



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAMERINO  
SCUOLA DI ARCHITETTURA E DESIGN "E. VITTORIA"

CORSO DI LAUREA IN

**Disegno industriale ambientale I-04**

TITOLO DELLA TESI

**Agricopter**

**il drone adattabile per gli agricoltori 4.0**

*Laureando/a*  
Nome. **FRANCESCO BISI**

Firma.

*Relatore*  
Nome. **CARLO VANNICOLA**

Firma.

---

ANNO ACCADEMICO. **2021-2022**

# AGRICOPTER

## Cos'è:

Agricopter è una piattaforma per l'armo di UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dal peso ridotto, ad elevata resistenza strutturale, capace di variare il proprio assetto propulsivo e la propria capacità di carico a seconda della specifica missione nell'ambito d'uso. Il kit di montaggio è stato concepito per svolgere le principali missioni di volo utili ai processi dell'agricoltura di precisione.

## Quale problematica risolve:

Nell'ambito dell'agricoltura di precisione, gli scenari operativi di un UAV sono molteplici, dalla rilevazione di dati tramite sensori e fotogrammetria aerea, sino a missioni di volo con rilascio aereo di pesticidi, insetti antagonisti dei parassiti presenti nel terreno. Le caratteristiche del carico a bordo per queste missioni sono differenti e attualmente affidate a molteplici dispositivi separati. Agricopter è in grado di armare due configurazioni di volo con assetti propulsivi differenti in grado di assolvere a tutte le missioni di volo necessarie ai processi di agricoltura di precisione adattando il velivolo alla missione tramite componenti modulari e rimovibili o convertibili.

## Il funzionamento:

Il telaio a 4 bracci ospita 4 giunti con doppio output per le unità propulsive. Questi giunti possono essere sfruttati per alloggiare: **4 rotori** in configurazione classica ad H, oppure, **8 rotori** disposti in configurazione a doppio rotore controrotante. In tal modo Agricopter è in grado di armare due configurazioni di volo, la prima: 4 - axle (max peso al decollo 15 kg), la seconda : 8 - axle (max peso al decollo 30 kg).

Nello specifico, Agricopter è in grado di operare in una prima fase di rilevamento di dati per la derivazione di indici NDVI e di modelli previsionali personalizzati, grazie alla configurazione 4 -axle infatti, porta in volo una camera multispettrale e sensoristica utile alla mappatura del campo.

Passando alla configurazione di volo ad 8 rotori, Agricopter è capace di portare in volo un sistema di rilascio aereo di nebulizzati con annesso serbatoio di 20 lt o un sistema di rilascio di particelle solide a diametro variabile, seguendo le informazioni derivate dalla mappatura del terreno.

## 4 - AXLE

Assetto propulsivo dedicato alla fotogrammetria aerea e al rilevamento di dati per la realizzazione di modelli previsionali personalizzati.

**Massimo Payload = 15 KG**  
**Autonomia stimata = 40 min**

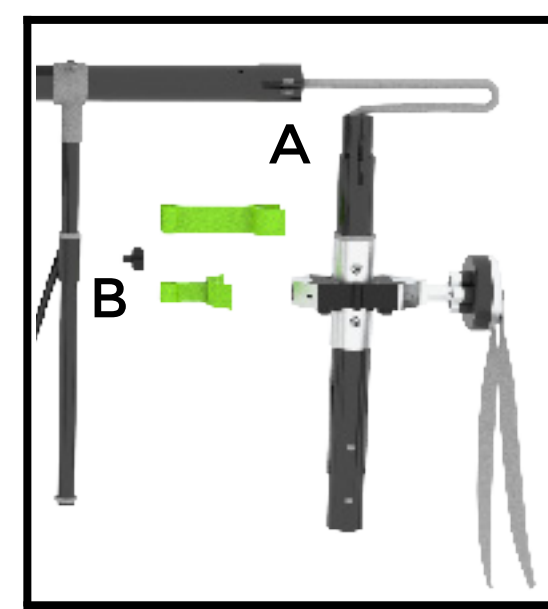
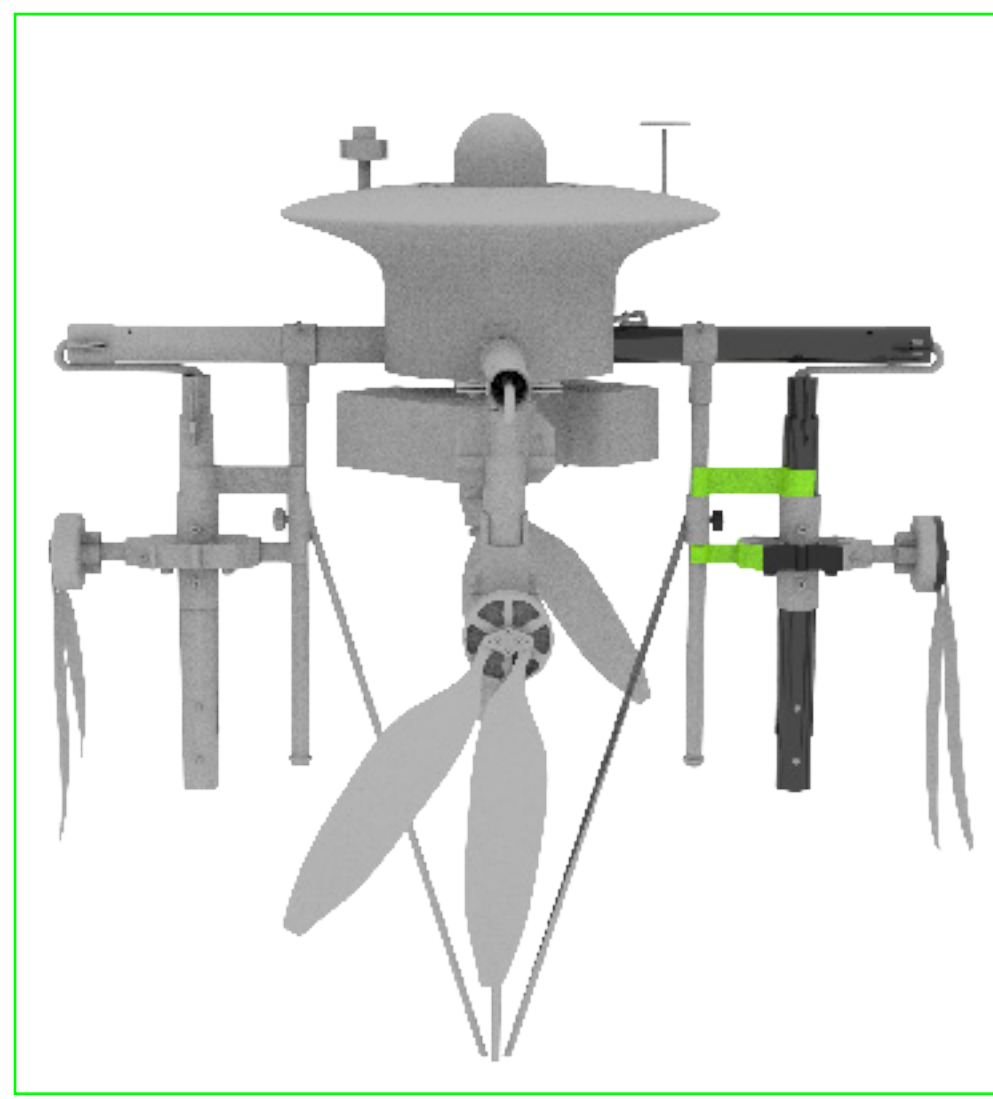


## 8 - AXLE

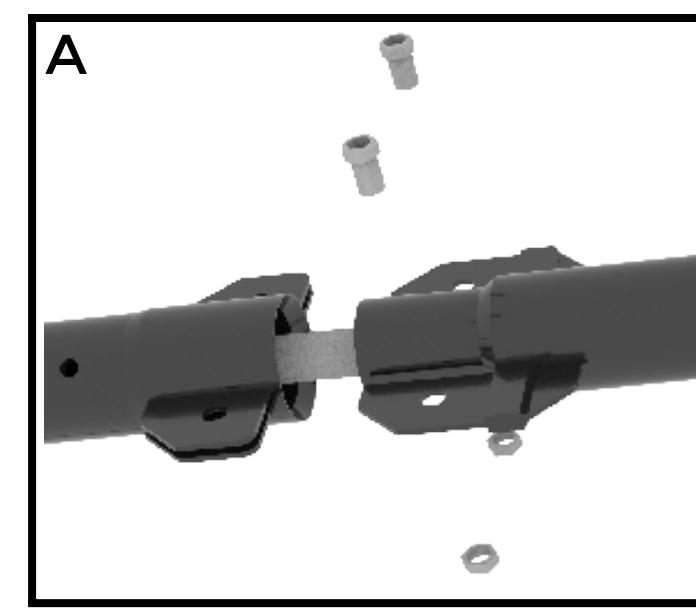
Assetto propulsivo dedicato agli interventi sitospecifici mediante il rilascio di sostanze fluide o granulari.

**Massimo Payload = 30 KG**  
**Autonomia stimata = 20 min**  
**Capacità serbatoio = 20 lt**  
**Efficienza = 6-10 ettari/ volo**

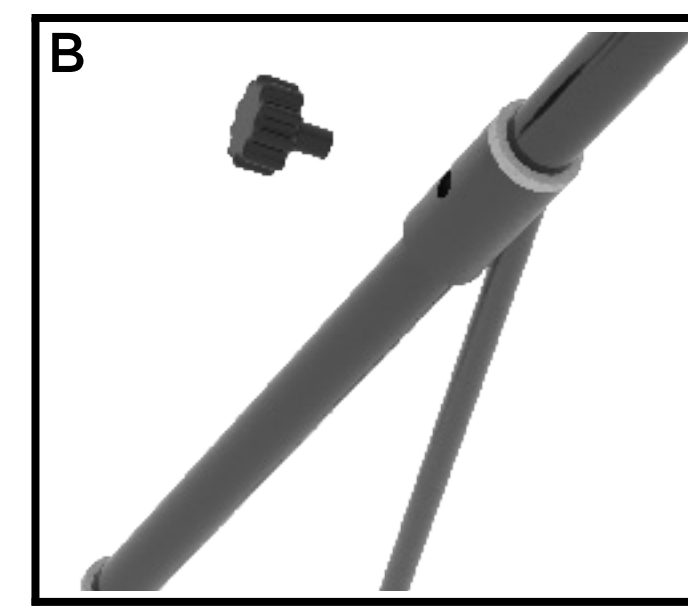




Rimuovere la clip di sicurezza di colore verde. Svitare la sicura del sistema di atterraggio.

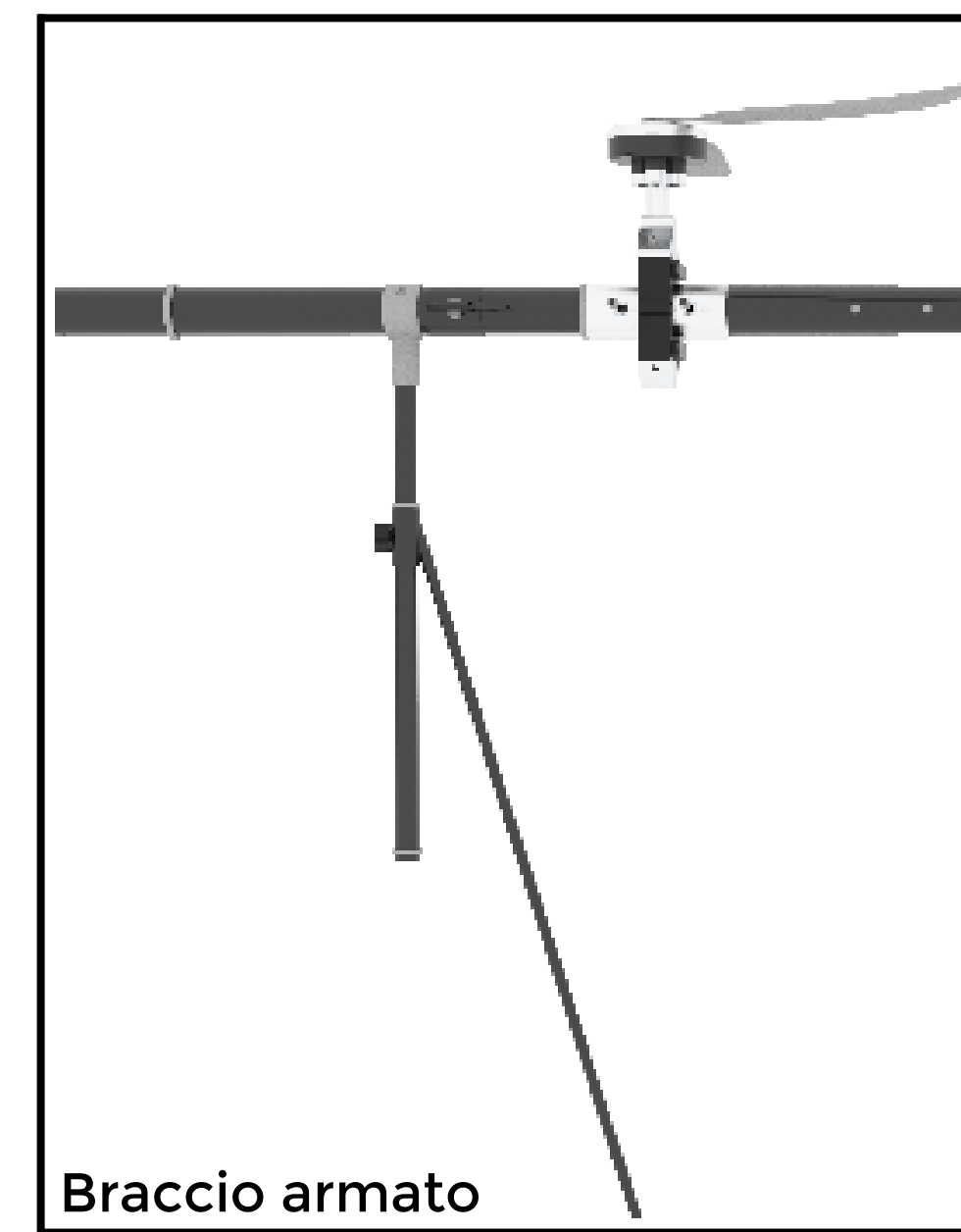


Allineare il giunto di connessione tra il braccio dell'unità propulsiva con il braccio del telaio principale. Avvitare i due perni assicurandosi che la connessione sia arrivata al fine corsa.



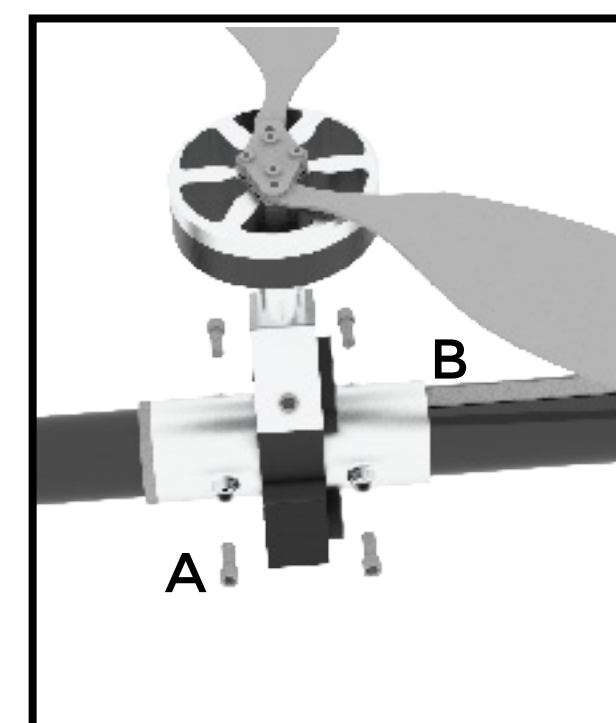
Ruotare l'asta del sistema di atterraggio di 180° e fermarla in corrispondenza del foro per la sicura, avvitare la sicura.

NOTA: L'asta dove alloggia il sistema di atterraggio ospita due finecorsa, uno superiore ed uno inferiore, rispettivamente utili per la configurazione a 4 e 8 unità propulsive.



