

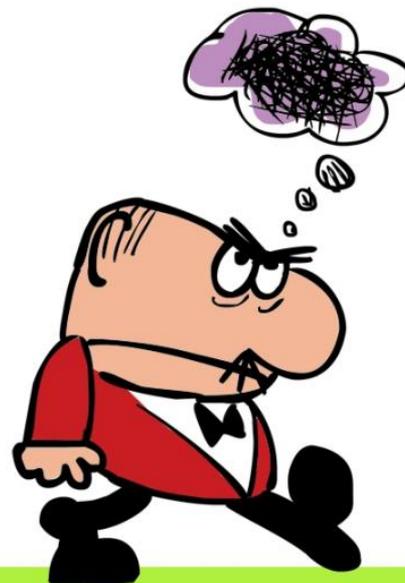
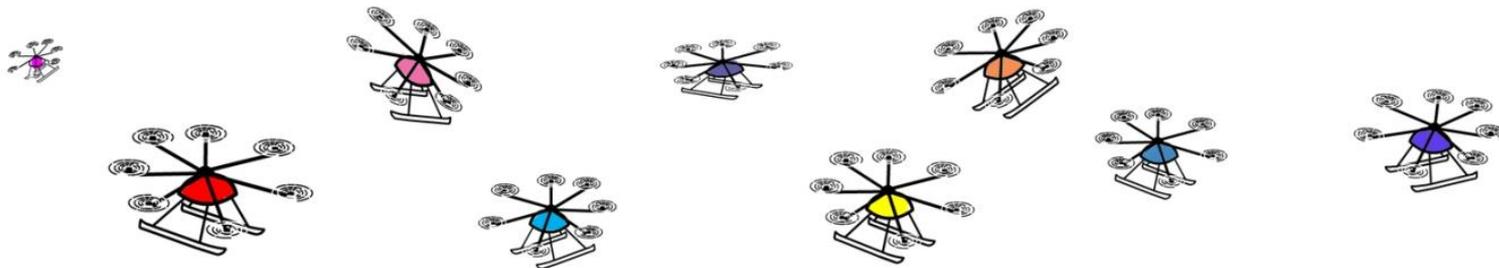
Seminario di aggiornamento professionale:  
«Il Drone per Rilievi di piccola e media entità»





OOOHHH !  
FINALMENTE POSSIEDO  
UN OGGETTO UNICO  
E PREZIOSO !



