, procedure ed azioni messe in atto per garantire la sicurezza delle specifiche attività in relazione ai rischi connessi.

### SMS

Un SMS permette l'identificazione dei pericoli che possano avere impatto sull'attività svolta dall'organizzazione, la valutazione dei rischi associati a tali pericoli e l'individuazione di priorità in modo da consentire la messa in atto di misure di mitigazione adeguate per ridurre i rischi al livello più basso ragionevolmente possibile e accettabile.



### SAFETY MANAGEMENT SYSTEM



PERICOLO SITUAZIONE CHE PUÒ PRODURRE EVENTI CHE IMPEDISCONO LE OPERAZIONI E CREANO DANNI

ACTIVE FAILURES -> AZIONI IMMEDIATE CHE GENERANO SUBITO UN EFFETTO



LATENT CONDITIONS - SITUAZIONI CHE PRESENTANO PERICOLI CHE SI DA UN DANNO

Il processo di gestione dei rischi inizia con l'identificazione dei pericoli (o hazard) che interessano la sicurezza dell'organizzazione.

Pericolo (hazard) -> situazione potenzialmente in grado di produrre o consentire lo sviluppo di eventi che possono impedire di raggiungere gli obiettivi prefissati e/o di dare origine a incidenti o danni alla salute dell'uomo e all'ambiente (in sostanza qualcosa che può causare un danno significativo).

Con la prima fase raccogliamo e identifichiamo i safety hazards che possono emergere con l'utilizzo di droni. I pericoli si distinguono in "active failures" e "latent conditions". Gli active failures sono azioni - inclusi errori e violazioni - che hanno un immediato effetto. Generalmente, sono considerati come unsafe acts. Gli active failures sono generalmente associati a personale front-line (piloti, controllori del traffico aereo, tecnici e così via).

Le "latent conditions" sono quelle che esistono nell'Organizzazione ben prima che si verifichi un risultato dannoso.

Inizialmente, queste condizioni latenti non vengono percepite come dannose, ma potrebbero diventare evidenti una volta che le difese del sistema vengono violate. La rimozione, effettuata nel tempo e nello spazio dall'evento, del personale in un Organizzazione genera generalmente queste condizioni.

Metodologie di identificazione dei safety hazards

Reattivo: questa metodologia comporta l'analisi dei dati relativi agli incidenti / inconvenienti accaduti. I pericoli vengono identificati attraverso l'esame di segnalazioni di sicurezza. Incidenti e inconvenienti sono chiari indicatori di carenze del sistema; pertanto, possono essere utilizzati per determinare i pericoli che hanno contribuito all'evento o alla condizione latente.

Proattivo: Questa metodologia comporta un'analisi di situazioni esistenti o che si realizzano in tempo reale durante l'attività col drone

Predittivo: Questa metodologia, che comporta la raccolta dei dati, viene utilizzata per identificare eventuali risultati negativi futuri o eventi che possono generarsi durante l'utilizzo del drone, analizzando i processi del sistema e l'ambiente, per individuare potenziali pericoli futuri e per avviare azioni mitiganti.

Fonti di identificazione dei Safety Hazards

Alcuni dei metodi più comuni di identificazione degli hazards sono costituiti dai seguenti:

- Esame dei dati provenienti dai precedenti incidenti e inconvenienti - Flight Operations Data Analysis (FODA)
- Riporti dall'attività operativa
- Riporti dall'attività manutentiva
- Sicurezza (& Qualità) Audit / valutazioni

IDENTIFICAZIONE PERICOLI

SAFETY HAZARD IDENTIFICATION



- Segnalazione volontaria di incidenti / inconvenienti / eventi occultati
- Segnalazione obbligatoria degli incidenti all'autorità competente
- Sessioni di brainstorming
- Interviste

Il processo di identificazione dei pericoli deve essere eseguito attraverso un'analisi di root-cause per individuare le cause dei pericoli di sicurezza e le loro potenziali conseguenze.

Il potenziale risultato di un pericolo (rischio) deve essere valutato nella fase successiva, la valutazione dei rischi di sicurezza (safety risk assessment).

Raramente esiste una singola causa di incidente ma piuttosto esiste sempre una catena di eventi sfortunati, di fattori o di errori. Gli errori sono anch'essi il risultato di un insieme di eventi e possono nascere in una o più categorie di fattori: legati alla persona, al compito, alla situazione ed al sistema.