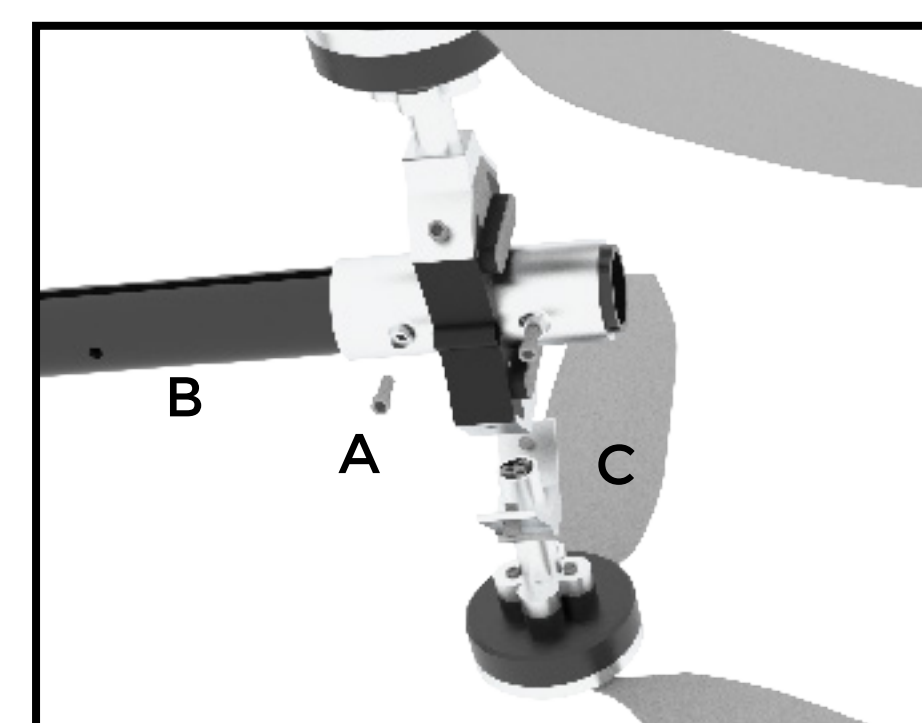
DRONE DISARMATO

DRONE ARMATO per il rilevamento dati 4 - AXLE



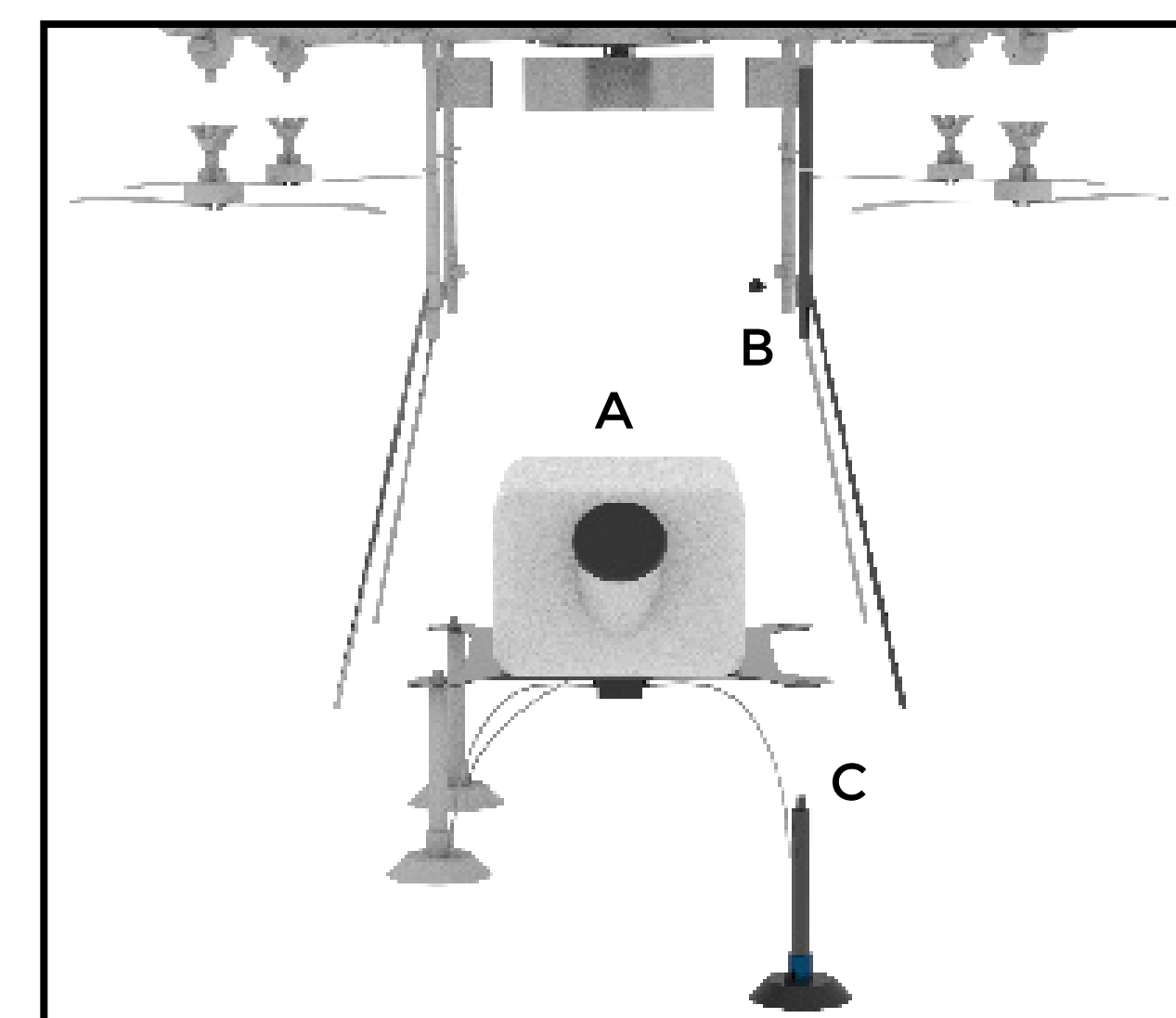
Allentare sino al fine corsa le 4 viti del giunto che ospita l'unità propulsiva. (A)

Rimuovi i due tappi presenti alla destra del motore, superiore ed inferiore. (B)



Far scorrere il giunto con l'unità propulsiva verso l'estremità a destra del braccio sino al fine corsa. Alloggiare i tappi (B) nei fori alla sinistra del giunto presenti sul braccio.

Alloggia l'unità propulsiva nel sito posteriore e avvita le viti sino al fine corsa (C).



Infilare i quattro nebulizzatori (C), nei fori presenti nella piastra che sostiene il sistema di nebulizzazione (A). Avvitare l'estremità dei nebulizzatori in corrispondenza delle sedi del telaio del drone (B).

NOTA: L'asta dove alloggia il sistema di atterraggio ospita due finecorsa, uno superiore ed uno inferiore, assicurarsi che sia in corrispondenza del fine corsa posteriore in questa configurazione.



DRONE DISARMATO

DRONE ARMATO per l'intervento sitospecifico 8 - AXLE

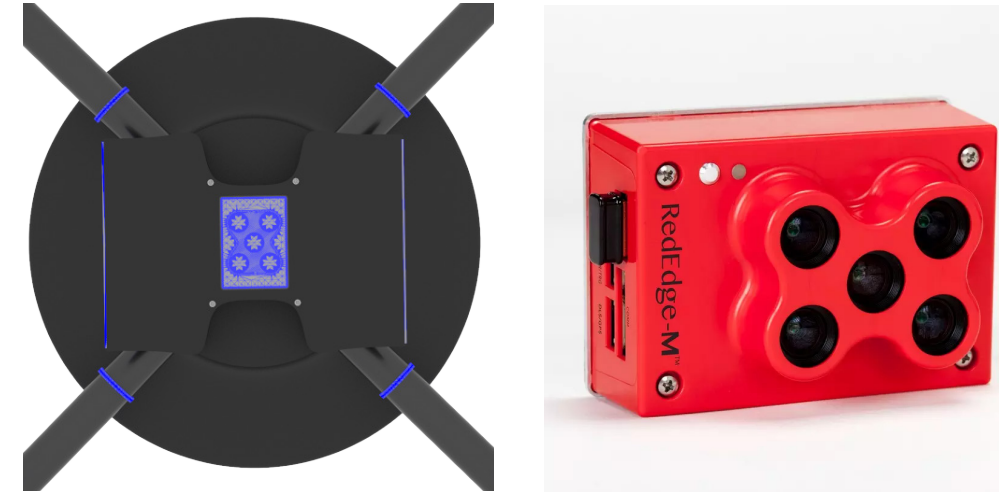
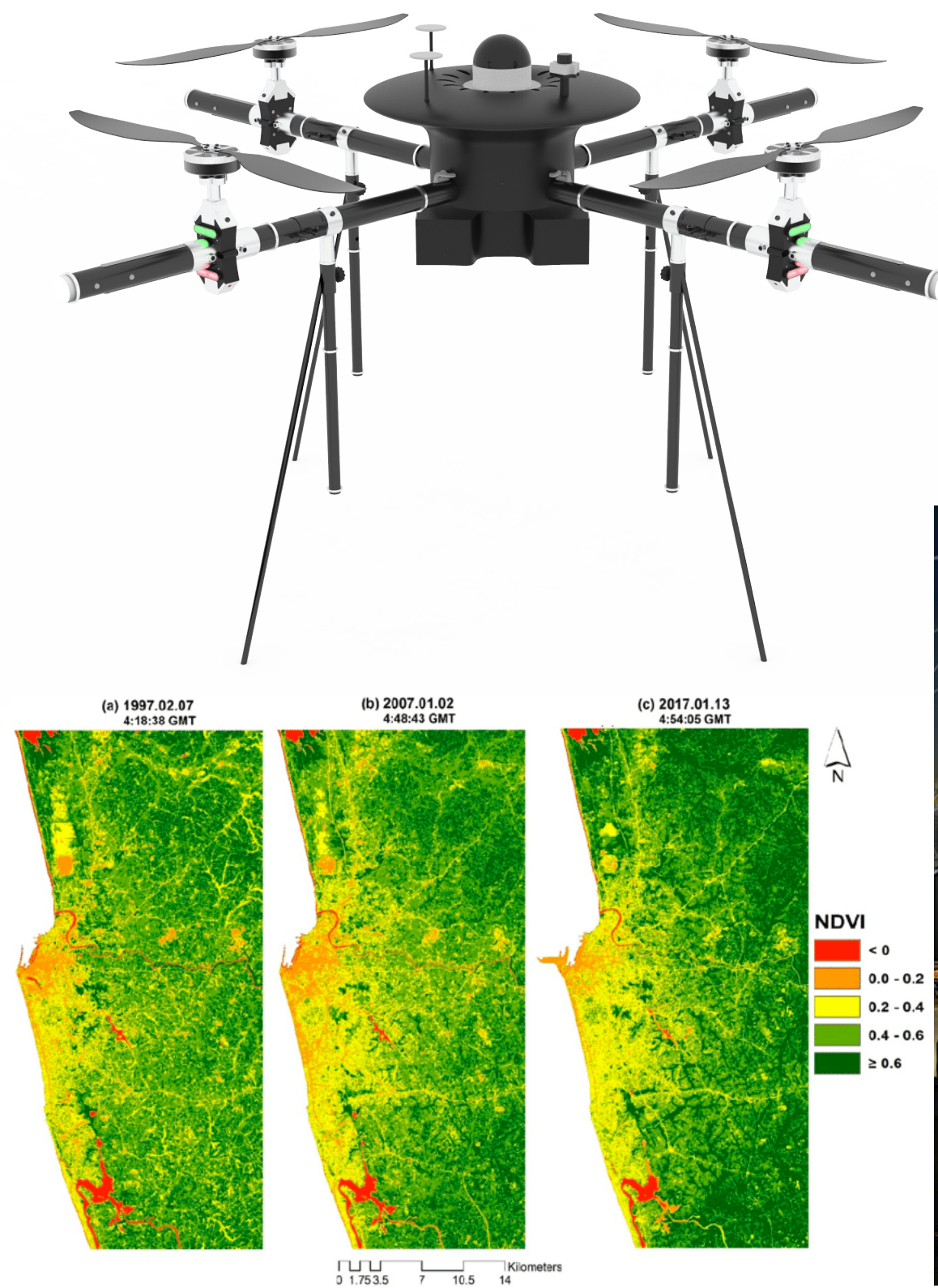


S A A D  
Scuola di Ateneo  
Architettura e Design "Eduardo Vittoria"  
Università di Camerino

Studente - Francesco Bisci  
Relatore - Carlo Vannicola  
Tutor - Manuel Scorticini  
Corso di studio - L-04 disegno industriale ambientale  
anno accademico 2021-2022

## CONFIGURAZIONE RILEVAMENTO DATI -

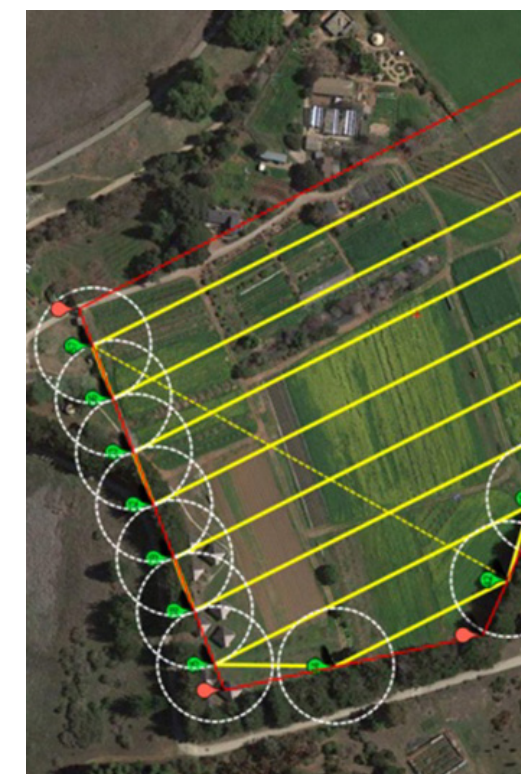
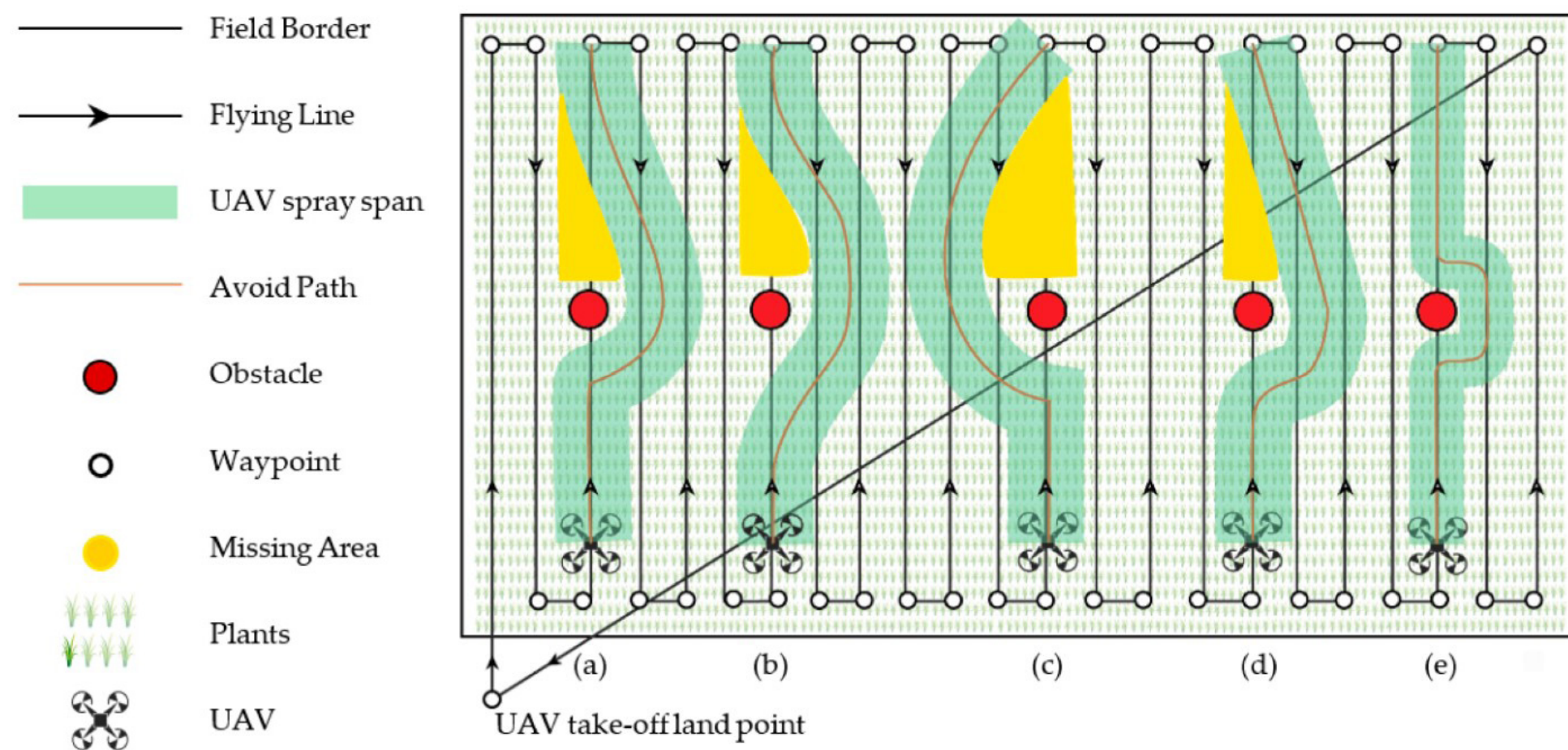
Agricopter è in grado di operare in una prima fase di rilevamento di dati per la derivazione di indici NDVI e di modelli previsionali personalizzati, grazie alla configurazione 4 -axle infatti, porta in volo una camera multispettrale e alla sensoristica utile alla mappatura del campo.



### MULTISPECTRAL CAM

Spectral Bands: Blue, green, red, red edge, near infrared (NIR)

FLIR LWIR thermal infrared 8-14um radiometrically calibrated



### NEBULA SYSTEM

Diametro nebbia: 50-200 micron

Campo di lavoro: 200-2000mL / min

Larghezza spray: 1.5-2.0 metri

Tensione: alimentatore 12-14S

Velocità: 20,000 giri/min



## CONFIGURAZIONE INTERVENTO SITOSPECIFICO -

Agricopter è capace di portare in volo un sistema di rilascio aereo di nebulizzati con annesso serbatoio di 20 Lt o un sistema di rilascio di particelle solide a diametro variabile, seguendo le informazioni derivate dalla mappatura del terreno.



# AGRICOPTER

IL DRONE ADATTABILE PER GLI  
AGRICOLTORI 4.0



## **RINGRAZIAMENTI**

*Ringrazio l'Università di Camerino, il corpo docente, i colleghi di studio e lavoro.  
Dedico questa ricerca alla mia famiglia.*

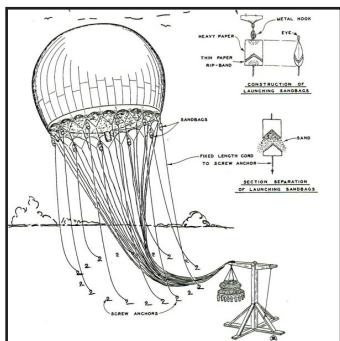


Scuola di Ateneo  
**Architettura e Design "Eduardo Vittoria"**  
Università di Camerino

# INDICE

Cap. 1 - UAV - L'evoluzione storica della tecnologia dagli albori ad oggi.	Pag 4 - 23
Cap. 2 - Le applicazioni dei droni nella nella società civile.	Pag 24 - 27
Cap. 3 - Lo stato attuale della normativa di riferimento.	Pag 28-31
Cap. 4 - Una piattaforma di volo modulare ed adattabile.	Pag 32 - 40
Cap. 5 - Componenti del progetto.	Pag 41- 44
Cap. 6 - disegni parti.	Pag 45-50

Cap. 1



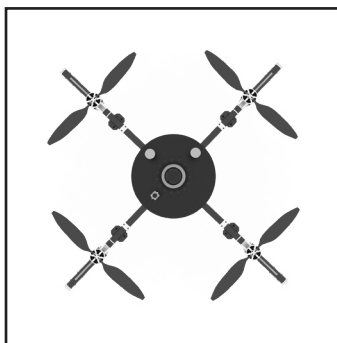
Cap. 2



Cap. 3



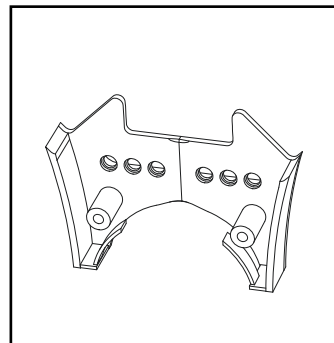
Cap. 4



Cap. 5



Cap. 6



# **L'evoluzione storica della tecnologia dagli albori ad oggi**

**L'alba dei droni 1849-1944 - Dall'attacco a Venezia alla bomba a palloncino**

**1907 - L'alba del quadricottero, Louis Charles Breguet**

**1915-1920 - Il grande balzo**

**1930-1945 La crescita dei droni militari**

**1962-1975 - La guerra del Vietnam ed i primi riconoscimenti**

**1970-2000 - Il boom degli aerei radiocontrollati, la grande spinta**

**2000 - 2022 - L'età dell'oro?**



L'alba dei droni 1849-1944

# Fusen-Bakudan

## Bomba a palloncino

A novembre del 1944 la Seconda Guerra Mondiale era alle sue battute finali: in Europa la Germania veniva stretta in una morsa dagli Alleati a occidente e dall'Armata Rossa a oriente, mentre a sud l'Italia era spaccata in due con il nord, dove era sorta la Repubblica Sociale Italiana, che cercava di resistere all'avanzata degli angloamericani anche grazie all'aiuto delle truppe tedesche. Nel Pacifico l'avanzata americana continuava costante conquistando le isole Marianne, usate come trampolino di lancio per arrivare al Giappone, e sbarcando nelle Filippine.