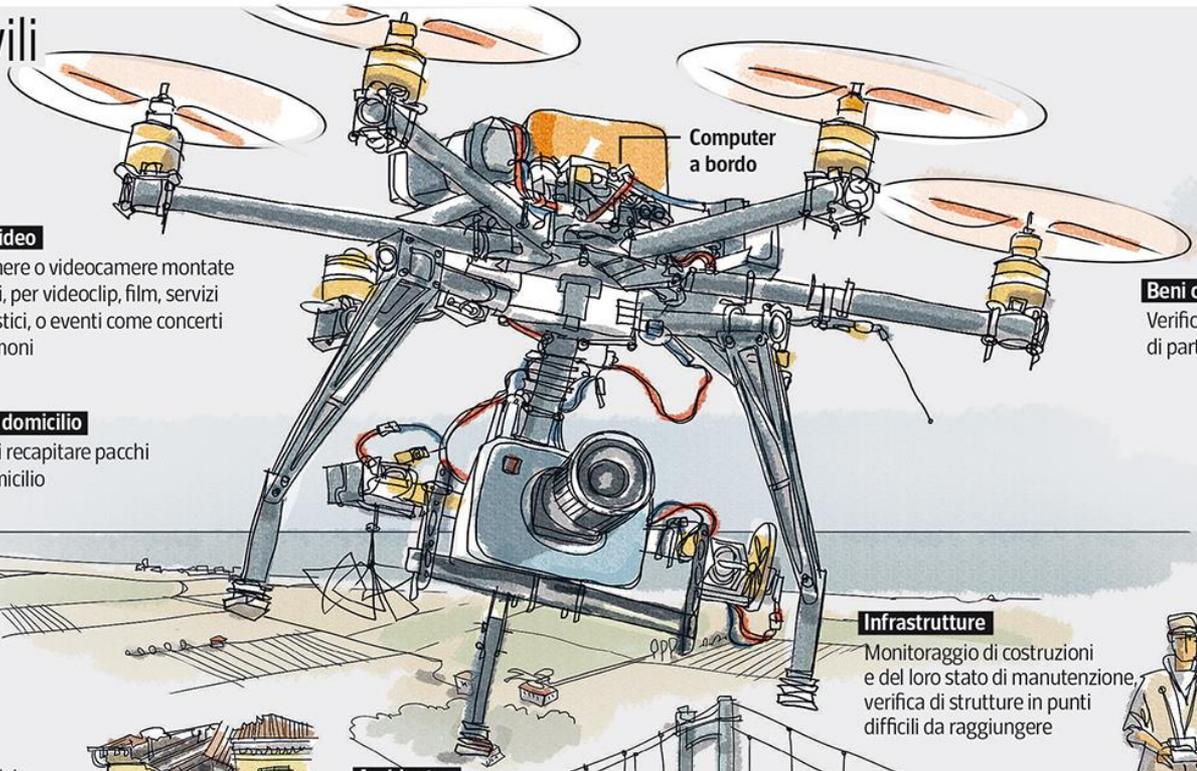


Bruno Bonetto

# Quali sono i campi di applicazione?

## I possibili utilizzi civili

Il drone è definito anche Apr  
(Aeromobile a pilotaggio remoto)



### Foto e video

Fotocamere o videocamere montate sui droni, per videoclip, film, servizi giornalistici, o eventi come concerti o matrimoni



### Consegne a domicilio

Possibilità di recapitare pacchi o altro a domicilio



### Agricoltura

Controllo costante dei campi, raccolta dati per ottimizzare le colture



### Ambiente

Verifica sul dissesto idrogeologico, o sui danni provocati da catastrofi naturali



Computer a bordo

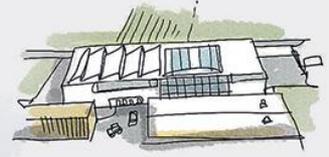
### Beni culturali

Verifica di siti archeologici o di luoghi di particolare pregio storico e ambientale



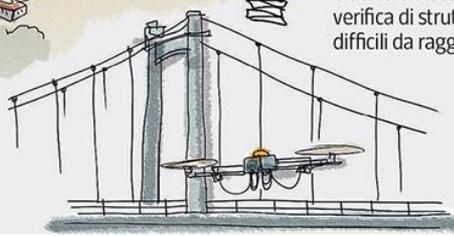
### Sorveglianza

Controllo di abitazioni private o insediamenti produttivi

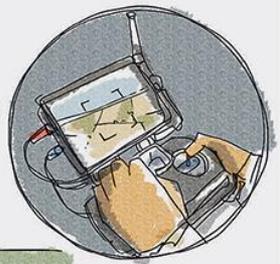


### Infrastrutture

Monitoraggio di costruzioni e del loro stato di manutenzione, verifica di strutture in punti difficili da raggiungere



Controllo da terra



# Aeromodello o SAPR ?

Dipende, in gran parte, dall'uso che se ne fa.

## Aeromodello

---

Utilizzato solo a scopi *ricreativi* o *sportivi*

---

### Per i piloti di Aeromodelli

- *Anche minorenni;*
- *No attestato o visite mediche;*
- *No assicurazione (low cost se hobby);*

## SAPR

(Sistemi aeromobili a pilotaggio remoto)