In altre parole, un incidente può essere definito come l'effetto di una concatenazione di errori che non si riesce a interrompere.

Pur non esistendo quasi mai una singola causa di incidente è possibile individuare la causa primaria di un incidente o di un inconveniente nell'evento iniziale che ha innescato la catena degli eventi che in ultima istanza ha cagionato l'incidente o l'inconveniente.

Quando sopraggiunge un problema, occorre stabilire la concatenazione degli eventi, identificare le cause e prendere decisioni per evitare che si ripresentino in futuro.

L'interconnessione e la cooperazione tra tutti coloro che fanno parte del sistema sono dunque un presupposto imprescindibile.

IDENTIFICAZIONE RISCHI

REATTIVO - ANALISI SITUAZIONI GIÀ SUCCESSO

PROATTIVO - " " IN CORSO

PREDITTIVO - " " FUTURO

INCIDENTE - CONCATENAZIONE DI ERRORI CHE NON SI RIESCONO A INTERRUPERE

IMPORTANTE - CONOSCERE LA CAUSA PRIMARIA

# VALUTAZIONE DEI RISCHI SAFETY RISK ASSESSMENT



SEVERITÀ → SEVERITÀ DELLE CONSEGUENZE  
PROBABILITÀ → PROBABILITÀ CHE AVVENGA

## PARTE II – SAFETY RISK ASSESSMENT

Successivamente all'identificazione di un hazard, è necessario effettuare una valutazione dei rischi per determinare il potenziale di danno. Ciò comporta le seguenti valutazioni:

- **severità**: la severità delle potenziali conseguenze di un evento o condizione pericolosa
- **probabilità**: la probabilità che un evento o condizione pericolosa si verifichi

Generalmente una determinata condizione di pericolo si trasformerà in un rischio ogni qualvolta si realizza un'azione. Il rischio è l'unico parametro che può influenzare la condizione del pericolo.

In generale si può affermare che un pericolo è qualcosa (una condizione, un oggetto, ecc.) nel presente mentre il rischio associato è un potenziale risultato della condizione presente che si può verificare nel futuro.

In figura è illustrato sinteticamente il processo di analisi degli hazard e valutazione del rischio. Da notare che per ogni particolare hazard vi possono essere uno o più rischi associati e il risk assessment deve essere condotto per ciascuno di essi.



## PROBABILITÀ DI RISCHIO

La probabilità di rischio è definita come **probabilità o frequenza che la conseguenza di un pericolo potrebbe verificarsi**. Al fine di valutare la probabilità occorre tener conto delle misure di mitigazione che sono attualmente in atto.

Per determinare la probabilità può essere di aiuto porsi le seguenti domande:

- Vi sono casi di eventi simili a quello in esame accaduti nel passato (sia nella propria che in altre organizzazioni conosciute), o si tratta di un evento isolato?
- Quali altri droni, equipaggiamenti o componenti dello stesso tipo potrebbero avere difetti simili?
- Quante persone sono coinvolte e quanto frequente è l'attività?
- Quali sono le misure attualmente in atto per prevenire il verificarsi dell'evento e qual è la loro efficacia?

In tabella 2 è riportato un esempio di classificazione dei livelli di probabilità dell'evento a ciascuno dei quali è attribuito un valore identificativo.

Definizione qualitativa *	Significato	Valore
Frequente	Probabile che si verifichi molte volte	5
Occasionale	Probabile che capiti qualche volta	4
Remota	Improbabile, ma può possibilmente accadere	3
Improbabile	Molto improbabile che l'evento si verifichi	2
Estremamente improbabile	Quasi inconcepibile che l'evento si verifichi	1

## SEVERITÀ DEL RISCHIO

La severità del rischio di sicurezza è definita come **l'entità del danno che potrebbe ragionevolmente verificarsi come risultato dell'identificato pericolo di sicurezza**. È necessario valutare la severità nei termini del peggiore scenario realisticamente possibile e tener conto delle misure di mitigazione attualmente in atto.

Al fine di definire la severità può risultare utile porsi le seguenti domande:

- Potrebbe esservi perdita di vite umane?
- Qual è il **grado probabile di danno all'aeromobile, alla proprietà o di danno finanziario**?



- Qual è il probabile impatto ambientale?

In tabella 1 è riportato un esempio di classificazione dei livelli di severità delle conseguenze dell'evento, a ciascuno dei quali è attribuito un valore identificativo.