Il Sol Levante, però, era tutt'altro che pronto a capitolare. Anzi. Il Giappone, indomito, aveva in serbo ancora le sue ultime carte da giocare, dettate forse più dalla disperazione nel tentativo di arrecare il massimo danno possibile ad un nemico troppo forte, che dalla reale convinzione di ribaltare le sorti del conflitto, ormai segnato. Una di queste, oltre all'utilizzo dei velivoli kamikaze e dei siluri umani (i kaiten), è rappresentata da quella che forse si può considerare **la prima arma strategica intercontinentale della storia**: i Fu-go, o Fusen-Bakudan, ovvero dei palloni aerostatici "automatici" incendiari.

I primi studi nipponici per un utilizzo militare degli aerostati risalgono all'inizio del secolo precedente, ma furono successivamente accantonati. Nemmeno lo scoppio delle ostilità con gli Stati Uniti servì a recuperarli, ma un evento straordinario per la portata propagandistica che ebbe, spinse al rilancio del programma. Ad aprile del 1942, il 18, sedici bombardieri medi tipo B-25 Mitchell decollati dal ponte di volo della portaerei Hornet bombardarono il territorio metropolitano giapponese. L'azione fu pressoché dimostrativa, in quanto i danni furono lievi se non irrilevanti, ma il clamore mediatico, da entrambe le parti, fu enorme: negli Stati Uniti fu la prima vera azione offensiva dopo Pearl Harbor che risollevò il morale della popolazione e delle truppe, in Giappone l'azione fu un vero e proprio shock per lo Stato Maggiore che si rese conto che la Patria non era inviolabile.

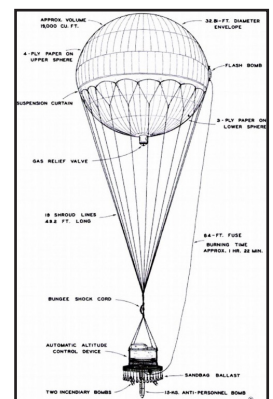
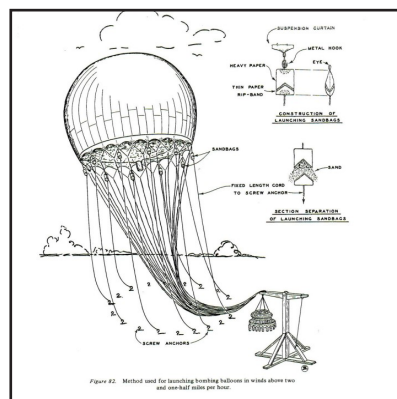
L'azione, ideata e comandata dal tenente colonnello Jimmy Doolittle, ebbe come effetto più eclatante quello di convincere gli Stati Maggiori nipponici a dare il via all'operazione Mi, ovvero lo sbarco, quasi simultaneo, nelle Aleutine e a Midway, per minacciare direttamente le Hawaii e la costa occidentale statunitense costringendo quindi Washington, nei piani del suo ideatore, l'ammiraglio Isoroku Yamamoto, a chiedere pace nel timore di un'invasione. Il raid di Doolittle, oltre a dare il via a una delle più imponenti azioni aeronavali a grande raggio della storia, spinse Tokyo a riconsiderare l'idea di utilizzare i palloni aerostatici come arma per colpire direttamente gli Usa, un'idea che ha un padre: il generale Sueki Kusaba.

### Kusaba, Sueki

Major-General

\* 16th of Dec 1899

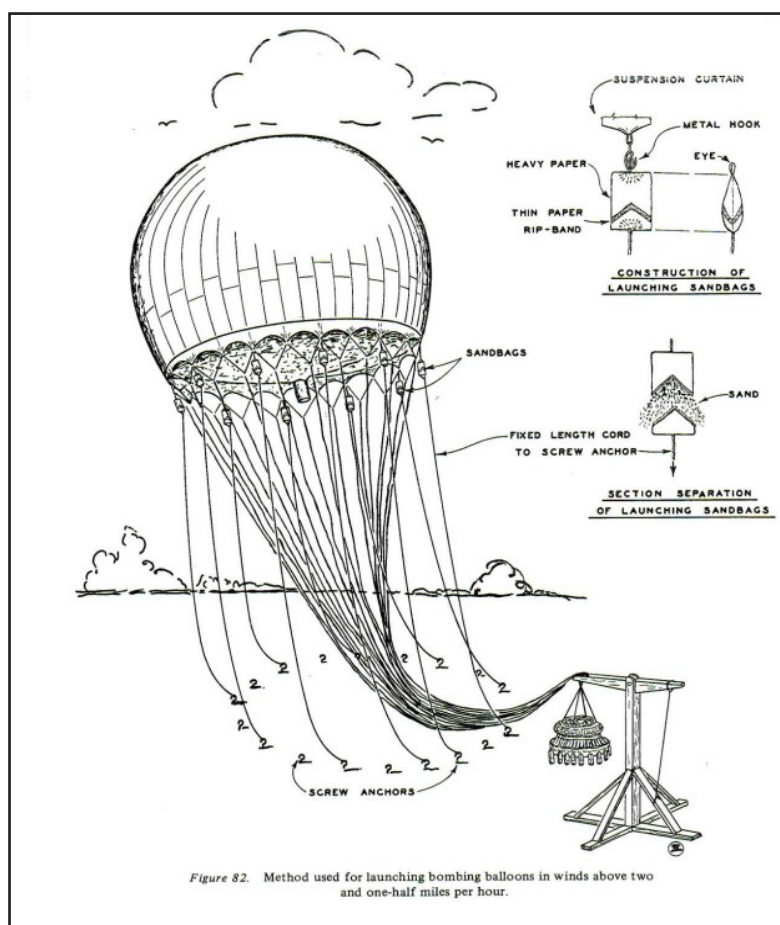
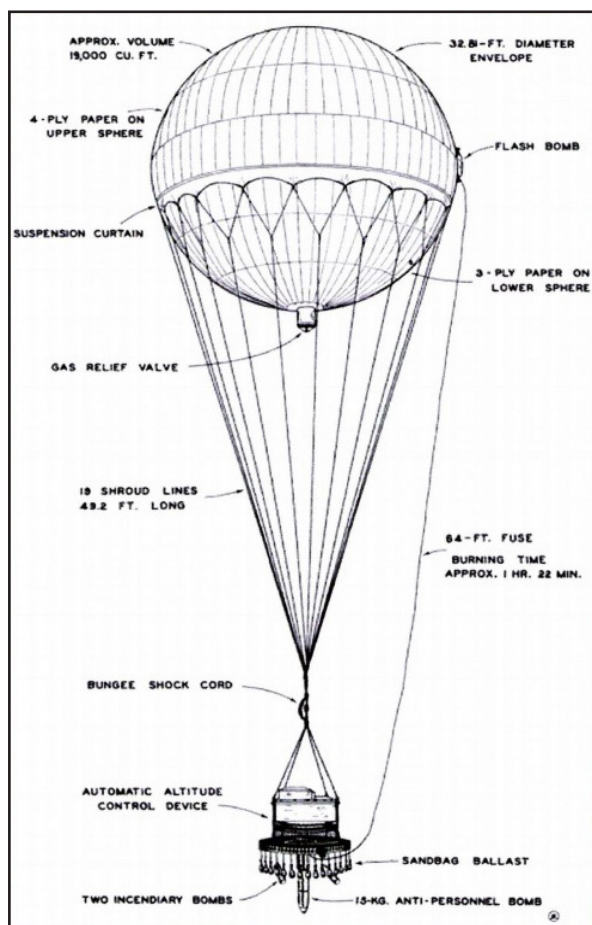
† 5th of May 1973



L'idea, nella sua semplicità, era geniale: usare dei palloni armati di bombe che avrebbero sfruttato il jet stream, la corrente a getto stratosferica che corre a una velocità compresa tra i 160 e i 320 km/h da ovest a est sul Pacifico, per colpire gli Stati Uniti continentali seminando morte e distruzione.

La messa a punto, però, fu lenta e laboriosa: solo dopo l'estate del 1944 i primi esemplari di questi palloni bomba presero il volo, in particolare il primo novembre di quell'anno ci fu il primo massiccio lancio di queste nuove armi.

Il principio di funzionamento era estremamente semplice, sebbene richiedesse una tecnologia abbastanza "precisa" per l'epoca: i palloni avrebbero viaggiato a una quota compresa tra i 9mila e i 10mila metri; quota che sarebbe stata mantenuta da un sistema automatico di controllo utilizzando un barometro. Se la quota diminuiva, un meccanismo di sgancio avrebbe liberato la zavorra, costituita da 30 di sacchetti di sabbia del peso di 2,8 chilogrammi ciascuno, se la quota aumentava, un altro avrebbe aperto la valvola di sfogo per l'idrogeno. Anche la costruzione era semplice e dettata dalle limitazioni di guerra: il Giappone aveva estrema difficoltà, a quel tempo, a procurarsi la gomma per i palloni, così il genio nipponico, forte della sua tradizione, costruì i palloni in pergamena pressata e incollata con collanti vegetali ottenendo una sfera di circa 10 metri di diametro. Un sistema che si rivelò molto più efficiente per trattenere l'idrogeno rispetto alla seta gommata, che venne utilizzata per altri palloni disarmati, ma dotati di trasmettente radio per monitorare la rotta del nugolo di aerostati lanciati verso gli Stati Uniti. Quella scelta, come accennato, si rivelò infausta: solo un pallone radio su 10 raggiunse la sua destinazione.



Appunti degli analisti CALTECH utili all'analisi degli ordigni Giapponesi Fusen Bakudan

I palloni erano armati con tre o quattro bombe da 15 chilogrammi, alcune a frammentazione altre incendiarie, ed è proprio quest'ultima tipologia di armamento che causò non pochi timori negli Stati Uniti e generò una delle più grandi e meglio riuscite operazioni di controspionaggio della storia, come vedremo a breve. Il primo novembre, come detto, cominciò il lancio in massa degli aerostati bomba, e si calcola che nei sei mesi successivi, sino ad aprile del 1945, ne furono lanciati 9 mila. Molti andarono persi durante il loro viaggio, altri invece (circa 200) vennero ritrovati intatti e "inesplosi" (il pallone aveva un sistema di autodistruzione che si innescava una volta sganciati tutti i sacchetti), e circa 75 altri furono ritrovati a pezzi in un'area che va dal Canada al Messico passando per l'Alaska. Ad aprile, come detto, i palloni - che vennero trovati da personale civile e militare - cessarono improvvisamente di arrivare. Il capo del meccanismo difensivo creato ad hoc da Washington, il generale del U.S. Army W.H. Wilbur temette che fosse solo una pausa in vista di una più massiccia offensiva in concomitanza dell'arrivo dell'estate. Se infatti, i palloni fossero stati usati massicciamente durante la stagione estiva, invece di quella invernale, l'effetto delle bombe incendiarie sarebbe stato devastante per le foreste del Nord America, che fornivano prezioso legname per lo sforzo bellico. Cos'era successo realmente? Dopo il primo racconto dell'arrivo di misteriosi palloni apparso sui media americani, il 4 novembre 1944, nessuna notizia venne più divulgata dalla stampa. Il silenzio fu totale dopo che venne imposta, dagli organismi militari, una più assoluta censura che coinvolgeva anche il Canada. Una censura che toccava radio, stampa e autorità locali di tutta la costa occidentale del continente americano. Un'operazione di controspionaggio gigantesca. Una censura che, però, portava con sé un altro e pericoloso lato della medaglia: come mettere in guardia la popolazione? A seguito di un unico e solo incidente mortale, avvenuto in Oregon, in cui perirono 5 ragazzi e una donna che ritrovarono un pallone in un bosco e, spostandolo, fecero esplodere le bombe a frammentazione, venne messo in piedi un sistema di informazione enorme che coinvolgeva le autorità scolastiche, i guardaboschi e altri rappresentanti delle comunità locali per mettere al corrente la popolazione dei comportamenti da tenere in caso di ritrovamento degli ordigni giapponesi.



Foto militare ritrovamento pallone autoincendiario inesplosi.

Ordigni che furono ritrovati e studiati con attenzione dalle autorità militari: i primi frammenti, insieme ai sacchi di sabbia, vennero inviati ai laboratori di ricerca della U.S Navy e al Caltech, l'università della California. Gli esperti riuscirono a ricostruire con precisione l'aspetto e i principi di funzionamento degli aerostati e inoltre, grazie a uno studio condotto anni prima dall'Usgs, il servizio geologico nazionale statunitense, sulle sabbie del Giappone, riuscirono a capire da quali località della costa nipponica venivano effettuati i lanci, permettendo così all'aviazione di effettuare voli di ricognizione e bombardamenti mirati, che nel quadro della campagna aerea di quei mesi, non destò particolari sospetti nel comando giapponese.

Si calcola che dei 9mila palloni lanciati, ne arrivarono sul suolo americano circa mille, ma sarebbero stati molti di più e con conseguenze devastanti - anche qualora, come si temeva, avessero trasportato agenti biologici per colpire piante e animai - se non ci fosse stata la più grande operazione di censura della storia: sappiamo infatti, a guerra finita, che lo Stato Maggiore giapponese terminò il programma facendo sapere al generale Kusaba che "i vostri palloni non raggiungono l'America. Se vi arrivassero se ne avrebbe notizia sui giornali. Non è possibile che gli americani riescano a tenere la bocca chiusa per così tanto tempo". Operazione Americana di difesa perfettamente riuscita.



Foto militare scattata da un aeroplano, pallone autoincendiario sul Pacifico.

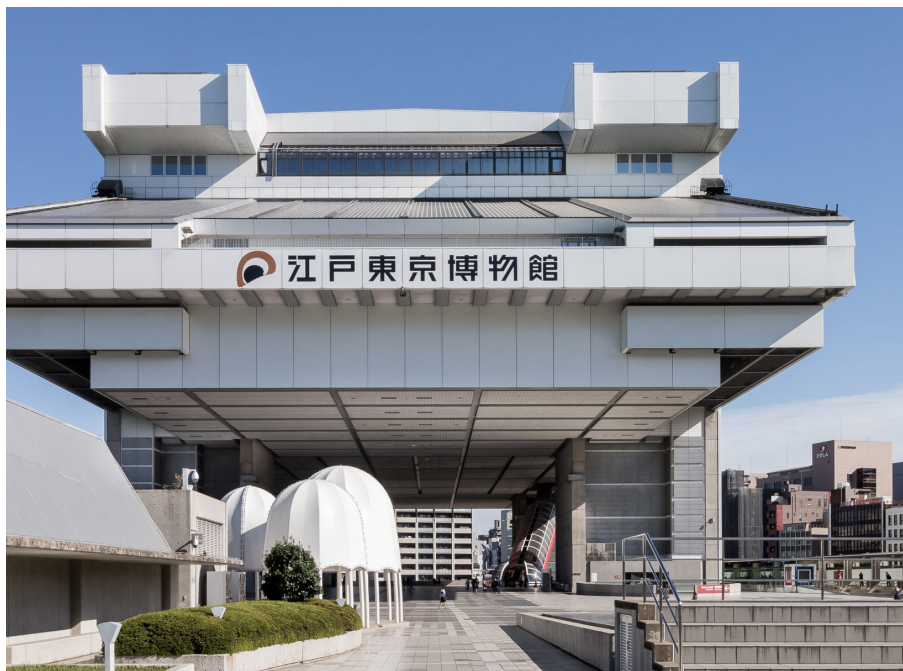
## CONSIDERAZIONI

In termini storici si non si tratterebbe di un caso isolato inquanto già 100 anni prima dell'attacco nipponico vi fu una situazione analoga ma fallimentare, infatti nell' Agosto 1849 la città di Venezia era assediata dall'esercito austriaco e fu durante questo assedio che uno degli ufficiali di artiglieria del generale austriaco Von Radetzky, tale tenente Franz Von Uchatius ebbe l'improbabile idea di lanciare un attacco attraverso alcuni palloni aerostatici, senza equipaggio, carichi con circa quindici chilogrammi di esplosivi e lanciati da una nave all'ancora di nome Vulcano. Dotati di un rozzo dispositivo di cronometraggio a carbone di legna e filo di innesco di cotone ingrassato avrebbero dovuto posizionarsi perpendicolarmente al di sopra della città di Venezia, sospinti dai venti che soffiavano dal mare verso la riva, nel momento esatto in cui il dispositivo avrebbe rilasciato le bombe di cui erano provvisti.

Purtroppo per gli austriaci e fortunatamente per Venezia le condizioni meteo sfavorevoli e i venti irregolari causarono il ritorno di buona parte dei palloni sulle linee austriache.

Dunque l'idea di operare a distanza, senza l'impiego di risorse umane a bordo dei velivoli coinvolti nelle operazioni belliche, risale ad un periodo che si trova a cavallo tra il 1800 ed il 1900. Ho voluto raccogliere questa testimonianza storica, documentata e conservata nel museo EDO di Tokyo proprio per suscitare un interesse nel lettore per questa tematica che va oltre il semplice sviluppo tecnologico visibile ai giorni d'oggi.

Sono andato alla ricerca di quel lampo di genio che contiene l'archetipo storico di quelle che oggi sono tecnologie ben note ed ampiamente utilizzate non solo in ambito militare.



L'attenzione per i dettagli tipica della filosofia Orientale consentì ad un'idea già diffusa tra le fila militari in giro per il mondo di giungere sul campo bellico della seconda guerra mondiale, nelle prossime pagine potrete scoprire i dettagli costruttivi di questa tecnologia rudimentale che hanno consentito lo sviluppo delle tecnologie di volo a controllo remoto più recenti.

Occorre fare una ulteriore considerazione riguardo al successo di questa prima arma rispetto ai tentativi paralleli dello stesso tempo e rispetto a quelli mal riusciti precedentemente.

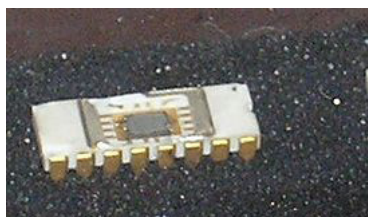
Dalla lettura attenta di questa vicenda emerge che, l'insieme di fattori che avrebbe determinato il successo o l'insuccesso di questo progetto era legato alla traiettoria costante e sicura dall'inizio alla fine del viaggio. A quel tempo non vi erano computer o chip e non sarebbero apparsi prima degli anni 60-70. I giapponesi per sopperire a questa mancanza tecnologica, si affidarono alle correnti del vento, infatti in assenza di GPS, chip o computer sofisticati a bordo, l'unica cosa che avrebbe consentito uno spostamento tanto lungo e con precisione era solo la traiettoria costante e definita delle correnti tra i continenti.