---

Utilizzato per tutti gli altri scopi come ad esempio *lavoro, ricerca...*

---

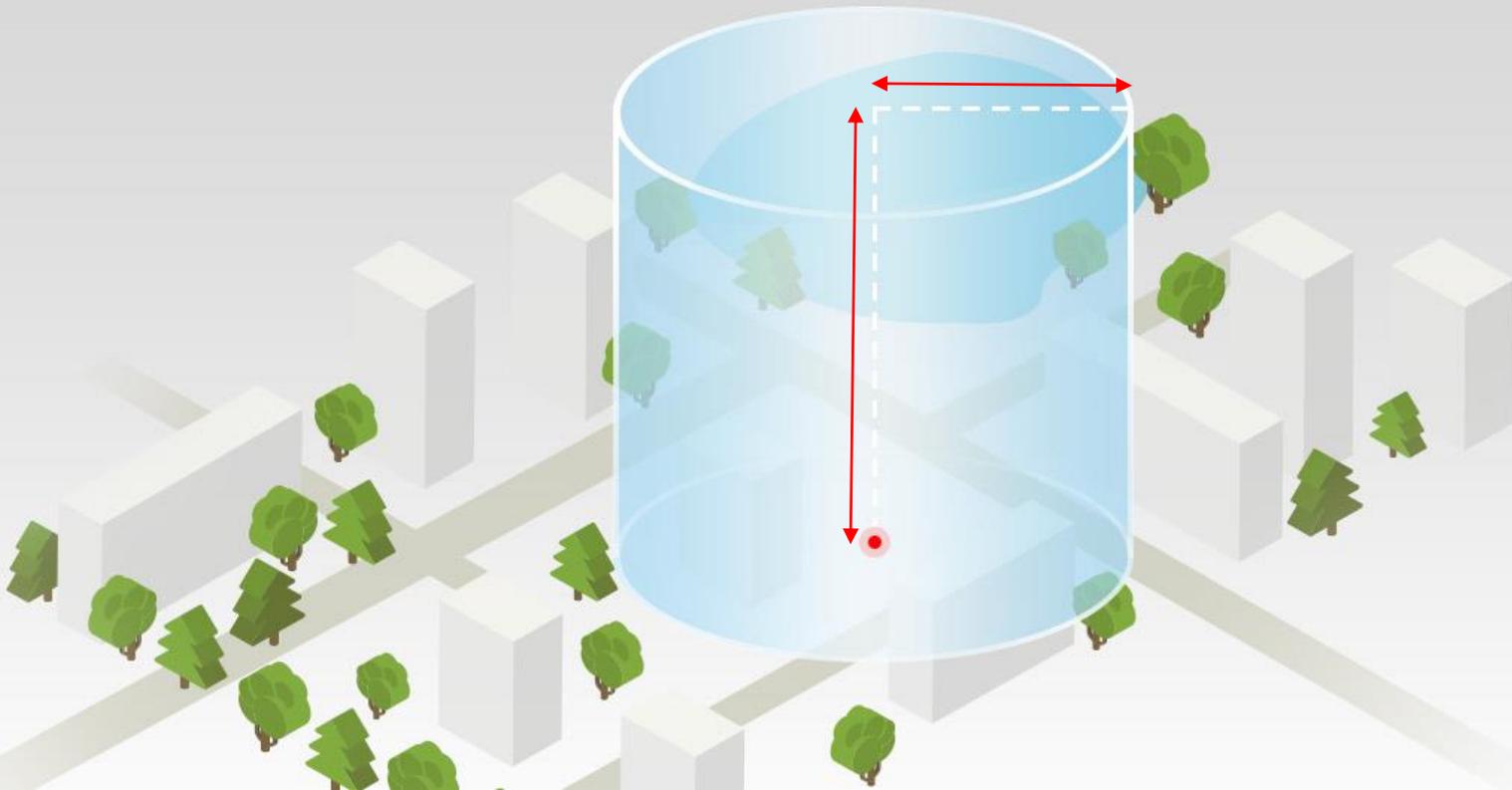
### Per i piloti di SAPR

- Solo maggiorenni;
- Attestato di pilota (patentino);
- Visita medica aeronautica;
- Certificato di operatore