Definizione qualitativa	Significato	Valore
Catastrofica	Aeromobile/equipaggiamento distrutto. Diversi decessi.	A
Pericolosa	Forti riduzioni dei margini di sicurezza, malessere fisico o carico di lavoro tale che le organizzazioni non possono svolgere i propri compiti con precisione o completezza. Lesioni gravi o decesso per un certo numero di persone. Danno maggiore all'equipaggiamento.	B
Maggiore	Una significativa riduzione dei margini di sicurezza, una riduzione nella capacità delle organizzazioni di far fronte alle avverse condizioni operative a causa di un aumento del carico di lavoro o come risultato di condizioni che possano compromettere la loro efficienza. Inconveniente grave. Lesioni alle persone.	C
Minore	Fastidio. Limitazioni operative. Uso di procedure emergenza. Inconveniente minore.	D
Trascurabile	Conseguenze minime.	E

### TOLLERABILITÀ DEL RISCHIO

Una volta definite la severità e la probabilità, il rischio può essere valutato attraverso l'uso di una matrice di valutazione. Un esempio di matrice di valutazione del rischio è riportata in tabella 3.

		Severità delle conseguenze				
		Catastrofica A	Azzardosa B	Maggiore C	Minore D	Trascurabile E
Probabilità dell'evento	Frequente 5	5A	5B	5C	5D	5E
	Occasionale 4	4A	4B	4C	4D	4E
	Remota 3	3A	3B	3C	3D	3E
	Improbabile 2	2A	2B	2C	2D	2E
	Estremamente improbabile 1	1A	1B	1C	1D	1E

L'indice alfanumerico (1A, 2A, ecc.) ottenuto dalla tabella di valutazione del rischio deve essere quindi esportato in una matrice di tollerabilità che individua i criteri di tollerabilità per la tipologia di organizzazione.

## MITIGAZIONE DEL RISCHIO SAFETY RISK MITIGATION



Tollerabilità	Indice di valutazione del rischio	Criterio di accettabilità del rischio
NON TOLLERABILE	5A, 5B, 5C 4A, 4B, 3A	Inaccettabile nelle circostanze esistenti: la probabilità e/o la severità delle conseguenze dell'evento è intollerabile. Le operazioni e/o attività non possono essere intraprese o proseguite senza interventi di mitigazione che riconducano il rischio (in termini di probabilità e severità) nella zona gialla o verde.
TOLLERABILE	5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	Accettabile in ragione della mitigazione del rischio: devono essere ricercate misure per mitigare il rischio al livello più basso ragionevolmente possibile (ALARP). L'accettabilità del rischio residuo dopo la mitigazione può richiedere l'intervento decisionale della Direzione Aziendale
ACCETTABILE	3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E	Accettabile: la conseguenza è così improbabile o non abbastanza grave da essere preoccupante; il rischio è accettabile. Tuttavia, è consigliabile la riduzione ulteriore del rischio al livello più basso ragionevolmente praticabile, al fine di minimizzare il rischio di un incidente o inconveniente.

### Parte III – Safety Risk Mitigation

Dopo la valutazione è necessario procedere alla fase di trattamento dei rischi. Poiché non è possibile o conveniente eliminare totalmente la possibilità di avarie/errori si deve cercare di eliminare almeno quelli che hanno effetti estremamente gravi per la sicurezza. Ogni sforzo deve essere compiuto per ridurre la frequenza di errori ed avarie in relazione alla criticità degli impianti ed alla gravità degli effetti.

Le priorità di intervento saranno individuate in relazione al livello di rischio da trattare. Il metodo per ridurre i rischi individuati è quello di introdurre opportune barriere di tipo tecnico o procedurale (dispositivi di segnalazione e allarme, procedure scritte, addestramento, ecc.).

Il livello di rischio può essere abbassato:

- riducendo la severità delle conseguenze potenziali,
- riducendo la probabilità o la frequenza del suo verificarsi, o
- riducendo l'esposizione al rischio.

L'azione correttiva dovrebbe tenere conto delle eventuali difese esistenti e della loro incapacità di raggiungere un livello di rischio accettabile. Essa sarà inoltre oggetto di ulteriori valutazioni, al fine di determinare se il rischio è ora accettabile e verificare che nessun altro rischio sia stato introdotto nelle attività operative.

Le mitigazioni dei rischi saranno monitorate al fine di assicurarsi della loro efficacia nel tempo.