Questa vicenda dimostra ampiamente che sino agli anni 70-80 non si può parlare propriamente di droni ma di rudimentali sistemi programmati o a controllo remoto molto rudimentali.

Con l'avvento delle nuove tecnologie legate ai computer e ai calcoli sviluppatasi negli anni 60 e 70 si ebbe la possibilità di realizzare dispositivi dotati di sistemi a bordo in grado di analizzare le condizioni ambientali e rispondere di conseguenza correggendo il proprio funzionamento. La storia degli UAVs veri e propri dunque inizia in ambito militare e inizia in corrispondenza dello sviluppo della tecnologia dei microcontrollori MCU.

Il microprocessore (in sigla  $\mu P$  o  $uP$ , con particolare riferimento al chip hardware) è una tipologia particolare di processore; più precisamente è un circuito elettronico dedicato all'elaborazione di istruzioni, costituito da uno o più circuiti integrati[1] e per questo di dimensioni molto ridotte (da qui il termine "micro" anteposto a "processore").

La tecnologia a microprocessore è attualmente quella più utilizzata per la realizzazione della CPU e della GPU (montate direttamente su una scheda madre) ed è impiegata dalla quasi totalità dei moderni computer, con la caratteristica di utilizzare, per tutte le sue elaborazioni, un insieme di istruzioni fondamentali di base (instruction set).



L'Intel 4004. 1968



Il TMS-9900 il primo microprocessore a 16 bit su singolo chip. 1973



L'Athlon 64, prima CPU a 64 bit compatibile con l'architettura x86. 1990

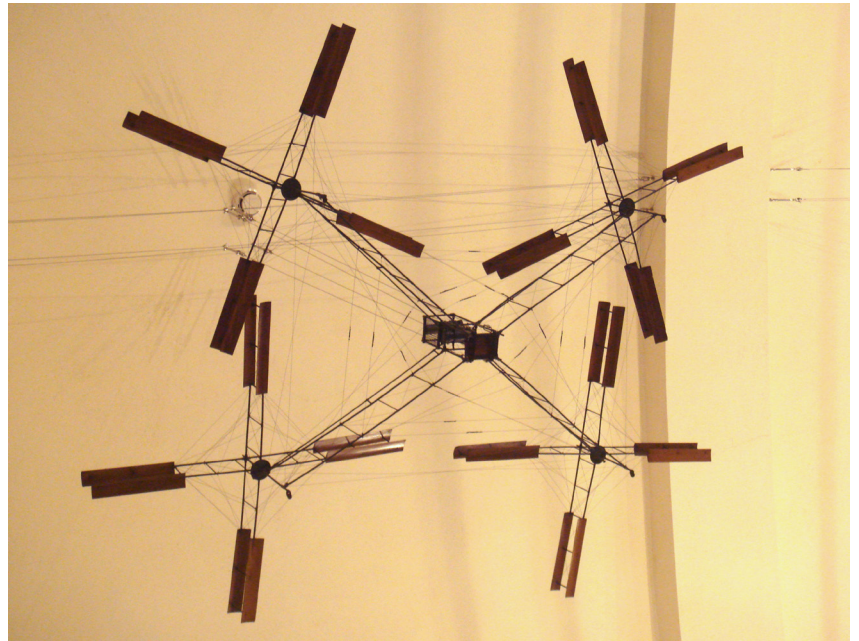
# Louis Charles Breguet

## Il primo quadricottero

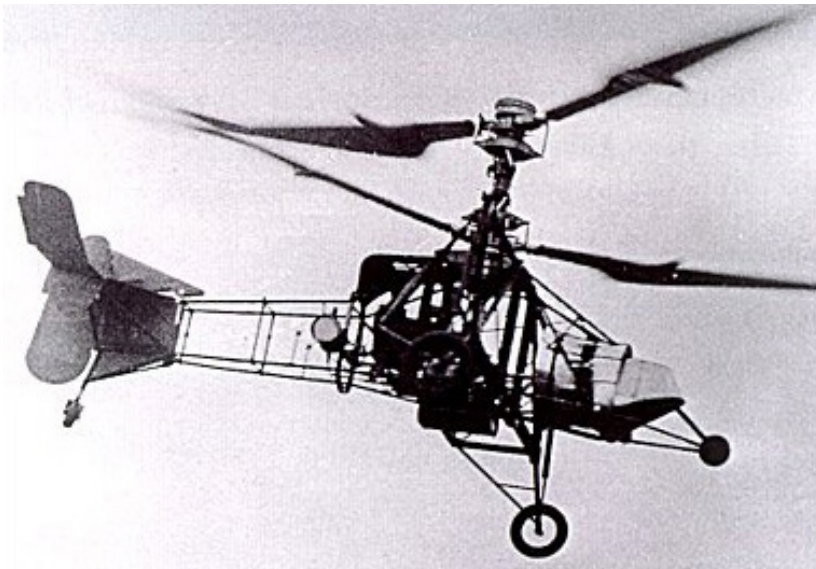
Una delle caratteristiche distintive dei droni ad uso civile, sia ludico che commerciale, dei nostri giorni è la configurazione a quattro rotori comunemente nota come “quadricottero”.

I primi rudimenti di questa tecnologia apparvero nella storia nel 1907 quando Louis-Charles Bréguet, un costruttore di aerei francese, fondatore della compagnia che poi diventerà Air France (ma questa è un'altra storia), modificò, con l'aiuto dell'amico e fisiologo, nonché premio Nobel, Charles Richet, il girocottero (o giroplano come preferite) di sua proprietà.

Lo trasformò in quello che si pensa essere il primo prototipo di quadricottero. Dunque... per essere chiari, il prototipo era assolutamente instabile, si sollevò da terra per soli 60 centimetri e, a voler essere pignoli, non fu nemmeno un vero e proprio volo in quanto il velivolo richiedeva che quattro uomini lo tenessero stabile mentre a fatica cercava di sollevarsi da terra. Detto questo, però, è indubbio e riconosciuto che la forma del drone che siamo più abituati a vedere oggi la dobbiamo anche a questo rudimentale apparecchio.



Louis-Charles Bréguet (Parigi 1880 - Saint Germain 1955) ed il suo quadricottero in costruzione



Girocottero sviluppato da Breguet prima del giroplano

# 1915-1920 Il grande balzo

Un poco più avanti nella storia invece trovano posto due progetti che hanno marcato una linea netta tra tutto quello che vi era stato in precedenza e quello che effettivamente siamo abituati ad intendere quando utilizziamo la parola drone.

Il primo vero velivolo senza pilota fu sviluppato infatti nel 1916, subito dopo lo scoppio della prima guerra mondiale. Il nome del progetto, nonché del velivolo era Ruston Proctor Aerial Target: un aereo militare senza equipaggio, pilotato tramite un innovativo sistema di guida ad onde radio, sviluppato dal visionario ingegnere britannico Archibald Low. Archibald, che fu successivamente soprannominato “il padre dei sistemi a guida radio”, nel 1917, assieme al suo team, fu anche l’inventore del primo razzo radiocomandato e di quella tecnologia che successivamente i Tedeschi utilizzarono come base per il loro programma missilistico V1 (Vergeltungswaffen<sup>1</sup>) durante la seconda guerra mondiale. Ma torniamo al Ruston Proctor Aerial Target: in poco tempo il team di Low, composto da circa trenta uomini mise insieme un aeroplano interamente comandato a distanza, funzionante ed affidabile, corredato addirittura da un innovativo sistema ad aria compressa che permetteva al drone di essere lanciato dal retro di un camion (da qui l’idea per la tecnologia missilistica di cui sopra).

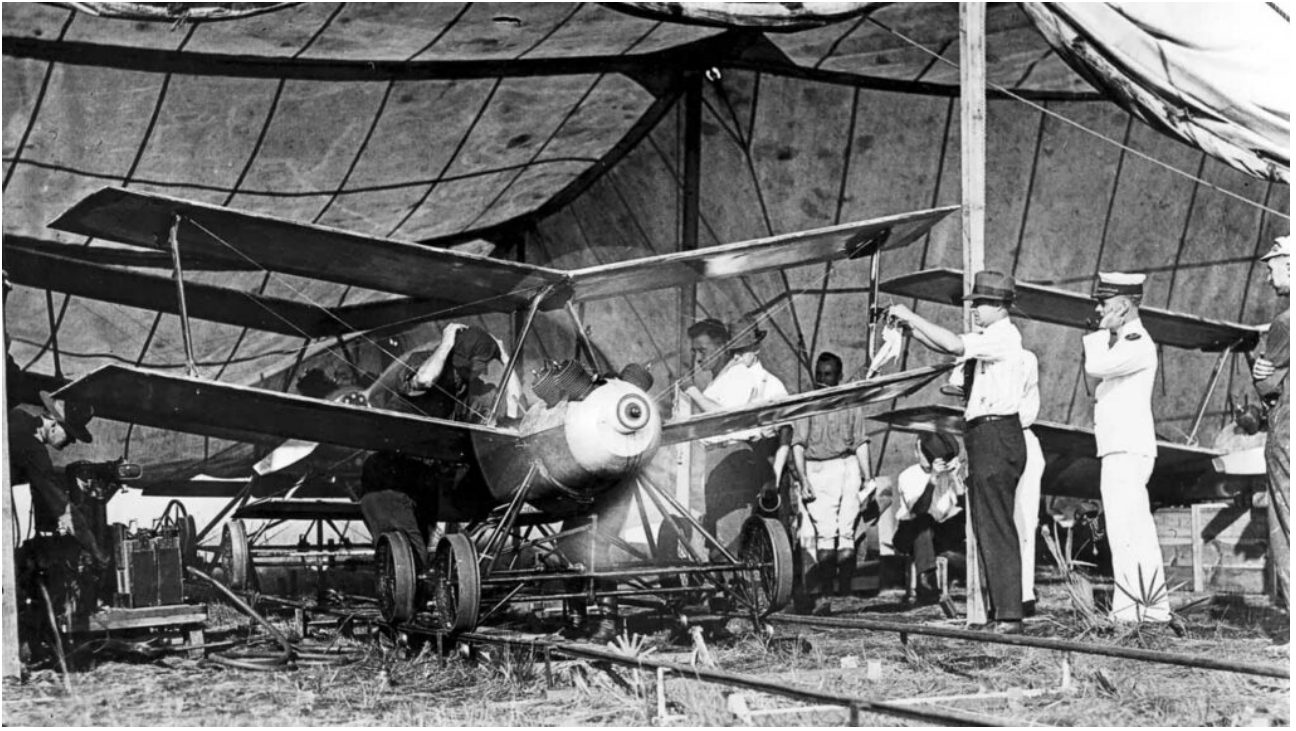
Anche se i progetti di Low ebbero un certo successo sia dal punto di vista accademico che funzionale, il suo lavoro non fu considerato degno di essere perseguito dall’esercito britannico dopo la fine della guerra. I vertici dell’esercito non apprezzarono la maniera avanguardistica di concepire lo sforzo bellico portata avanti da Low ed i suoi progetti non furono sviluppati come avrebbero senz’altro meritato di essere. I Tedeschi, dal canto loro invece, ne capirono senz’altro l’importanza e più di tutto capirono cosa poteva voler dire avere una mente come quella di Low tra le file dei nemici, tanto che cercarono di assassinarlo, senza successo, per ben due volte.

Altro progetto che non può passare inosservato in questo racconto è quello che venne sviluppato dall’esercito statunitense nel 1917 con lo strano nome di Kettering Bug. Il drone poteva vantare già all’epoca controlli giroscopici ed era pensato per essere usato, si disse ai tempi, come “siluro aereo”.

Ogni Bug per essere lanciato veniva posizionato al di sopra di un carrello a quattro ruote che correva su di un binario portatile che poteva essere facilmente montato all’occorrenza in ogni luogo. Era in grado di colpire bersagli fino a 121 chilometri di distanza viaggiando ad una velocità di 80 Km/h. Dopo un tempo di volo calcolato precedentemente al lancio, un controllo andava a chiudere un circuito elettrico spegnendo il motore. Nello stesso istante un bullone veniva automaticamente retratto in modo da sganciare le ali dal corpo del velivolo, trasformandolo sostanzialmente in una bomba che precipitava al suolo dove i suoi 82 chilogrammi di esplosivo sarebbero detonati all’impatto.

Ne furono costruiti circa 50 esemplari per iniziare. L’entusiasmo intorno al progetto era enorme. Ci fu un solo grosso problema: la guerra finì.





Kettering Bug pronto al decollo montato sul carrello di lancio al di sopra del binario.



Un Kettering Bug ristrutturato ed esposto al National Museum of the United States Air Force in Dayton, Ohio

# 1930-1945 La crescita dei droni militari

In questi anni succedettero diverse cose che permisero ai droni di diventare nel tempo quelli che conosciamo oggi. Due cose legano questi eventi: sono tutti, o quasi, inerenti al mondo della guerra e li accomuna la seguente definizione: Target Drone. Ma cosa significa?

La definizione moderna è la seguente: “i Target Drone (droni bersaglio) conosciuti anche come UAT (Unmanned Aerial Target) sono velivoli senza pilota utilizzati come bersaglio nelle esercitazioni militari.”

Fin dall'inizio degli anni '30, la marina militare statunitense iniziò a sperimentare vari tipi di velivoli radiocontrollati, fino a giungere nell'anno 1937 allo sviluppo del Curtiss N2C. Il modello base, già in dotazione alla marina, venne modificato con un carrello anteriore speciale a tre ruote per garantire atterraggi più semplici ed equipaggiato con un radio controllo con stazione a terra che permetteva, per l'epoca, una discreta mobilità. Il suo utilizzo primario era quello di consentire agli uomini della sezione contraerea di allenarsi con il massimo del realismo possibile. In una sola occasione, tuttavia, uno di questi modelli fu utilizzato per effettuare, con successo, un attacco ad una nave bersaglio. Diventò così il precursore dei moderni missili-antive.



Sopra IL Curtiss N2C originale conservato al National Museum of Naval Aviation e sotto la trasformazione in Target Drone.

Le cose si mossero anche sul fronte inglese dove, nel 1935, venne sviluppato uno dei droni radiocontrollati più rinomati di questo periodo: il "Queen Bee", testato per la prima volta davanti agli occhi di un interessatissimo Winston Churchill.

Il Queen Bee era una modifica del non meno famoso de Havilland DH-82A Tiger Moth. Era dotato di diversi tipi di controllo: poteva infatti essere pilotato da una postazione a terra, come di norma, ma anche da un altro aereo o una nave in movimento. Poteva decollare ed atterrare su normalissime piste di atterraggio oppure essere lanciato da un sistema a catapulta (un po' come succede sulle moderne portaerei) per poi essere recuperato in mare su galleggianti.



Winston Churchill assiste ad un test di volo di un prototipo del Queen Bee

Il sistema di controllo era piuttosto interessante: utilizzava una semplice ruota molto simile a quella di un vecchio telefono analogico mediante la quale il pilota poteva letteralmente "comporre", così come avrebbe fatto per un numero telefonico, i comandi da inviare al drone. I numeri sulla ruota corrispondevano a semplici comandi come: vira a destra, a sinistra, picchia, ecc. Chiaramente la maneggevolezza era ridotta rispetto a quello che si poteva fare controllando l'aereo dalla cabina di pilotaggio, infatti gli alettoni rimanevano sempre bloccati in posizione neutra ed il pilota utilizzava per il volo timone, equilibratori e manetta.

Questo sistema di controllo rientrava in misure incredibilmente ridotte per l'epoca, sia nei componenti a terra che nelle parti montate sull'aereo che occupavano il solo posto del passeggero, mentre quello del pilota restava sempre libero per un eventuale collaudatore. Tutto questo a dispetto del trasmettitore radio dedicato che aveva per contro le dimensioni di un furgone da consegne ...



Sistema di controllo a terra del Queen Bee

Come è facile intuire il Queen Bee rappresentò un enorme passo avanti anche se, va detto, uno dei suoi benefici più immediati non fu proprio entusiasmante: rivelò delle carenze terribili nell'efficacia dei cannonieri e dei sistemi antiaerei britannici. Non era infrequente che un Queen Bee volasse per anche più di un'ora davanti alle milizie schierate per l'addestramento per poi atterrare senza nemmeno un graffio.

Queen Bee fu sicuramente uno dei primi velivoli radiocontrollati della storia a riscuotere un notevole successo, ne vennero prodotti infatti quasi 400 esemplari nel corso degli anni.

Ma il vero vincitore di questa corsa a distanza fu senza ombra di dubbio il target drone conosciuto con il nome di OQ-2 Radioplane. Un aeroplano di dimensioni molto contenute (lungo 2,65 metri e con un'apertura alare di 3,7 metri), di relativamente semplice costruzione, alimentato da un motore a pistoni da 6 cavalli di potenza che andava ad azionare due eliche contro-rotanti. Il lancio veniva effettuato tramite catapulta ed il velivolo era dotato di un paracadute per ammortizzare l'atterraggio in caso di abbattimento in modo da poter essere recuperato, riparato e riutilizzato per addestramenti successivi. Non fu mai dotato di un vero e proprio carrello di atterraggio, nemmeno nelle versioni più avanzate.

Originariamente progettato da Walter Righter, il progetto fu acquistato dall'attore Reginald Denny che dopo alcune varianti presentate all'esercito americano tra il 1940 e il 1941 riuscì a convincere i vertici a procedere ad acquisti in serie. Ne furono costruiti, secondo gli archivi della fabbrica, circa 9.400 esemplari.

Per quanto riguarda invece la tecnologia dei droni commerciali, per come oggi li conosciamo, non vi è molto da riportare in questi anni se escludiamo i primi tentativi di equipaggiare i velivoli con delle telecamere allo scopo di riportare le immagini riprese in diretta al punto di controllo.