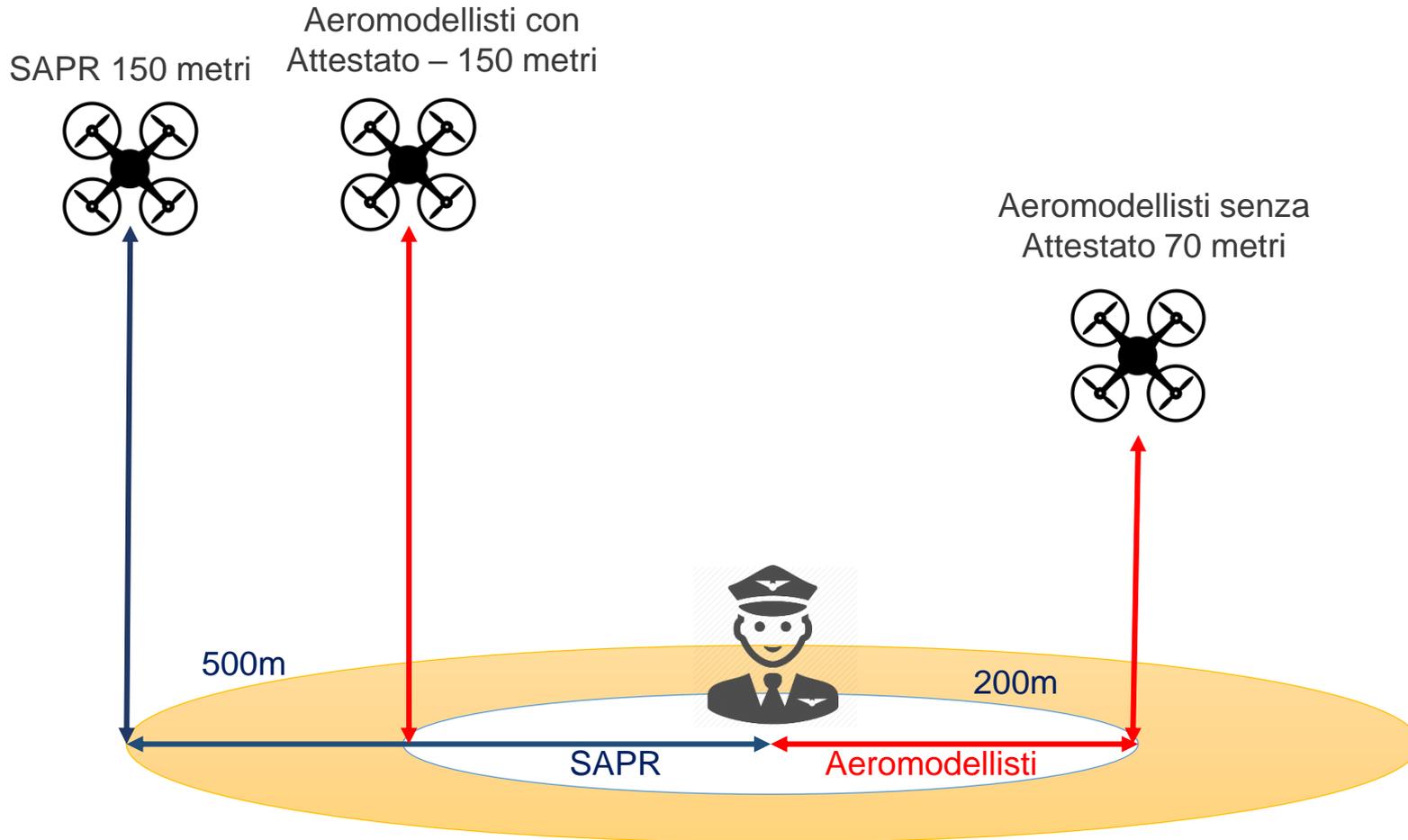
# Dove può volare un aeromodello?