In generale le strategie di mitigazione rientrano nelle tre seguenti categorie:

1. Eliminazione: l'operazione o l'attività viene annullata o evitata perché il rischio sulla sicurezza supera i vantaggi ottenuti continuando l'attività, eliminando così il rischio del tutto.
2. Riduzione: la frequenza delle operazioni o attività viene ridotta o si interviene per ridurre l'entità delle conseguenze del rischio (ad es. limitare le operazioni soltanto ai voli diurni).

3. Segregazione: l'azione viene intrapresa per isolare gli effetti delle conseguenze del rischio o aumentare la ridondanza per proteggersi contro essi (es. limitare le operazioni agli aeromobili equipaggiati di equipaggiamenti aggiuntivi).

#### Parte IV – Safety Documentation

Registro degli hazards

È necessario che tutti gli hazards individuati che potrebbero avere impatto sulla sicurezza, come pure le valutazioni dei relativi rischi e le successive azioni di follow up siano documentati in modo chiaro. La natura e il formato di tale documentazione possono variare da un semplice registro a una sofisticata banca dati che collega i pericoli con le mitigazioni, le responsabilità e le azioni.

Un modo molto semplice per documentare gli hazards è attraverso la creazione di un registro degli hazards (o hazard log).

Il registro contiene tutti gli hazard identificati, i relativi rischi, i risultati della valutazione di ciascun rischio tenendo conto delle eventuali misure di mitigazione in vigore, le ulteriori misure di mitigazione del rischio e, se necessario una nuova valutazione del rischio una volta che le misure di mitigazione sono state attuate, per verificare se tali misure hanno ottenuto il risultato desiderato.

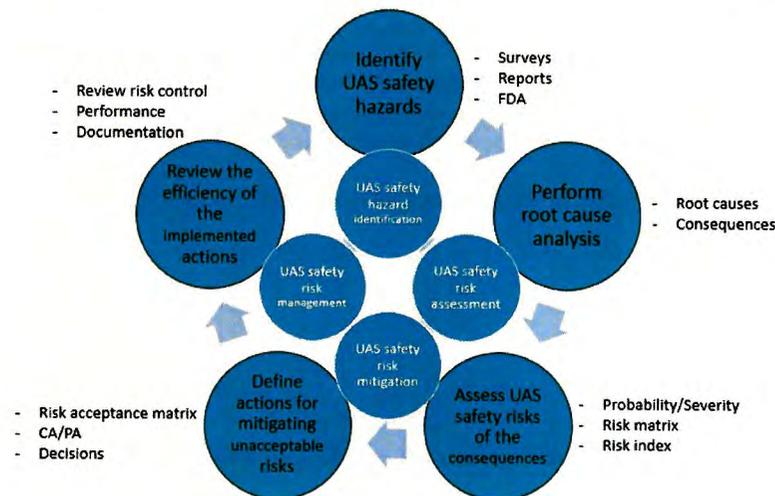
Non solo le mitigazioni di rischio devono essere documentate, ma anche le azioni di miglioramento continuo necessitano di un processo documentato di gestione dei rischi.

È inoltre necessario stabilire un database di safety risk database - che deve essere utilizzato come prova dei previsti pre-flight checks o come base per la realizzazione di manuali operativi.

Raccomandazioni:

- Creare un safety risk database includendo safety hazards and mitigation actions
- Stabilire una procedura di monitoraggio dei rischi
- Stabilire sistemi di reporting volontari e obbligatori
- Stabilire una cultura della sicurezza (safety culture)

In sintesi il processo di risk management è raffigurabile come in figura:



#### VALUTAZIONE DEL RISCHIO NELLE OPERAZIONI

Ovviamente per rendere efficace il Risk Assessment è necessario implementare ed utilizzare al meglio un sistema di segnalazioni che in fase di reporting possa raccogliere le opinioni degli esperti e i dati di frequenza delle inefficienze su un largo numero di realtà geograficamente distanti. L'obiettivo è quello di mitigare, appunto le anomalie durante le operazioni SARP.

Nel caso delle operazioni SARP, infatti, bisognerebbe identificare il tipo ed il livello di danno in base alle differenti risposte dei sistemi impiegati (ad es. danno apparati, numero vittime, perdita di controllo, (es., la Fault Tree Analysis).