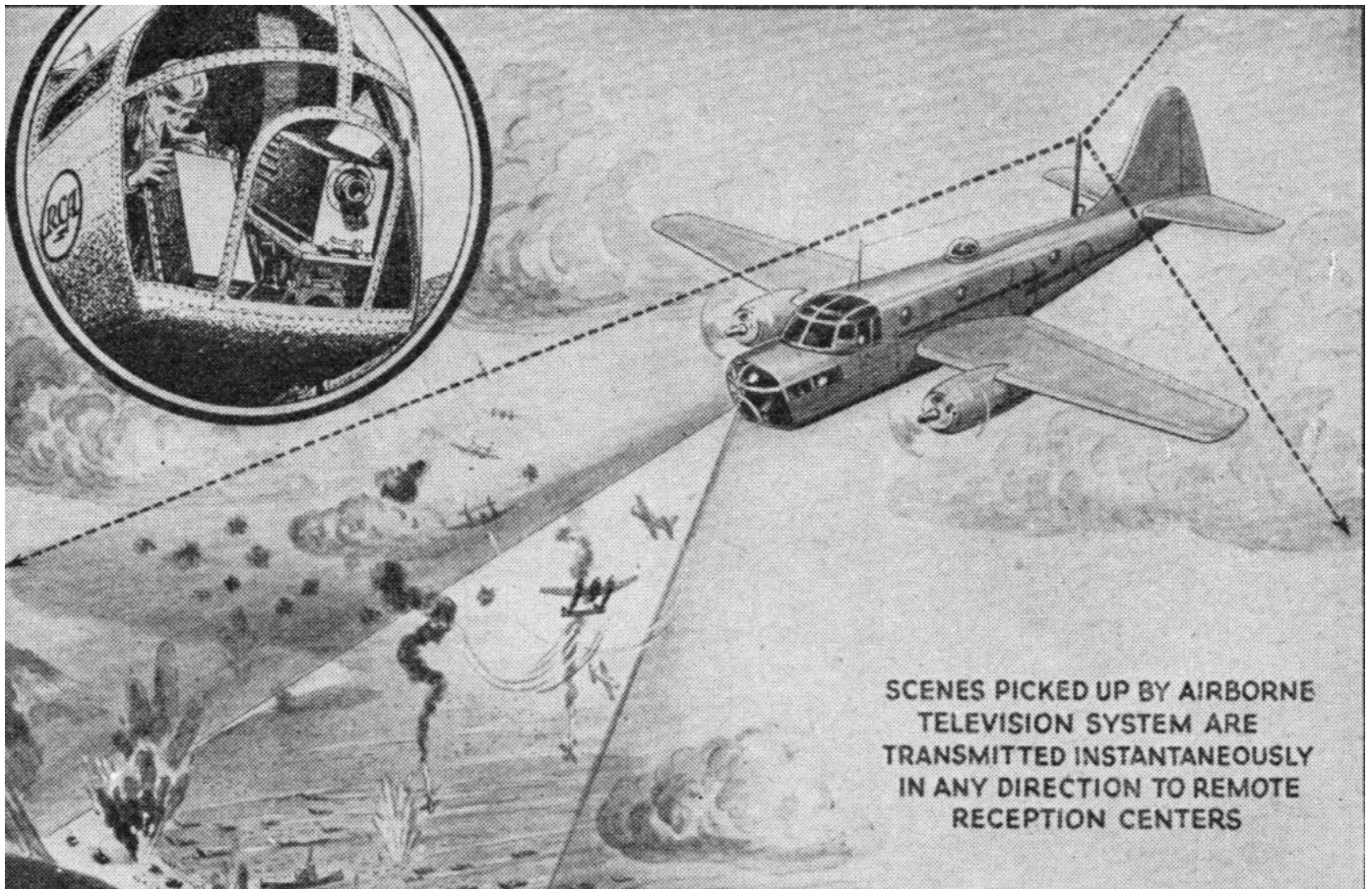
Senza farla lunga: non furono per niente un successo. Per svariati motivi. In primo luogo la tecnologia televisiva era assolutamente agli albori ed ebbe una serie di false partenze proprio in quegli anni, arrivò infatti ad essere una presenza fissa nella vita quotidiana delle persone comuni solo nel decennio successivo, probabilmente anche grazie ai forti investimenti sostenuti dall'esercito americano in questi progetti.

Un esempio su tutti: per quelli che venivano chiamati in codice progetti Afrodite, dei vecchi B-17 e B-24 prendevano il volo con piloti umani i quali poi una volta nei pressi dell'obiettivo si paracadutavano a terra lasciando la guida dell'aereo ai radiocomandi da remoto che mantenevano una traiettoria di volo prestabilita. A quel punto il sistema televisivo montato sull'aereo trasmetteva le immagini al punto di controllo in modo da fornire una visione dall'alto della battaglia. La qualità delle immagini, della trasmissione stessa e dei mezzi hardware utilizzati furono lo scoglio più grosso e nessuno dei tentativi fu mai considerato un vero e proprio successo. In ultimo possiamo citare il TDR-1, testato nel 1944 e prodotto in circa duecento esemplari. Considerato per la prima volta nella storia un "drone d'assalto", era infatti in grado di sganciare bombe oltre che essere usato come missile teleguidato. Fu usato solamente in maniera sporadica e senza riportare particolari successi.

L'unico utilizzo di droni di questo tipo, portato avanti in questo periodo che fu considerato un successo, fu quello dei V-1 "DoodleBugs" sviluppati dall'esercito tedesco. Progettati sulla spinta dell'idea del 1917 di Archibald Low furono senza ombra di dubbio i primi veri missili teleguidati della storia. Largamente utilizzati nelle campagne tedesche di "Terror Bombing" su diverse città britanniche, tra le quali Londra, erano dotati di tecnologie più semplicistiche rispetto a quelle di cui abbiamo parlato a riguardo dei Target Drone.

Utilizzavano un semplice autopilota per controllare la velocità, dei giroscopi per gestire l'imbardata ed il beccheggio, una bussola magnetica per il mantenimento dell'azimut ed un dispositivo barometrico per controllare l'altitudine. Timone ed elevatore erano invece controllati tramite un sistema ad aria compressa. Potevano percorrere all'incirca 240 Km ad una velocità di 650 Km/h. Così come il Kettering Bug di Low anche i DoodleBugs prevedevano un calcolo anticipato del tempo di volo necessario a raggiungere il bersaglio. A quel punto, una volta trascorso il tempo calcolato, il motore si spegneva facendoli precipitare al suolo.

Nel quadro generale dunque, le speranze riposte in questa tecnologia ancora una volta si erano scontrate con le limitazioni tecniche del periodo storico.



Grafica pubblicitaria progetti AFRODITE. Il dispositivo raffigurato è il B-17 Americano.



IL DoodleBug V1, dove V1sta per "Vergeltungswaffen 1", tradotto dal tedesco come Arma di Rappresaglia 1.

## 1962-1975 - La guerra del Vietnam ed i primi riconoscimenti

Febbraio 1966. Il radar di un sito missilistico terra aria di Hanoi, Vietnam del Nord, aggancia quello che agli occhi degli operatori è a tutti gli effetti un aereo da ricognizione americano. Pochi secondi dopo arriva l'ordine di abbattimento: il velivolo viene colpito e precipita al suolo tra i festeggiamenti del personale della base. Mai ci fu occasione più sbagliata per farlo ...

I militari vietnamiti erano infatti stati ingannati da quello che in gergo veniva chiamato "sniffer drone" lanciato al solo scopo di provocare quell'attacco. Nei pochi secondi necessari al missile a raggiungere il suo obiettivo, il drone aveva rilevato una mole di dati enorme e l'aveva trasmessa ad un aereo in volo a distanza di sicurezza. Dati di tracciamento e di acquisizione del bersaglio, segnali di guida e la sequenza con cui erano stati trasmessi al missile. Tramite questi dati fu semplice per gli esperti di guerra elettronica americani studiare un sistema di contromisure per confondere e rendere inefficace il sistema missilistico vietnamita.

Due anni prima, infatti, era entrato in gioco nella guerra vietnamita il "Distaccamento Droni" del 4080° Stormo di Ricognizione Strategica degli Stati Uniti d'America. Dotato di due DC-130 modificati ad hoc per il trasporto di quattro droni bersaglio FireBee, due droni da ricognizione 147-A FireFly, trasmettitori UHF ad altissima frequenza e le apparecchiature di guida e comando, fu la prima unità strategica della storia a focalizzare tutta la sua potenza di intelligence sui droni.

Il FireFly specialmente era un mezzo eccezionale per l'epoca. Vantava infatti un raggio d'azione di quasi 2000 chilometri, poteva volare ad un'altezza di 16 ed era dotato di un rudimentale, ma perfettamente funzionante, sistema di anti-rilevamento dai radar.

La storia del modello 147 è molto varia ed interessante e meriterebbe un approfondimento tecnico a parte, per il momento l'importante è comprendere che grazie a lui per la prima volta nella storia, l'esercito Americano sembrò entusiasta dei risultati forniti dai droni nello sforzo bellico tanto da consentire ai progettisti di migliorare il FireFly in diversi modelli consecutivi. Nelle sue varianti successive fu conosciuto perlopiù con il nome di Lighting Bug. A questo punto dell'evoluzione della tecnologia la sfida più grande divenne il recupero del mezzo alla fine del volo. Il drone era programmato per essere diretto sempre verso il campo di aviazione di recupero, quindi l'unità posta a terra agganciava il segnale e dispiegava il paracadute a comando (che in caso contrario si apriva a carburante esaurito).

Anche nei casi più positivi tuttavia i droni si danneggiavano spesso all'impatto col suolo e richiedevano riparazioni lunghe e costose. Nei casi peggiori potevano addirittura precipitare in mare con tutte le difficoltà di recupero annesse oppure essere trascinati a terra dal proprio stesso paracadute a causa del vento per centinaia di metri. Questi eventi oltre che a danneggiare il drone stesso, come facilmente intuibile, avevano come conseguenza ulteriore il fatto di danneggiare spesso irreversibilmente il materiale video girato in volo e di negarne quindi lo studio all'intelligence che lo avrebbe analizzato per la pianificazione strategica di ogni missione.

Nonostante le difficoltà le missioni con i droni andarono costantemente ad aumentare di numero per diversi motivi: le difese aeree del Vietnam miglioravano e l'esercito nordvietnamita aveva acquisito aerei da guerra sempre più performanti (MiG-17 e MiG-21 su tutti) rendendo le operazioni con equipaggio sempre più rischiose.

Fu così che dal 1965 in avanti le unità strategiche dell'esercito coinvolte nello scontro a vantaggio l'utilizzo dei droni divennero sempre più numerose ed in meno di due anni fecero segnare qualcosa come 160 missioni di ricognizione di successo, fino all'evento del quale abbiamo parlato all'inizio di questo paragrafo che li consacrò, nel 1966, come elemento fondamentale ed imprescindibile dall'idea di esercito moderno.

Da quell'anno infatti i droni iniziarono ad essere coinvolti direttamente nelle fasi di combattimento invece che nelle sole fasi di analisi e ricognizione. Alcuni erano usati per mettere in atto una tecnica di contromisura elettronica detta "chaff" che consisteva nel disperdere nell'aria una nuvola di materiali radar-riflettenti che accecavano momentaneamente i radar nemici. Altri montavano elettronica per il disturbo radar e la mimetizzazione in modo da effettuare test in maniera sicura prima di essere utilizzata direttamente sui velivoli con equipaggio ed altri ancora erano equipaggiati con potenziamenti radar per far credere ai nemici di essere aerei d'attacco in modo da essere ingaggiati e poter trascinare lontano i MiG nemici.



Lighting Bug modello 147SC TomCat

Venne introdotto un Lighting Bug modificato appositamente per il volo a bassa quota e dotato di una forte luce a scarica che veniva attivata su bersagli prestabiliti per illuminarli a giorno.

Proprio le missioni a bassa quota furono quelle che diedero una ulteriore spinta al progredire della tecnologia. Il sistema di navigazione, all'epoca montato sui DC-130 che ospitavano i controlli dei droni, aveva una precisione relativa allo stesso modo del sistema installato sul drone stesso. Questi fattori combinati potevano far sì che, in alcune occasioni, il drone riferisse di trovarsi in una posizione che differiva da quella reale, con un margine di errore che poteva segnare una distanza fino a 15 chilometri. Questo, come facilmente intuibile, non era un problema nelle missioni di ricognizione ad alta quota, in quanto gli obiettivi grandangolari attutivano il margine di errore, lo era invece nelle missioni a bassa quota dove la precisione della posizione era un fattore non più marginale per avere immagini precise del luogo desiderato. Meno del 50% di queste missioni infatti riusciva a riportare alla base del materiale video utilizzabile dall'intelligence.

Il miglioramento dei modelli 147 era però ormai continuo di anno in anno, di test in test, di missione in missione. Il problema della copertura a bassa quota divenne sempre più marginale con il miglioramento dei sistemi di navigazione e la qualità del materiale acquisito era sempre più alta grazie a telecamere più leggere e pellicole più sensibili.

I nuovi modelli, nel 1969, potevano essere controllati da una distanza di oltre 1000 chilometri ad un'altezza di oltre 21 chilometri e, se supportati da altri droni a scopo di mimetizzazione radar, erano molto difficili anche solo da rilevare, figuriamoci da abbattere.



Lightning Bug modello 147SK, modificato per essere lanciato da una nave al largo

L'ultima missione risale al Giugno del 1975. In 11 anni di servizio i droni avevano portato a termine 3.435 missioni. Di 544 Lightning Bug perduti, meno di un terzo lo furono per problemi tecnici mentre artiglieria, missili e aerei da guerra rivendicarono il resto. Interessante notare, per capire l'entità del successo di questa tecnologia in questo conflitto, come i nordvietnamiti persero ben sette caccia MiG contro i Lightning Bug: in un caso un aereo rimase senza carburante durante un inseguimento ad un'esca, in tutti i restanti casi perché colpiti dal fuoco amico dell'artiglieria o di altri caccia all'inseguimento dei droni. Un Lightning Bug raggiunse nientemeno che lo status di "Asso" per essere rimasto coinvolto in ben cinque dei sette abbattimenti totali.

I Lightning Bug hanno dato un contributo inestimabile alla guerra del Vietnam: fornendo informazioni sulle operazioni tecniche e sulle tattiche nordvietnamite, salvando così la vita a molti equipaggi. Hanno scoperto innumerevoli basi nemiche, siti missilistici SAM, siti di comunicazione per il controllo a terra delle truppe nordvietnamite e persino un campo di prigionia. Furono loro inoltre a portar a galla le prime prove della presenza di elicotteri sovietici nel Vietnam del Nord.

Ancora più importante, hanno condotto la prima intelligence di comunicazione in tempo reale controllata a distanza, consentendo agli operatori americani di avvertire i piloti in volo dell'attività aerea e contraerea nemica. Ultimo ma altrettanto importante hanno fornito le uniche valutazioni con cadenza quotidiana dei danni provocati dai raid di B-52 durante il Linebacker II, la campagna di bombardamenti che portò Hanoi al tavolo delle trattative.

Con la fine della guerra l'interesse a livello militare continuò, anche se ad un regime decisamente inferiore. Il settore bellico americano dopo gli insuccessi riportati, anche e soprattutto a livello mediatico, dalla guerra del Vietnam subì dei tagli devastanti. La segretezza dei progetti, che vennero comunque portati avanti, non permise ai droni di diffondersi già in quel periodo ad un pubblico più ampio.



## Il boom dei velivoli radiocomandati e la grande spinta

L'interesse per i velivoli aerei senza pilota non sarebbe riemerso fino agli anni '80. Tuttavia, nel decennio a partire dal 1970, l'avanzamento rapido della tecnologia, la miniaturizzazione dei componenti, la riduzione dei costi dei computer ed il netto miglioramento dei sistemi di navigazione resero i droni più pratici ed economici dandogli la spinta per ramificarsi anche nel settore consumistico privato a costi ragionevoli sotto forma di piccoli aerei radiocontrollati.

Questo si trasformò in una sorta di boom nelle vendite e soprattutto nell'interesse generale riguardo a questa passione prettamente legata all'ambito modellistico. Venduti nella quasi totalità dei casi sottoforma di kit di montaggio, potevano essere assemblati, testati e, quel che più ci interessa, modificati direttamente dagli appassionati. Reperibili in diverse forme e dimensioni, che perlopiù puntavano a riprodurre le controparti reali sia storiche che moderne, erano adatti a volare, a seconda delle dimensioni, sia all'aperto che in spazi chiusi. Ci fu così contestualmente un fiorire di club di hobbisti del volo radiocomandato che sicuramente, a suo modo, diede una spinta al miglioramento della tecnologia e all'aumento dell'interesse generale intorno al settore.



Modellini radiocomandati presenti sul mercato tra gli anni 80 - 90.

Anche se gli Stati Uniti diedero una grossa spinta alla produzione di massa di droni per l'esercito che, come abbiamo visto, ottennero buoni successi, i droni, all'inizio degli anni '80, erano ancora considerati eccessivamente costosi ed inaffidabili.

C'è un momento preciso che viene da tutti riconosciuto come quello che ha cambiato questa concezione. È il 1982, siamo nel pieno della guerra del Libano, l'Air Force israeliana decide di lanciare un'operazione con il nome in codice di Mole Cricket 19, il cui scopo è quello di abbattere le batterie antiaeree di missili terra-aria siriane, di costruzione sovietica, presenti nella Valle del Beqà, nel nord est del Libano.

Per l'operazione vengono usati principalmente droni IAI Malat Scout e Mastiff. Con un'apertura alare di 15 metri circa, una lunghezza di quasi 8 metri ed un peso di 950 chilogrammi, potevano volare ad una velocità di 195 Km/h a circa 6000 metri di altezza per poco più di 25 ore.

Non fu necessario... di ore ne bastarono due. Quello fu il tempo necessario alla flotta israeliana per abbattere 29 delle 30 postazioni missilistiche presenti nella zona dopo che i droni avevano reso totalmente cieche le difese nemiche rendendo inutilizzabili i radar nemici. Da quel momento i droni non furono mai più considerati né troppo costosi né tantomeno inaffidabili.

## 2000 - 2022 L'età dell'oro

Gli anni che vanno dal 2000 ai giorni nostri hanno visto un'esplosione ed un avanzamento tecnologico dei quali siamo tutt'ora testimoni. Anni in cui, per la prima volta nella storia, abbiamo assistito ad un'evoluzione maggiore nell'ambito commerciale che in quello militare.

Secondo gli ultimi rapporti, ad oggi, sono presenti, in Europa, circa 10.000 unità di droni a scopo commerciale registrati e gli stessi rapporti prevedono che entro il 2025 saranno 200.000, venti volte tanto e 400.000 nel 2035.

Le applicazioni si sono diversificate sempre più e stanno continuando a farlo ad un ritmo impressionante: settore energetico, sicurezza pubblica e privata, media, assicurazioni, settore immobiliare, cinema e TV, telecomunicazioni, archeologia, industria mineraria e costruzioni sono solo alcuni dei campi di utilizzo.

Vediamo alcune delle applicazioni innovative un po' più nel dettaglio:

**L'agricoltura:** le agenzie per la protezione dell'ambiente utilizzano già la tecnologia dei droni per la gestione del bestiame e la rilevazione delle colture.

In futuro gli agricoltori e gli allevatori utilizzeranno droni in grado di monitorare e fertilizzare strategicamente i raccolti.

**Conservazione:** i droni vengono utilizzati per monitorare le specie in pericolo e mappare i cambiamenti nei vari ecosistemi del mondo.

**Consegna:** tutto ciò che può essere trasportato da un corriere può essere consegnato anche con i droni. È un mercato ancora in fasce ma vi si stanno interessando tutti i colossi del settore con Amazon in testa a tutti.

**Gestione disastri ambientali:** i droni possono andare in luoghi in cui gli esseri umani non possono accedere, quindi sono una soluzione ideale per le operazioni di ricerca e salvataggio ad alto rischio. Stesso discorso per la consegna di rifornimenti di emergenza in luoghi remoti e aree disastrose.