## Spazio aereo V70

- $R \leq 200\text{m}$
- $H \leq 70\text{m}$

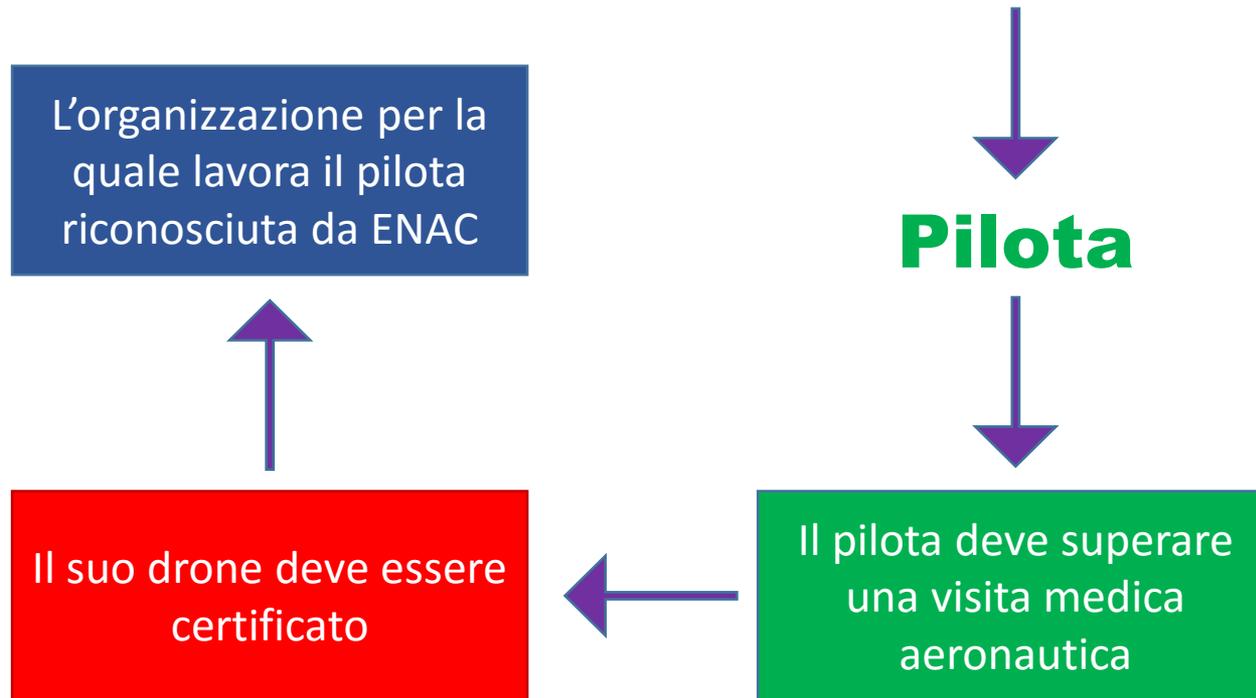


# Differenze sostanziali...



# Lavorare con il Drone

Un drone utilizzato per lavoro è un aeromobile.



# Critiche o non Critiche?

**OPERAZIONI SPECIALIZZATE**  
**NON CRITICHE**



**DICHIARAZIONE DI RISPONDEZZA**



**OPERATORE** si assume la responsabilità di quello che ha dichiarato e di aver verificato che i **PILOTI** abbiano le qualifiche previste

**OPERAZIONI SPECIALIZZATE**  
**CRITICHE**



**AUTORITA' ANALIZZA QUELLO CHE E' STATO DICHIARATO**



Se è tutto ok autorizza sia **OPERATORE** che **PILOTI**

# Il percorso nel dettaglio

## Cosa andremo a considerare?

- APR con peso < di 25Kg
- Costruttore senza certificato per SAPR
- Nessuna attività sperimentale post-produzione

Vediamo ora quali sono i passi da seguire

# Ecco l'iter



\* per operazioni specializzate (lavoro aereo) con APR di massa inferiore ai 25 kg in condizioni VLOS.

# 1) Acquisto

In base alla massa operativa al decollo si possono distinguere le seguenti categorie di APR (Aeromobile a pilotaggio remoto):



Categoria	Micro APR	Very small APR	Small APR
Massa operativa al decollo	$\leq 0,3$ kg	$\leq 2$ kg	$< 25$ kg

# 2) Certificato medico e Attestato di Pilota di APR

Per poter lavorare con il drone dovrai:



**Essere in possesso di certificato medico LAPL (o superiore).**

Il certificato medico viene rilasciato da un centro aeromedico (AeMC) o da un Esaminatore Aeromedico (AME) autorizzato da ENAC.

**Essere in possesso di un Attestato di Pilota di APR**

L'Attestato è rilasciato da un Centro di Addestramento APR approvato ENAC dopo aver acquisito e aver dimostrato le necessarie competenze e capacità.

**NOTA:** L'attestato non è richiesto per gli APR appartenenti alla categoria "micro" e con velocità massima  $\leq 60$  km/h!



## 2) Certificato medico e Attestato di Pilota di APR

**L'Attestato si ottiene completando con esito positivo il seguente iter addestrativo:**

Centro di Addestramento APR approvato ENAC



**L'Attestato di Pilota APR consente di condurre APR con massa operativa al decollo inferiore ai 25 kg in condizioni VLOS.**

# 3) Attività sperimentale propedeutica

L'attività sperimentale è finalizzata a *determinare nell'ambito di quali condizioni e limitazioni le operazioni specializzate (lavoro aereo) possono essere condotte in sicurezza*. Essa serve a determinare le caratteristiche, le limitazioni e le prestazioni del drone, oltre che a validare le procedure da adottare in condizioni normali e di emergenza.