Una buona prassi metodologica è, infatti, quella di identificare come primo step i c.d. HAZARDS (pericoli) associati alle operazioni per poi procedere all'identificazione quantitativa/qualitativa dei RISKS (Rischi) sui quali intervenire per individuare adeguate "mitigazioni del rischio" ridotte a livelli accettabili.

Le azioni di riduzione del rischio devono essere basate sia sull'aspetto qualitativo sia su quello quantitativo del dato e siccome i SARP sono di recente introduzione, mancando le serie storiche, bisognerebbe, dal punto di vista della metodologia, eseguire anche un'analisi di ricognizione quantitativa sull'incertezza dei risultati stessi.

Inoltre, al mancare di un numero elevato di report nel tempo, più che su un valore la sicurezza dovrebbe esprimersi in un range di possibili occorrenze.



Bisognerebbe considerare inoltre nella fase di mitigazione del rischio la sostenibilità economica, dato il costo degli apparati in esercizio, con un'adeguata analisi costo benefici. In più non si può sottovalutare la componente umana per quanto concerne gli errori di omissione (mancata esecuzione) e (errata manovra) queste siano da collegare all'apparato sia a terra sia a bordo (ad es. indicatori inefficienti, sensori inaffidabili). Quello che, riassumendo, è di fondamentale importanza è la necessità di gerarchizzare i fattori che contribuiscono al rischio e di garantire un livello minimo di sicurezza che si fondi sull'utilizzo di precursori già noti attingendo dai campi TLC e dell'aviazione generale. Tale valore di sicurezza non deve mai essere inferiore a quello oggi esistente nell'aeronautica civile tradizionale.



## C) MITIGAZIONI TECNICO-OPERATIVE E GESTIONE DEL RISCHIO: ESEMPI DI DOMANDE E RISPOSTE

**400. La prima valutazione da compiere prima di effettuare una missione è se la stessa sia:**

- Un'operazione Open o Specific
- Un'operazione Specific o Certified
- Un'operazione Specific o in scenari standard STS-01 e STS-02
- Un'operazione a fine di lucro o no

**401. Se il volo è previsto in una zona urbana, la categoria coinvolta potrà essere:**

- OPEN
- SPECIFIC
- CERTIFIED
- Tutte le precedenti risposte sono corrette

**402. Chi stabilisce i limiti operativi dell'UAV (ad esempio, vento massimo, temperatura massima etc)?**

- Il costruttore
- ENAC
- EASA
- ENAV

**403. Se le condizioni meteo eccedono i limiti previsti nel Manuale di volo**

- Posso comunque volare purché non salga sopra i 35 metri
- Devo rinunciare al volo sempre e comunque
- Devo al momento rinunciare al volo, ma posso attendere un miglioramento ed effettuare comunque la missione
- Posso volare ma senza allontanarmi oltre i 50 metri dal pilota



## 501. Cos'è la turbolenza?

- Vento che cambia improvvisamente direzione e forza
- Flusso d'aria che si scontra con ostacoli diventando un vortice
- Brevi momenti di alte velocità del vento
- Vento causato da un'area di bassa pressione localizzata

## Autodichiarazione pratica pilota - A2



### 1. Perché una dichiarazione?

L'EASA ha stabilito che lei, in qualità di pilota, deve completare un'autoformazione pratica prima di poter volare nella categoria aperta. Questa autoformazione consiste in una serie di elementi che lei stesso può mettere in pratica passo dopo passo. Per la categoria aperta non è previsto un esame pratico.

Deve compilare e portare con sé una dichiarazione in cui attesta che lei gestisce il comando del suo velivolo.

### 2. Cosa imparerò durante l'autoformazione?

L'autoformazione, come prescritto dall'EASA, consiste nei seguenti obiettivi di apprendimento:<sup>1</sup>

1. Operare entro i limiti del velivolo senza equipaggio
2. Eseguire tutte le manovre prescritte senza sforzo e con precisione
3. Dimostrare una buona abilità di volo basata su conoscenze e abilità sufficienti
4. Mettere in pratica le conoscenze teoriche
5. Mantenere il velivolo senza equipaggio sotto controllo in ogni momento, affinché una certa procedura o manovra non conduca mai a un problema

### 3. Requisiti per il metodo di autoformazione

L'autoformazione si esegue con un velivolo senza equipaggio simile a quello in cui si volerà realmente. Ciò significa che c'è poca o nessuna differenza di caratteristiche tra l'aereo con cui si fa pratica e quello con cui si opera in seguito.