**Logistica:** i droni possono aiutare enormemente all'interno dei magazzini di grandi dimensioni per la gestione degli inventari. Da qualche tempo vengono prese in considerazione anche tecnologie per il trasporto di colli tra magazzini vicini.

**Film e fotografia:** i droni sono ormai di comune utilizzo anche tra i produttori e registi low-budget e Hollywood ha ormai a stipendio flotte di droni per le riprese aeree e non solo.

**Gli Internet Service Provider:** aziende di un certo rilievo come Facebook e Google stanno sperimentando da qualche anno droni ad energia solare allo scopo di portare connettività in luoghi difficili da raggiungere con la comune fibra. Questo potrebbe trasformare la connettività così come la conosciamo.

**Le forze dell'ordine:** le forze di polizia ricorrono sempre più spesso all'uso dei droni, e probabilmente cominceremo a vedere aerei senza pilota ad integrare la presenza della polizia sul territorio.

È ovviamente presto per scrivere una storia esaustiva dei droni in questi anni quando proprio ora stiamo assistendo ad una fase di assestamento e di raggiungimento di una consapevolezza che porterà negli anni a venire ad una piena produttività del settore.



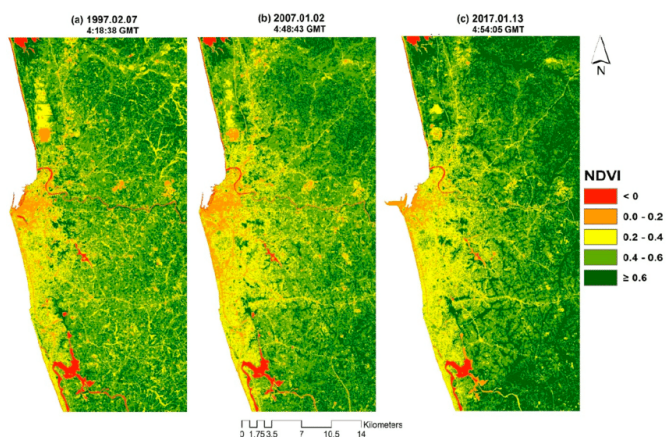
# Le applicazioni dei droni nella società civile

Vediamo alcune delle applicazioni innovative un po' più nel dettaglio:

## AGRICOLTURA 4.0

**L'agricoltura:** Le agenzie per la protezione dell'ambiente utilizzano già la tecnologia dei droni per la gestione del bestiame e la rilevazione delle colture. In futuro gli agricoltori e gli allevatori utilizzeranno droni in grado di monitorare e fertilizzare strategicamente i raccolti. In effetti i droni sono in grado di svolgere molteplici operazioni nell'ambito dell'agricoltura 4.0. Dalla mappatura per la derivazione dei dati per lo sviluppo di mappe e di modelli previsionali personalizzati sino all'intervento sitospecifico in aree specifiche del terreno agricolo.

**Conservazione:** I droni vengono utilizzati per monitorare le specie in pericolo e mappare i cambiamenti nei vari ecosistemi del mondo. Questo aspetto legato all'impiego dei droni è anche molto utile nell'ambito delle colture, infatti è utile avere un database specifico dell'appezzamento che ci consenta di capire lo stato di stress del suolo, dell'indice idrico etc.



## TRASPORTI

**Consegna:** Tutto ciò che può essere trasportato da un corriere può essere consegnato anche con i droni. È un mercato ancora in fasce ma vi si stanno interessando tutti i colossi del settore con Amazon in testa a tutti. Infatti gli UAV consentirebbero di ridurre l'impatto ambientale delle consegne gestendo la capillarità delle stesse in maniera più efficiente rispetto ai tradizionali sistemi di consegna. Inoltre gli UAVs sono stati predisposti anche per il trasporto di carichi speciali come organi.

**Logistica:** I droni possono aiutare enormemente all'interno dei magazzini di grandi dimensioni per la gestione degli inventari. Da qualche tempo vengono prese in considerazione anche tecnologie per il trasporto di colli tra magazzini vicini.



## SICUREZZA

**Le forze dell'ordine:** Le forze di polizia ricorrono sempre più spesso all'uso dei droni, e probabilmente cominceremo a vedere aerei senza pilota ad integrare la presenza della polizia sul territorio. È ovviamente presto per scrivere una storia esaustiva dei droni in questi anni quando proprio ora stiamo assistendo ad una fase di assestamento e di raggiungimento di una consapevolezza che porterà negli anni a venire ad una piena produttività del settore.

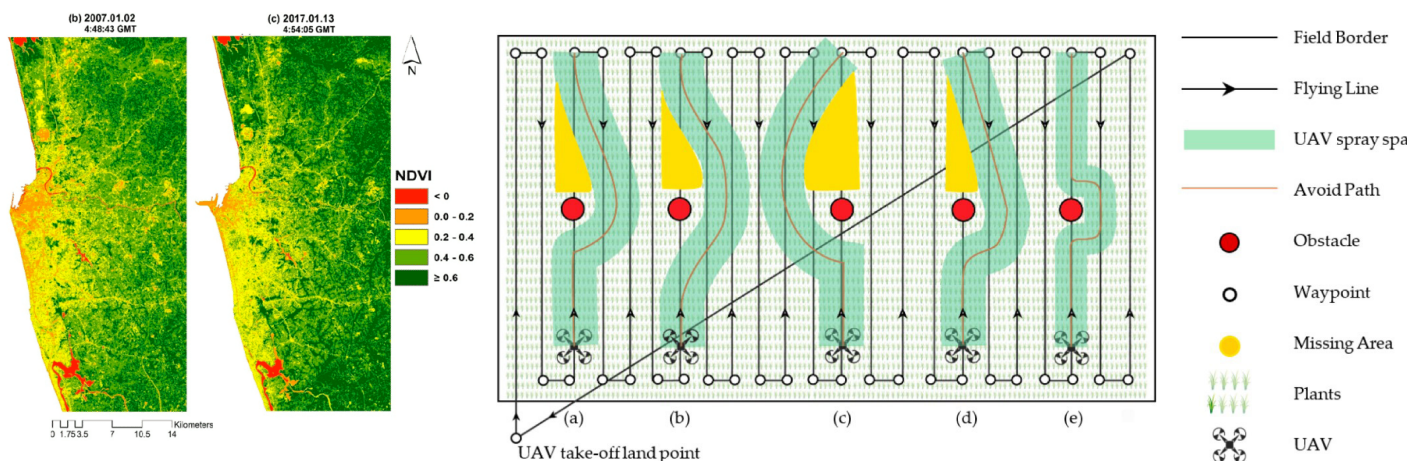
**Gestione disastri ambientali:** I droni possono andare in luoghi in cui gli esseri umani non possono accedere, quindi sono una soluzione ideale per le operazioni di ricerca e salvataggio ad alto rischio. Stesso discorso per la consegna di rifornimenti di emergenza in luoghi remoti e aree disastrose.



## APPROFONDIMENTO SULLA TEMATICA PROGETTUALE

All'interno dei processi legati alla gestione di un terreno agricolo tramite metodi e modelli operativi propri dell'agricoltura di precisione (4.0), i droni sono indispensabili, infatti essi sono in grado di operare autonomamente seguendo istruzioni programmate, ridurre le operazioni ripetitive e o rischiose per l'uomo, abbattere i costi di gestione e manutenzione dei veicoli tradizionali addetti alla fertilizzazione.

Esistono vari modelli e varie fasce di peso, ognuna presenta caratteristiche tecniche e prestazioni differenti.



Ogni modello, coordinato con piattaforme software e altri dispositivi, è in grado di creare un tessuto di informazioni in grado di modellare su misura le operazioni da svolgere sul campo.

Ad esempio le applicazioni utili nel campo dei trasporti sono altrettanto utili nell'ambito dell'agricoltura, in quanto è spesso richiesto durante i processi lo spostamento di attrezzatura o lo spargimento aereo su specifiche aree.

Le caratteristiche utili per la mappatura al fine di conservare i territori sono altrettanto utili nell'ambito di una gestione smart del proprio terreno agricolo.

## ABSTRACT PROGETTUALE

Lo scopo del progetto è quello di unire le funzionalità più richieste dal settore dei droni agricoli in un unico dispositivo modulare ed adattabile.

Un dispositivo capace di modificare il proprio assetto a seconda delle mansioni da svolgere.

L'idea è quella di creare un compagno di lavoro per un farmer 4.0 che sia in grado di svolgere mansioni quotidiane di raccolta dati e missioni speciali all'occorrenza.



# Lo stato delle normative sulla tecnologia UAVs



## LO STATO DELLA NORMATIVA

L'Agenzia europea per la sicurezza aerea, abbreviata (EASA), sigla di European Union Aviation Safety Agency, è l'organo di controllo del settore aeronautico dell'Unione europea.

L'Ente nazionale per l'aviazione civile (ENAC) è l'autorità italiana di regolamentazione tecnica, certificazione e vigilanza nel settore dell'aviazione civile sottoposta al controllo del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.

**Con la Decision 2022/002/R del 7 febbraio 2022 EASA ha aggiornato GM e AMC del regolamento europeo droni. Si tratta delle linee guida (GM) e dei metodi accettabili di conformità (AMC) che permettono di interpretare al meglio il regolamento europeo droni. Seguendo queste disposizioni si ha la certezza di rispettare la normativa.**

**Tra le novità principali riportiamo le seguenti.**



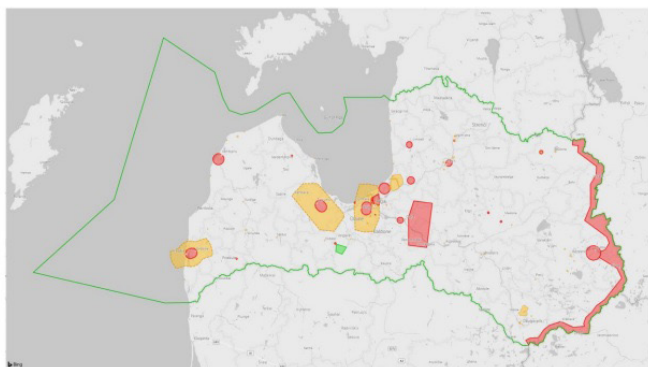


Figure 1 — Example of UAS geographical zones

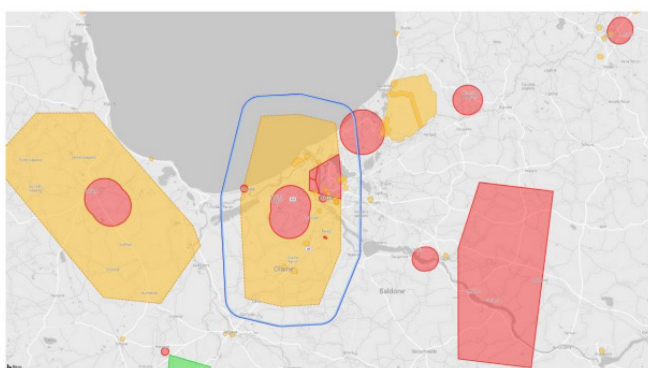







Figure 2 — Example of UAS geographical including representation of planned U-space

COLOUR CODE	MEANING
	<p>UAS geographical zones where UAS operations are prohibited.</p> <p>However, restrictions may be waived for particular users. UAS operations in some UAS geographical zones may be subject to the fulfilment of special requirements, e.g. compliance with published procedures, request for flight authorisation, etc. The competent authority should publish the conditions for obtaining the waiver and the point of contact of the entity from which the flight authorisation needs to be requested.</p>
	<p>UAS geographical zones where UAS operations are limited and subject to the fulfilment of a set of conditions that are imposed for such zones.</p> <p>Such limitations and conditions may concern administrative procedures, operational limitations, or technical requirements for the UAS or mandatory functions.</p> <p>For example, UAS operations are permitted in such UAS geographical zones if the UAS MTOM does not exceed 1.5 kg and the flight altitude is below 50 m above the ground.</p>
	<p>UAS geographical zones that facilitate UAS operations in the 'open' category (UAS operations are exempt from one or more of the 'open' category requirements).</p>
	<p>U-space airspace where UAS operations are supported by a set of U-space services. UAS operations are compliant with the capability and performance requirements that are determined for the particular U-space airspace.</p> <p>The Member States should list the U-space service provider(s) (USSP(s)) that is (are) identified for that geographical zone.</p>
	<p>Riga flight information region (FIR) boundary.</p>

L'art.15 del 947/2019 parla delle zone geografiche UAS. Semplificando, si tratta di limitazioni e no fly zone per i droni. Le nuove GM per l'art. 15 affermano che le zone geografiche UAS vengono definite secondo le politiche e le procedure stabilite dagli Stati membri. Vari enti (es. istituzioni pubbliche, forze dell'ordine, ANSP, parchi naturali, autorità militari, ecc.) possono richiedere l'istituzione delle zone geografiche UAS.

L'ente richiedente trasmette i dati all'entità che approva la zona geografica UAS (in Italia ENAC) unitamente al materiale di supporto, seguendo le relative procedure. I dati sulla zona geografica UAS da istituire devono avere una determinata qualità, l'accuratezza in base allo scopo e all'ubicazione della zona geografica UAS. Ad esempio autostrade, ferrovie, ospedali, opere d'arte, aree rurali e urbani, restrizioni locali per ridurre il rumore, il clima e l'impatto sulla natura etc.

Se è richiesta un'autorizzazione di volo, per entrare in una zona geografica UAS, deve essere stabilita la relativa procedura e designato il soggetto responsabile del rilascio di tale autorizzazione.

In linea generale, le zone geografiche UAS devono essere "notiziate" nelle ENR 5.3.1 delle AIP "altre attività di natura pericolosa" indicando dove si possono trovare pubblicate nel formato digitale e unico (in Italia presumibilmente su d-flight).



d-flight persegue lo sviluppo e l'erogazione di servizi per la gestione del traffico aereo a bassa quota di aeromobili a pilotaggio remoto (APR) e di tutte le altre tipologie di aeromobili che rientrano nella categoria unmanned aerial vehicles (UAV) e qualsiasi attività ad essi connesse.

Lo scopo dei regolamenti, peraltro ancora in evoluzione, insieme gestito da EASA e sul territorio nazionale coordinato da ENAC, è quello di fornire uno scenario normativo che consenta agli UAV, in varie configurazioni di volo, con caratteristiche di controllo remoto e di peso differenti, la possibilità di operare in un contesto organizzato pratico e sicuro per tutti. Non si tratta di una semplice area riservata ai droni ma bensì all'articolata intersezione di spazi attualmente non mappati o gestiti a livello normativo, quale deve essere predisposta al volo sicuro, ed in futuro autonomo di UAVs.

Inoltre si sta sviluppando un insieme di associazioni e di aziende che si occuperanno di rendere queste normative, in particolare a quelle riferite alla tracciabilità e al controllo e la registrazione dei velivoli effettivamente applicabili tramite la realizzazione di dispositivi specifici.

E' il caso ad esempio di Dflight, oppure di Avionix.

## **IL CONCETTO DI U - SPACE**

**U-space è una piattaforma di servizi di trasporto aereo sviluppata dall'Agenzia europea per la sicurezza aerea (EASA). Si tratta di un sistema di gestione dei voli che consente ai piloti di pianificare, monitorare e gestire i loro voli in modo più efficiente e sicuro.**

## **PRINCIPI**

Sicurezza, ridurre i rischi per tutte le parti coinvolte e non coinvolte nelle operazioni di volo. Versatilità, devono essere utilizzabili in una molteplicità degli scenari e, se possibile, compatibili con altri servizi U-space.

Automazione e digitalizzazione, garantire una risposta rapida e ridurre al minimo l'intervento umano.

Sostenibilità, ridurre l'impatto ambientale delle operazioni di volo, incluso il rumore, e rispettare la privacy dei cittadini.

Scalabilità, essere progettati per supportare un ampio numero di: utenti, voli in contemporanea, casi d'uso e aree geografiche.

Accessibilità, essere liberamente accessibile al pubblico.

## **OPERAZIONI**

Lo U-Space completo consentirà tutti i tipi operazioni, dalle più semplici alle più complesse, offrendo quattro tipologie di servizi all'utente:

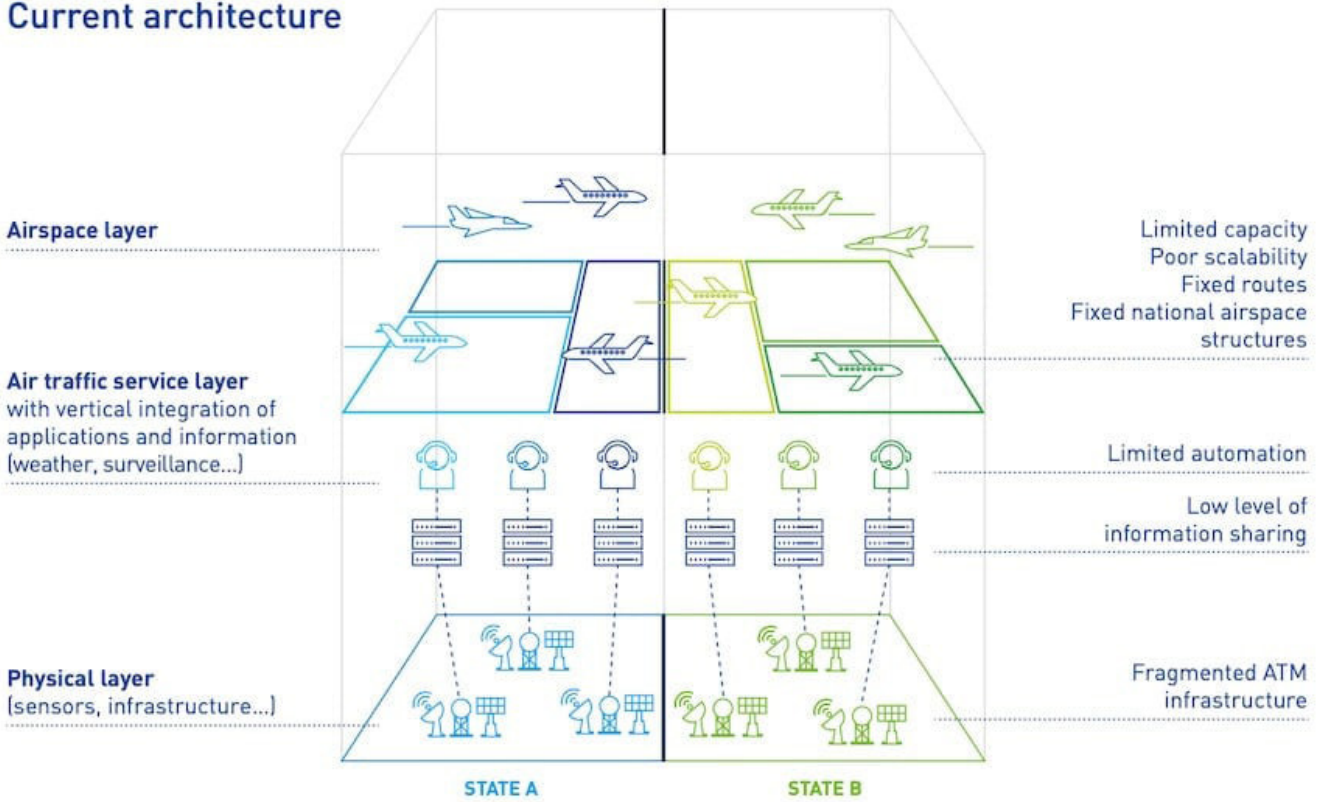
U1 - Foundation: servizi di base tra cui la registrazione del drone (e-registration), identificazione del drone sulla mappa tramite ID (e-identification) e la creazione di un perimetro virtuale (geofencing);