### 4. Quali sono gli elementi con cui fare pratica?

L'autoformazione consiste nei seguenti aspetti:

- Preparare un volo con un velivolo senza equipaggio
- Eseguire un volo in condizioni normali
- Eseguire un volo in condizioni anormali
- Svolgere un briefing e un debriefing, dare un feedback

Gli allegati contengono checklist ed esercizi in modo da potersi esercitare a proprio rischio.

### 5. Dichiarazione

Dopo l'autoformazione, conferma e firma quanto segue:

*Dichiaro di aver letto attentamente il contenuto di questo documento e di aver completato tutti gli esercizi. Dichiaro di aver soddisfatto i requisiti prescritti in relazione all'autoformazione pratica come descritto in questa pagina.*

Nome	Firma	Luogo	Data
------	-------	-------	------

<sup>1</sup> Acceptable Means of Compliance 2019/947 artikel UAS.OPEN.030 (2)(b) / ED Decision 2019/021/R

## Allegato I: Preparazione per un volo con un aereo senza equipaggio

### Lista di controllo A

Hai tutti i documenti necessari in tasca?

Copia ID (passaporto / patente di guida / carta d'identità)	
Certificato Drone EASA (certificato A1-A3/A2)	
QR CODE operatore apposto sul mezzo	
Assicurazione per la responsabilità civile verso terzi	

### Lista di controllo B

Il luogo di volo previsto è adatto? (verificalo preliminarmente a casa/ufficio)

Spazio aereo non controllato	
Nessun altro (temporaneo) divieto di volo	
Liberato da persone, animali, ostacoli, edifici o traffico	
In conformità con tutte le regole della sottocategoria (A1, A2 o A3)	

### Lista di controllo C

Hai tutta l'attrezzatura necessaria a portata di mano?

UAS	
Telecomando/i	
Batterie RC	
Batterie UAS	
Borse salvabatteria	
Telefono cellulare + cavo	
Anemometro 2	
Giubbotti, piloni, nastro barriera 3	
Kit di pronto soccorso	

<sup>1</sup> Raccomandato urgentemente; obbligatorio per dispositivi da 20 chili. Se voli con una compagnia, è richiesta un'assicurazione di responsabilità civile.

<sup>2</sup> Un'app sul tuo smartphone per controllare la velocità del vento, come Windy, è ovviamente un'alternativa

<sup>3</sup> Con i coni puoi contrassegnare il punto di decollo / atterraggio e anche creare un'area pratica separata

## Preparazione all'Operazione

La preparazione di un volo consiste nella pianificazione del volo e nel controllo dell'aeromobile. Nell'apprendimento online hai acquisito conoscenze per essere in grado di applicarlo nella pratica.

### Il pilota:

- assicura che il carico utile sia compatibile<sup>4</sup> con l'aeromobile in volo
- assicura che lo spazio aereo sia idoneo al volo di training
- determina che l'aeromobile sia conforme ai requisiti tecnici previsti
- stabilisce che il volo di addestramento si svolga secondo le regole della sottocategoria A35
- determina l'area di volo tenendo conto delle caratteristiche dell'aeromobile senza equipaggio
- controlla l'area di volo per aree vietate o limitate
- identifica lo scopo del volo
- identifica potenziali ostacoli e stima la probabilità che persone non coinvolte entrino nell'area di volo
- controlla le previsioni del tempo più recenti

### Il pilota:

- controlla il dispositivo secondo una lista di controllo<sup>6</sup> in base alle istruzioni del produttore contenute nel manuale dell'utente
- garantisce la sicurezza del carico
- Verifica che le versioni software installate sul velivolo senza pilota e sui sistemi associati siano aggiornate
- esegue le calibrazioni se necessario (es. la bussola)
- effettua un controllo sulle condizioni che potrebbero compromettere l'operazione di volo prevista
- controlla lo stato delle batterie e si accerta che siano compatibili con l'operazione di volo prevista
- imposta i sensori di supporto (ad esempio nel contesto dell'evitamento degli ostacoli)
- imposta il geofencing<sup>7</sup> in e failsafe (ad es. RTH)

<sup>4</sup> Controlla questo soprattutto con i dispositivi auto-costruiti

<sup>5</sup> L'EASA si aspetta che tu conduca la tua autoformazione nella sottocategoria A3

<sup>6</sup> Troverai una lista di controllo generale per questo nella pagina successiva

<sup>7</sup> Nella misura attualmente applicabile al tuo dispositivo

**Lista di controllo D**

La posizione del volo è sicura per volare? (controllalo sul posto, prima di volare)

Spazio aereo	
NOTAM	
Visualizza	
Velocità del vento	
Indice KP	
Punto di decollo / atterraggio	
Punto di decollo/atterraggio alternativo	
Ostacoli nelle vicinanze	
Pubblico, traffico, altro traffico aereo, EMI	
Strade, edifici (contigui), natura	
Rotta del volo dopo il decollo	

**Lista di controllo E**

Le parti critiche dell'UAS (in loco) funzionano correttamente?