U2 - Initial: servizi per la gestione delle operazioni di volo, tra cui la creazione di un piano di volo (flight planning), l'approvazione del volo (flight approval), il tracciamento degli spostamenti del drone (tracking) e interazione con il controllo del traffico aereo (ATC);

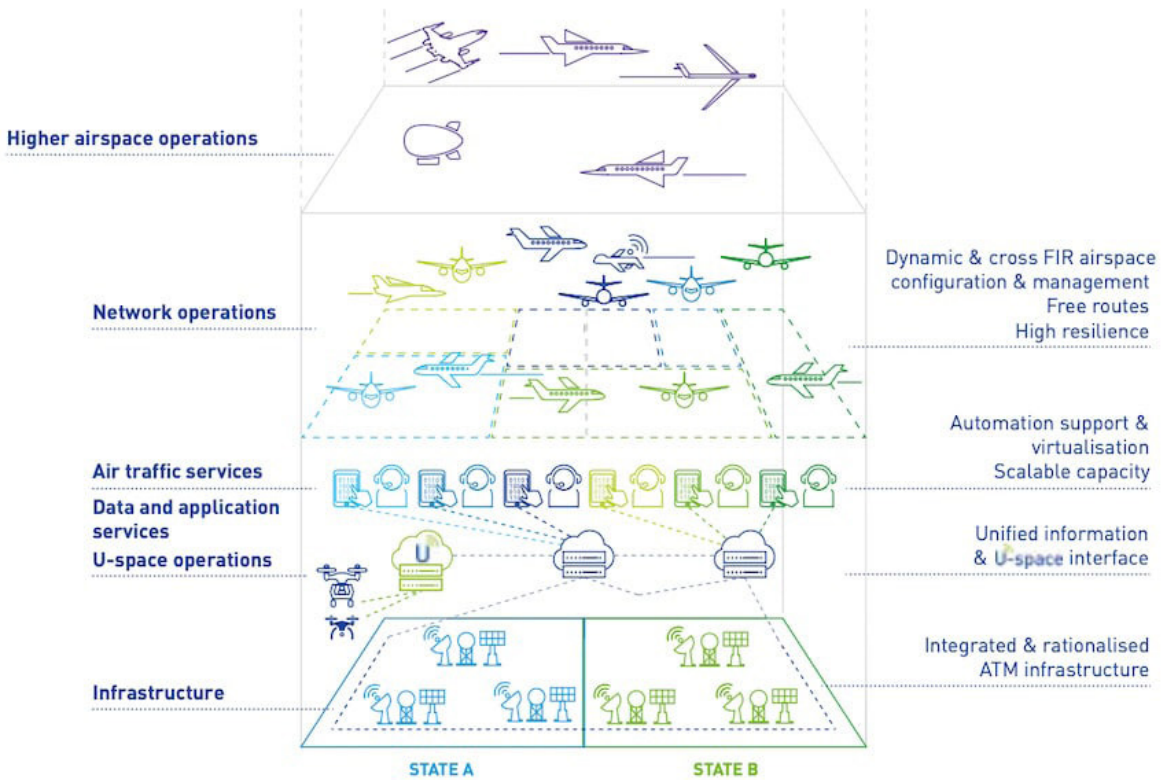
U3 - Advanced: servizi avanzati a supporto di operazioni più complesse in aree densamente popolate come il controllo e l'individuazione di conflitti e le funzionalità di automazione del "detect and avoid";

U4 - Full: servizi completi, che inglobano tutti i servizi precedenti, offrendo livelli molto alti di automazione, connettività e digitalizzazione sia per i droni che per il sistema U-space.

## Current architecture



## Future architecture



# AGRICOPTER

Agricopter è una piattaforma per l'armo di UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dal peso ridotto, ad elevata resistenza strutturale, capace di variare il proprio assetto propulsivo e la propria capacità di carico a seconda della specifica missione nell'ambito d'uso. Il kit di montaggio è stato concepito per svolgere le principali missioni di volo utili ai processi dell'agricoltura di precisione.

Nell'ambito dell'agricoltura di precisione, gli scenari operativi di un UAV sono molteplici, dalla rilevazione di dati tramite sensori e fotogrammetria aerea, sino a missioni di volo con rilascio aereo di pesticidi, insetti antagonisti dei parassiti presenti nel terreno. Le caratteristiche del carico a bordo per queste missioni sono differenti e attualmente affidate a molteplici dispositivi separati. Agricopter è in grado di armare due configurazioni di volo con assetti propulsivi differenti in grado di assolvere a tutte le missioni di volo necessarie ai processi di agricoltura di precisione adattando il velivolo alla missione tramite componenti modulari e rimovibili o convertibili.

Il telaio a 4 bracci ospita 4 giunti con doppio output per le unità propulsive.

Questi giunti possono essere sfruttati per alloggiare:

**4 rotori** in configurazione classica ad H, oppure, **8 rotori** disposti in configurazione a doppio rotore controrotante. In tal modo Agricopter è in grado di armare due configurazioni di volo, la prima: 4 - axle (max peso al decollo 15 kg), la seconda : 8 - axle (max peso al decollo 30 kg).

Nello specifico, Agricopter è in grado di operare in una prima fase di rilevamento di dati per la derivazione di indici NDVI e di modelli previsionali personalizzati, grazie alla configurazione 4 -axle infatti, porta in volo una camera multispettrale e sensoristica utile alla mappatura del campo.

Passando alla configurazione di volo ad 8 rotori, Agricopter è capace di portare in volo un sistema di rilascio aereo di nebulizzati con annesso serbatoio di 20 lt o un sistema di rilascio di particelle solide a diametro variabile, seguendo le informazioni derivate dalla mappatura del terreno.

Il progetto nasce dall'idea di poter modificare la forma di un drone ed il proprio assetto propulsivo al fine di adattare lo stesso telaio ad un range di missioni più vasto.

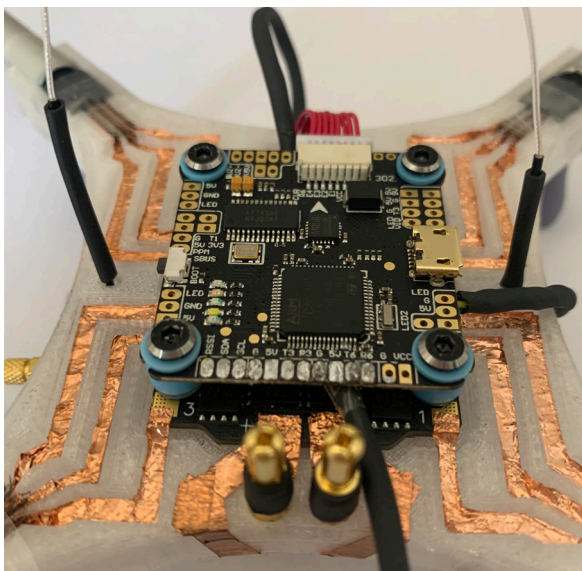
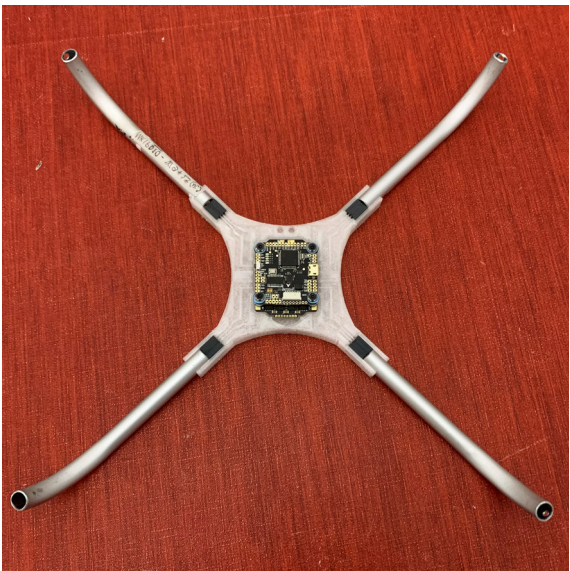
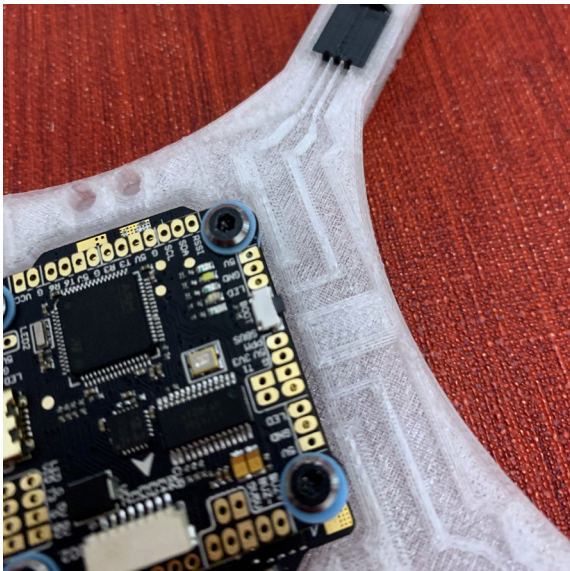
In effetti l'idea di sfruttare l'elasticità dei componenti in termini di resistenza e prestazioni al massimo possibile è stato uno dei punti chiave dello sviluppo.

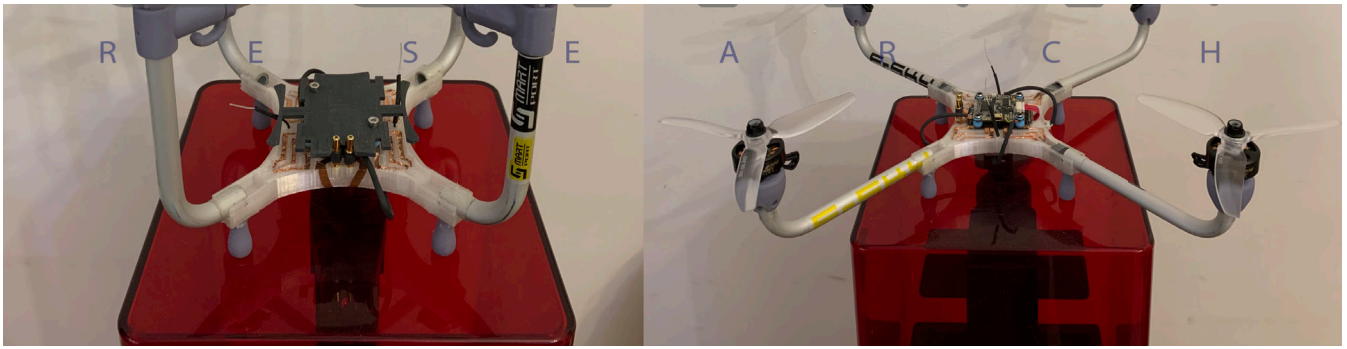
Inoltre obiettivo visibile dai primi concept e prototipi, è stato quello di rendere le parti del telaio modulari e plug and play, al fine di rendere più facile, veloce ed economica la manutenzione e l'adattabilità del velivolo.

Lo studio è iniziato nel 2020, sono state realizzate diverse versioni del telaio modulare ed adattabile.



# L'evoluzione progettuale partendo dal concept iniziale MK1





## MK1

Agricopter è una piattaforma per l'armo di UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dal peso ridotto, ad elevata resistenza strutturale, capace di variare il proprio assetto propulsivo e la propria capacità di carico a seconda della specifica missione nell'ambito d'uso. Il kit di montaggio è stato concepito partendo da un telaio con bracci rimovibili e un unico telaio centrale.

In questa prima versione MK1 molto del lavoro progettuale riguarda i connettori plug and play dell'intero sistema basato sull'architettura a sezione tubolare.

Lo scopo era quello di mantenere una semplice connessione tra le parti del telaio consentendo una gamma di posizioni previste assemblabili con gli stessi pezzi.

Le connessioni devono garantire in una singola azione la tenuta strutturale e la connessione elettrica del dispositivo

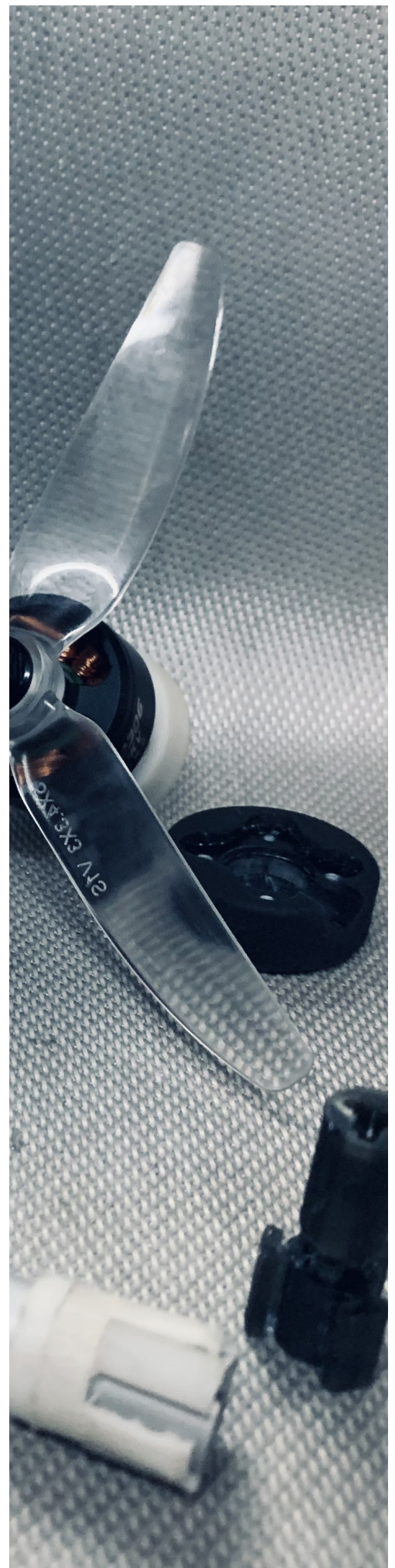
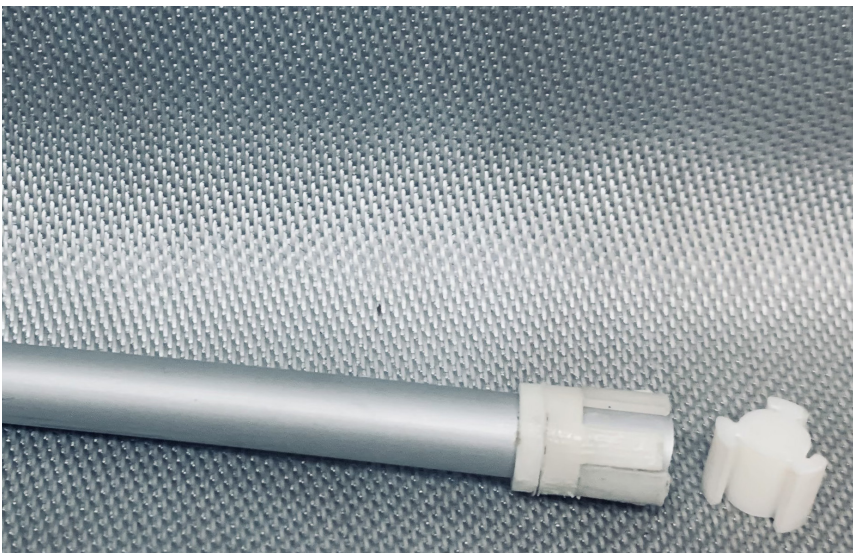
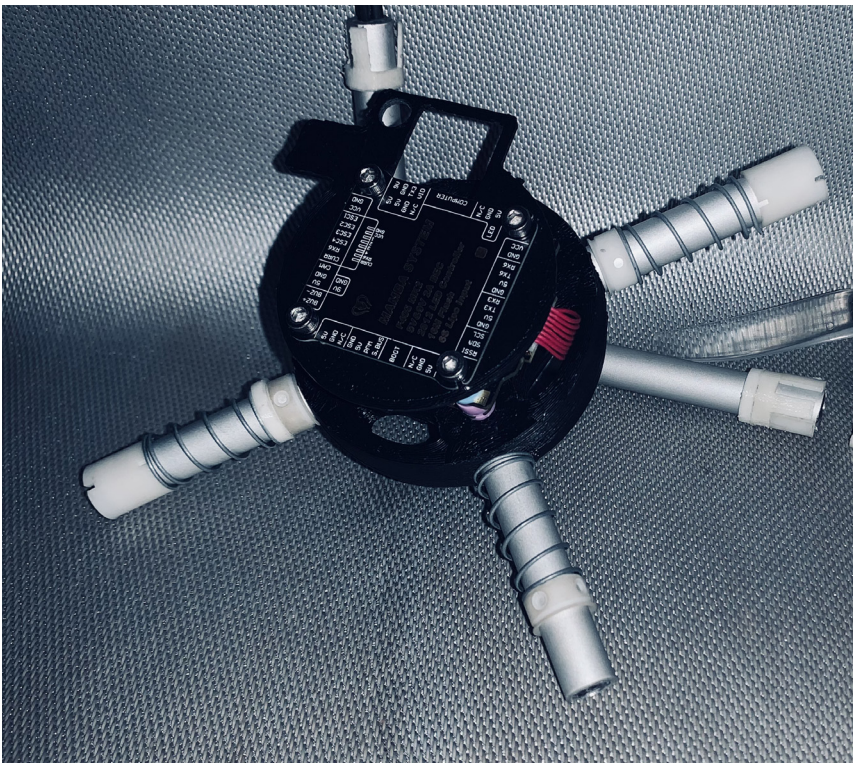


## MK2

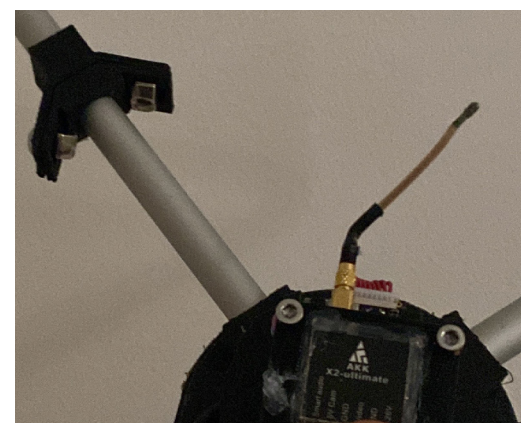
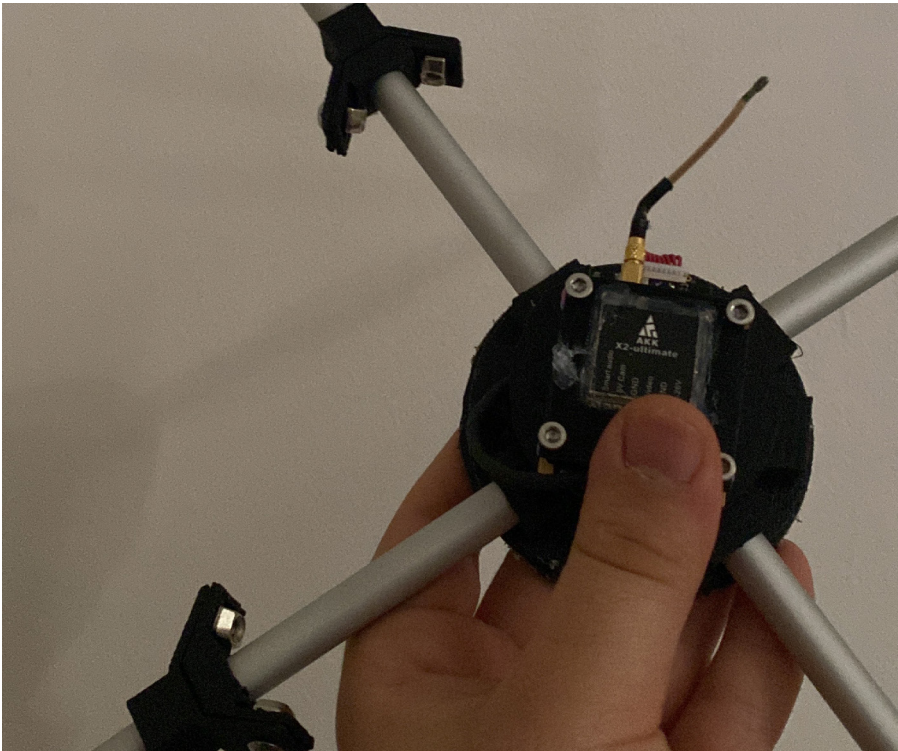
In questa evoluzione MK2 molto del lavoro progettuale riguarda i connettori plug and play dell'intero sistema basato sull'architettura a sezione tubolare.