Radiocomando - antenne	
Radiocomando - stick	
Radiocomando - batteria e telefono cellulare	
eliche	
motori	
Altri componenti	
Batteria UAS	
Baricentro UAS	

**Allegato II: Esecuzione di un volo in condizioni normali**

**Lista di controllo F**

Riesci a decollare in modalità GPS?

Interruttore della modalità di volo	Tutte le modalità disponibili
Stabilità del segnale GPS	Almeno quattro satelliti

**Lista di controllo G**

È sicuro decollare?

Posizione del volo	Punto di decollo / atterraggio
Posizione del volo	UAS naso in avanti
Stato SAU	Pronti al decollo
modalità aereo	GPS
Controllo della potenza del segnale	Numero di trattini
Tensione della batteria UAS	Percentuale o numero di Volt
Ambiente sicuro per il decollo	Controllo/Osservatore

**Lista di controllo H**

Decollare:

Avvia i motori	Suono normale stazionario
Decollare	Fino a max 2 metri AGL

**Lista di controllo I**

Subito dopo il decollo:

Risposta di controllo UAS	Normale in tutte le direzioni
Stabilità del segnale GPS	Controllare se necessario

Ora sei pronto per eseguire il tuo volo con il tuo dispositivo in aria.

Nelle pagine seguenti sono riportati una serie di esercizi che è possibile eseguire come parte dell'auto-allenamento. Durante un esercizio, stai attento a ciò che ti circonda e al traffico aereo. Tieni d'occhio anche la percentuale di batteria del tuo dispositivo.

## Manovre di pratica

### 1. Orientamento

**Obiettivo:**

Controllo del drone in diverse direzioni.

**contesto:**

Se il tuo drone ruota di un quarto di giro, il tuo orientamento per quanto riguarda rollio e beccheggio cambierà. Questo di solito richiede un po' di tempo per abituarsi se non hai mai volato o se hai volato solo un po'.

Prepara un quadrato con quattro piloni in anticipo. Mantenere una distanza di 10 metri tra i piloni. Fai volare il tuo aereo dal punto di decollo / atterraggio al primo pilone. Qui inizia l'esercizio.

Vola in linea retta dal primo pilone al prossimo pilone. Quando arrivi al pilone, rimani fermo per 10 secondi sopra questo pilone. Quindi ruota l'aereo di 90° e vola verso il pilone successivo. Ad ogni pilone, tieni fermo l'aereo per 10 secondi, ruota l'aereo e vola al pilone successivo, finché non sei di nuovo alla partenza.

Puoi provare questo esercizio in GPS o, se possibile in seguito, in modalità ATTI.

### 2. Diagonale 30 metri

**Obiettivo:**

Controllo laterale del drone durante una salita o una discesa.

**contesto:**

Facendo volare il drone lontano da te, devi giudicare se il drone sta ancora salendo o scendendo in linea retta. Il dispositivo non dovrebbe alzarsi o abbassarsi troppo velocemente.

Nell'esercizio inizi con un drone in bilico. Il naso del dispositivo punta in avanti. Guidi il drone con un movimento fluido e dritto verso l'alto fino a 30 metri di altezza AGL. Lì rimarrai immobile in aria per 10 secondi. Quindi guidi di nuovo delicatamente il drone verso il basso. Il risultato dovrebbe essere che il drone ritorni esattamente al punto in cui hai iniziato questo esercizio.

Puoi provare questo esercizio in GPS o, se possibile in seguito, in modalità ATTI.

### 3. Fare un otto

**Obiettivo:**

A un ritmo decente, mantieni il drone su rotta e altitudine in tutti gli orientamenti, in marcia.

**contesto:**

Un classico tra le manovre multirottore.