A differenza della prima versione molto dello studio si è concentrato sulla parte strutturale e non quella elettronica. Lo scopo era quello di mantenere una semplice connessione tra le parti del telaio mantenendo una resistenza tra le giunzioni dei tubolari.

Sono stati effettuati test sulle vibrazioni generate dai rotor attivi sulle componenti.





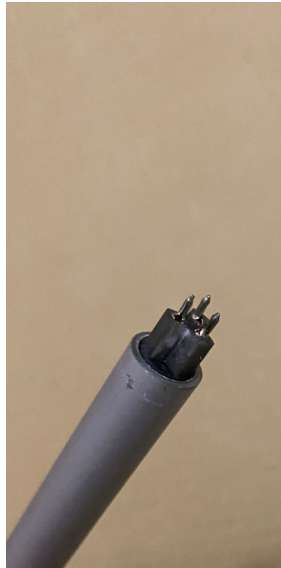
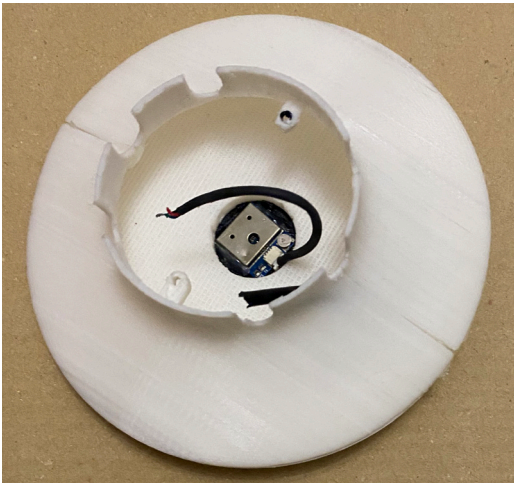
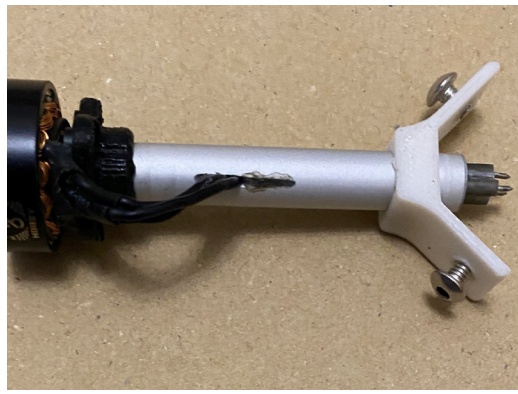
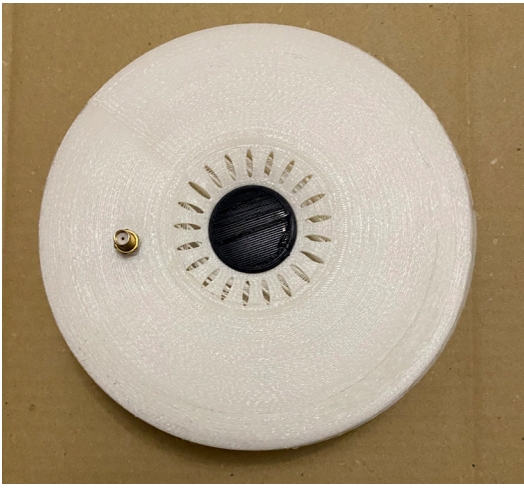


## MK3

In questa evoluzione differenza della versione precedente molto dello studio si è concentrato sugli assetti di volo.

Avendo raggiunto la stabilità nelle giunzioni tubolari del trinomio: semplicità, elettronica e struttura, ho concentrato i miei studi sul modo in cui il telaio mi consentiva di aggiungere o rimuovere peso e potenza variando l'assetto propulsivo.

Qui ho effettuato una grande modifica quando mi sono accorto che il telaio MK3 era troppo flessibile in quanto i bracci e le masse erano favorevoli ad una micro oscillazione costante durante l'attivazione delle unità propulsive.



Qui ho effettuato una serie di modifiche radicali.

Sono passato da una configurazione con un blocco centrale in grado di ospitare da 4 a 8 bracci con relative unità propulsive ad una nuova configurazione:

## **MK4**

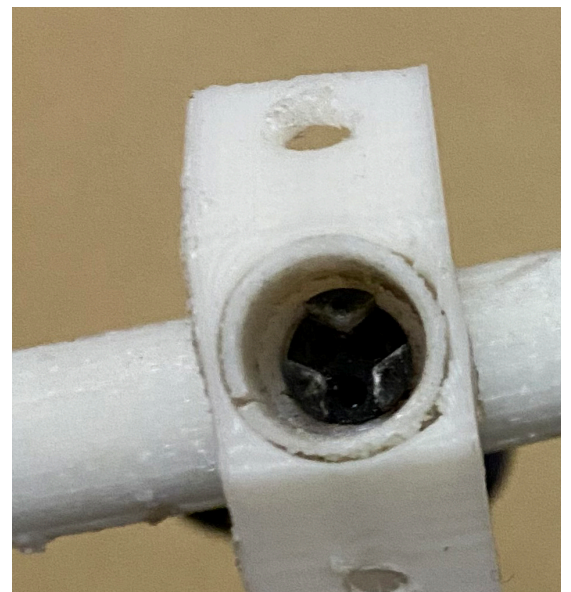
La nuova configurazione si basa su 4 bracci fissi ancorati ad un telaio con soli 4 output.

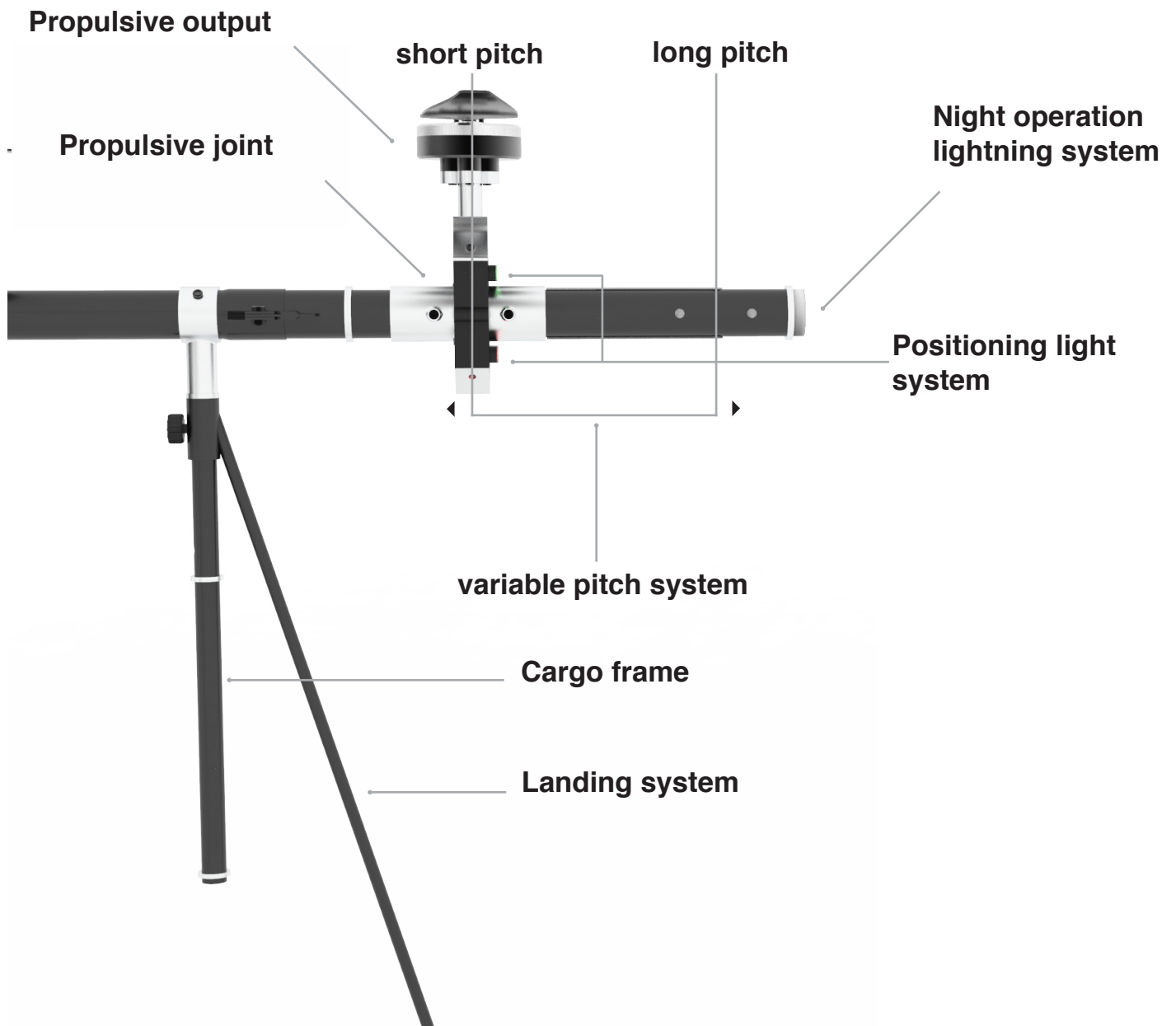
Sono state rimosse le curve al disegno dei bracci del telaio per appiattire il piano di volo, riducendo così le vibrazioni costanti, derivate dall'oscillazione del braccio causati della massa e del momento del rotore agenti sulla sede presente all'estremità del braccio.

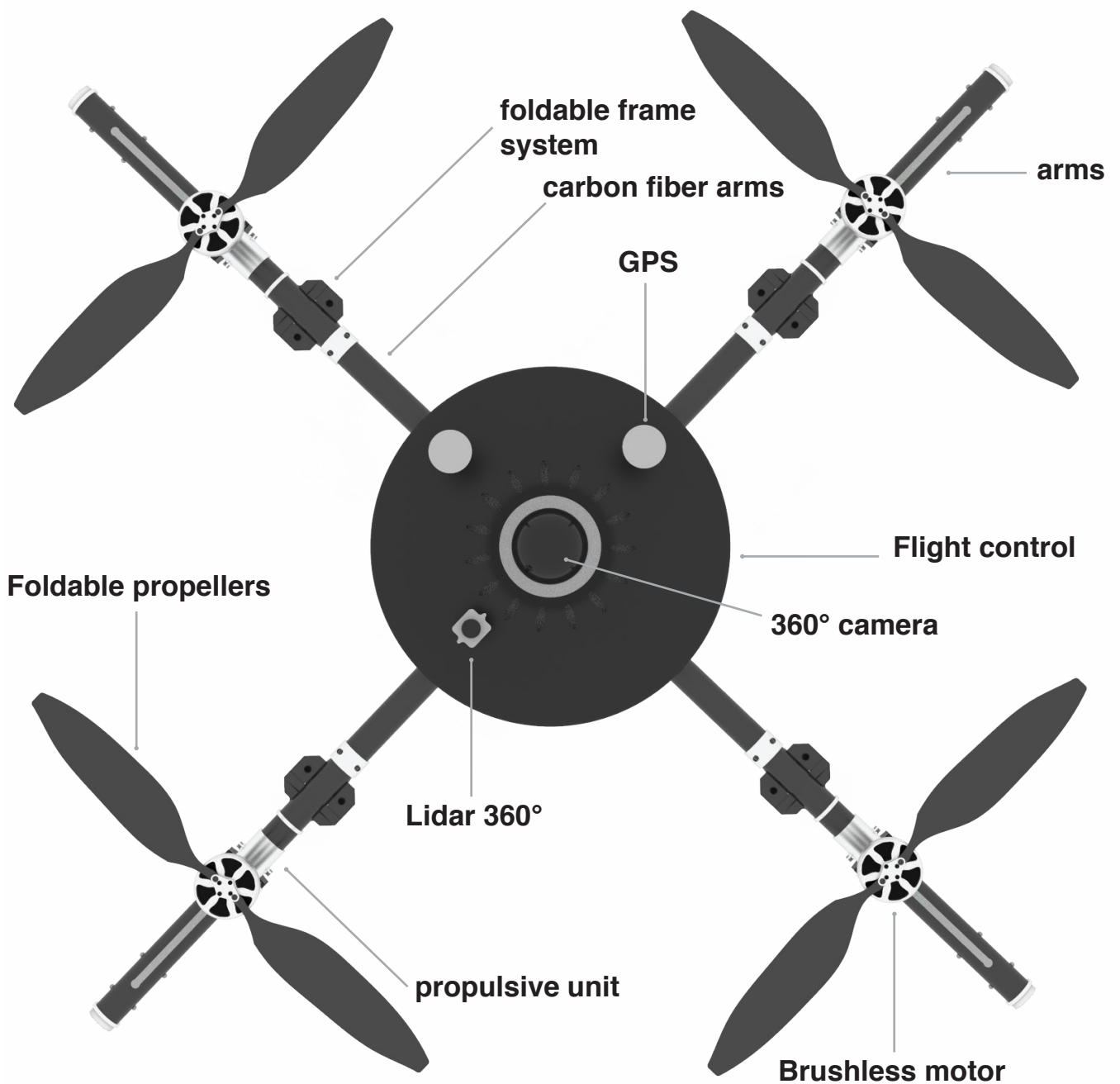
È stato progettato un giunto a 4 vie in grado di scorrere sui bracci per variare il passo del veicolo.

Inoltre il giunto può ospitare fino a 2 unità propulsive così da poter raggiungere la configurazione ad 8 rotori controrotanti senza l'aggiunta di ulteriori bracci.

Sono state perfezionate le giunzioni plug and play tra le parti.







## **ELENCO COMPONENTI**

### **Componenti presenti sul mercato INCLUSE NEL PROGETTO**

#### **VITI E DADI**

<b>PZ</b>	<b>MISURE</b>
4	3 x 18 mm
4	3.5 x 16 mm
4	3 x 35 mm
4	3 x 28 mm
8	6 x 18 mm
16	6 x 14 mm
4	3 x 28 mm
8	8 x 12 mm
32	6 x 14 mm
8 dadi	6 x 14

#### **ANELLI FINE CORSA**

<b>PZ</b>	<b>MISURE</b>
16	40 x 50 mm
12	20 x 50 mm

#### **GIUNTI TUBOLARI A T**

<b>PZ</b>	<b>MISURE</b>
4	diametro orizzontale 40, diametro verticale 20 mm

#### **PERNI RIVESTITI CON PP MANOPOLA**

<b>PZ</b>	<b>MISURE</b>
4	diametro 8, lunghezza 10 mm

## **SENSORI E CIRCUITI INTEGRATI**

**LIPO**

**LED FASCIA 6 ROSSO 5MM**

**LED FASCIA 6 VERDE 5MM**

**LED CIRCOLARE piatto diametro 18 mm bianco**

**VENTOLA**

**RADIATORE**

**GPS**

**CAM 360**

**CAM NDVI**

**LIDAR**

**EC**

**FC**

**ESC**

**CPU**

## **IDRAULICA**

**Nebluizzatori**

**Tank 22 L**

**Pompa**

**tubi**

## **MOTORI**

**8 MOTORI**

## **ELICHE**

**28"**

## **COMPONENTI PROGETTATE SU MISURA PER AGRICOPTER**

### **ELETTRONICA**

**STACK switch 4 to 8 ESC OUTPUT**

### **STAMPI CARBONIO FORGIATO**

**4 BRACCI TELAIO**

**4 BRACCI UNITA PROPULSIVE**

### **PIASTRE IN FIBRA DI CARBONIO O ESTRUSI**

**1 PIASTRA SUPPORTO TANK 3 MM SPESSORE**

**4 TUBOLARI ESTRUSI diametro 20 mm con boccola filettata**

### **STAMPI ALLUMINIO**

**1 MAINFRAME**

**4 GIUNTI A 4 VIE PROPULSIONE**

**8 MASCHI PLUG AND PLY MOTOR**

**8 FEMMINE PLUG AND PLAY MOTOR**

**8 FLANGE TUBO MOTORE**

### **STAMPI trasparente**

**1 vetro protettivo CAM NDVI**

**4 VETRINI LED**

**8 FASCE LED 4/RED 4/GREEN**

## **STAMPI PP**

**1 SCOCCA SUPERIORE MAINFRAME**

**1 SCOCCA INFERIORE MAINFRAME**

**4 SCOCCA LED LATERALI SEGNALAZIONE**

**1 CASE LIPO**

**1 COVER CASE LIPO**

**1 CAM NDVI CASE**

**COVER GIUNTO PROPULSIVO**

**3 parti**

**8 maschi connettori 3 fase motore brushless + led output**

**tappo connettore supporto richiudibile 4pz**

**asta per braccio richiudibile 4pz**

## **STAMPI SILICONE**

**1 COPERTURA BINARIO 8PZ**

**1 COPERTURA FORO SEDE GIUNTO 4 VIE 16PZ**