Stai effettivamente percorrendo due giri di fila, con il primo giro che si fonde nel secondo. Puoi considerare un giro come fare una tranquilla curva di prato quattro volte, in cui tu, arrivato alla quarta curva, "attraversi" diagonalmente con il dispositivo per fare il secondo giro.

Puoi provare questo esercizio in GPS o, se possibile in seguito, in modalità ATTI.

Lista di controllo J

Prima di atterrare:

Punto di decollo / atterraggio	Senza ostacoli
modalità aereo	GPS

Lista di controllo K

Subito dopo l'atterraggio:

motori	a partire dal
UAS	Nessun danno visibile

Da qui è possibile cambiare le batterie o procedere allo spegnimento:

Lista di controllo L

Bloccare:

UAS / Radiocomandi (OFF) e batterie in custodia	dai un'occhiata
---	-----------------

Allegato III: Esecuzione di un volo in condizioni anomale

Se, ad esempio, ti trovi di fronte a un malfunzionamento, un'emergenza o qualcos'altro durante un volo, questo è un esempio di una situazione anomala. Per assicurarti che tu, come pilota, risponda adeguatamente a questo, è saggio addestrare una serie di procedure di emergenza.

• Perdita di collegamento

Per questa simulazione, assicurati di volare in un ambiente non sviluppato senza ostacoli diretti nelle vicinanze. Fai volare il dispositivo a circa 50 metri di distanza ea 50 metri di altezza.

Spegnete quanti più sensori possibile ed eventualmente anche il GPS, in modo che il dispositivo non venga corretto automaticamente per mantenere la sua posizione.

Riportare l'aereo al punto di decollo/atterraggio.

• RTH

Per questa simulazione, assicurati di volare in un ambiente non costruito senza ostacoli diretti nelle vicinanze. Fai volare il dispositivo a circa 50 metri di distanza ea 50 metri di altezza. Attiva RTH. Assicurarsi che l'altezza RTH sia sempre impostata 10 metri più in alto dell'ostacolo più alto nelle vicinanze.

Esercitati anche se riesci ad abbattere l'RTH.

• Traffico in entrata

In questa simulazione reagisci come se un altro aereo si avvicinasse improvvisamente al tuo aereo e una collisione fosse imminente. Su un approccio frontale a un altro drone, gira a destra. Quando ti avvicini a un altro tipo di aereo, inizi immediatamente una discesa.

• atterraggio d'emergenza

Effettua un atterraggio in una zona di atterraggio alternativa. Ovviamente calmo e controllato.

Potrebbe essere necessario farlo una volta durante un volo se si verifica un malfunzionamento imprevisto o un messaggio di errore.

• Annulla volo (in rotta)

Se, ad esempio, delle persone entrano nella tua area di volo o ci sono altri motivi di sicurezza per non procedere con l'operazione, abortirai il tuo volo. Ciò significa, prima di tutto, che il tuo drone vola a una distanza appropriata e torna al punto di decollo/atterraggio per atterrare.

Nel caso di un volo automatizzato, devi sapere come annullarlo. Pratica questo.

**Allegato IV: Fornire briefing e debriefing, fornire feedback**

**Lista di controllo M**

Tutte le persone coinvolte sono state informate dell'operazione?

equipaggio	Dettagli del volo/divisione del lavoro
Comunicazione: chi, cosa, dove e come	check
Procedure di emergenza)	check
<b>SONO AL SICURO</b> Malattia: sono malato? Farmaci – Sto assumendo farmaci? Stress: sono teso? Alcol – Ho consumato alcol nelle ultime dieci ore? Fatica – Sono stanco? Mangiare – Ho mangiato abbastanza?	check

Cellulari mettiti in modalità silenziosa

**Briefing, debriefing e feedback**

Puoi utilizzare la lista di controllo sopra riportata prima dell'inizio del volo per esaminarla con il tuo equipaggio.

Un briefing è chiaro, breve e interattivo. Non è un monologo. Il capitano coinvolge il suo equipaggio nella conversazione, chiede a ciascun membro dell'equipaggio se ci sono domande. Il briefing assicura che tutte le persone coinvolte siano coinvolte nel volo.

Dopo il volo, effettuerai un breve debriefing. Consiste in una breve revisione dell'operazione ed è particolarmente utile nelle operazioni professionali per identificare i punti di miglioramento e incorporarli nel prossimo volo pianificato.

Il feedback è dare un feedback sulla performance o sul comportamento.