- **Manovrabilità;**
- **Sistema di comando e controllo;**
- **Prestazioni;**
- **Modalità di operazione manuale e automatica;**
- **Capacità di navigazione;**
- **Determinazione dei limiti VLOS;**
- **Use ed efficienza dei sistemi di recupero/interruzione del volo**

### 3) Attività sperimentale propedeutica

Solo **a titolo esemplificativo** ecco una serie di prove da effettuare per caratterizzare un drone:



#### PROVE STATICHE

SPINTA STATICA MASSIMA  
POSIZIONE DEL BARICENTRO  
ASSORBIMENTO DI CORRENTE  
TENSIONE MASSIMA DEL CAVO DI SICUREZZA  
DIMENSIONE ZONA DI BUFFER

#### PROVE DINAMICHE

PESO MASSIMA AL DECOLLO  
MASSIMA VELOCITA' DI DISCESA  
MASSIMA VELOCITA' DI VOLO  
MASSIMA AUTONOMIA ORARIA  
PERDITA DI SEGNALE CONTROLLATA  
QUOTA DI TANGENZA

## 4) Predisposizione reportistica e manualistica

Al termine dell'attività sperimentale è necessario predisporre la seguente reportistica e documentazione:

- **Le prove consuntive;**  
*(flight test report)*
- **Il manuale di volo;**  
*(flight manual)*
- **La configurazione del sistema;**
- **Analisi del rischio;**  
*(safety risk assessment)*
- **Programma di manutenzione;**  
*(maintenance programme)*
- **Manuale delle operazioni;**  
*(Operations Manual)*



# 4) Predisposizione reportistica e manualistica

- Modulo ENAC limitazioni;
- Dichiarazione ENAC;  
*(per le operazioni specializzate non critiche o la domanda di rilascio autorizzazione ENAC per le operazioni specializzate critiche)*



Marca da Bollo

### Dichiarazione di Rispondenza al Regolamento ENAC per operazioni specializzate non critiche

Il sottoscritto/a ..... (Indicare il nominativo)  
nato/a a ..... (Indicare il luogo)  
residente a ..... Prov. ( ) CAP .....  
in via ..... n. ....  
e-mail ..... Tel. ....  
CF .....  
in qualità di ..... (Indicare la funzione e la posizione) .....  
avente sede legale in ..... Prov. ( ) CAP .....  
in via ..... n. ....  
e-mail .....  
con partita IVA ..... o CF .....  
allo scopo di effettuare Operazioni Specializzate non critiche  
per ..... (Indicare la destinazione delle operazioni nel caso di operazioni specializzate)  
nell'area identificata e nel volume di spazio aereo .....  
(Indicare la descrizione geografica e le coordinate di arrivo)  
nell'ambito delle condizioni e limitazioni .....  
con il SAPR costruttore e tipo ..... n. di costruzione .....  
avente, per altro uso, con Partita IVA ..... (Indicare il payload) di ..... kg. in possesso di  
Certificazione di Navigabilità su .....  
**Dichiaro**  
- di essere in possesso del Regolamento ENAC "Mezzi Aerei a Pilotaggio Remoto";  
- di aver dichiarato che le operazioni sopra identificate possono essere condotte in sicurezza nell'ambito delle condizioni e limitazioni sopra indicate e, a tale scopo, allego il documento predisposto;  
- di aver installato la targhetta identificativa come richiesta dal Regolamento (Art. 8.2);  
- di essere consapevole che, ai sensi dell'art. 13 del D.Lgs. 30/6/2003 No. 196 (Codice in materia di protezione dei dati personali), i dati di cui alla presente dichiarazione, prescritti dalle vigenti disposizioni sono necessari ai fini del procedimento oggetto della dichiarazione e verranno utilizzati esclusivamente a tale scopo, anche con l'ausilio di strumenti informatici;  
SAPR FORM - Dichiarazione Rispondenza Documento aggiornato al 20 novembre 2014

Marca da Bollo

### Domanda di rilascio Autorizzazione

per Operazioni Specializzate per SAPR < 25kg  
 per Operazioni Specializzate Critiche per SAPR < 55kg  
 per Attività Sperimentale per Ricerca e Sviluppo

Operatore<sup>1</sup> .....  
Pilota<sup>2</sup> ..... Proprietario<sup>3</sup> .....  
Costruttore e Tipo di SAPR ..... Numero di identificazione .....  
Descrizione .....  
Area di Operazioni<sup>4</sup> .....  
Tipologia operazioni specializzate. Rit. ....  
Dato previsto per il volo<sup>5</sup> e durata .....  
Configurazione del SAPR .....  
Rit. Documento .....  
Rit. Certificato di Tipo ..... P.d.V./C.E.N. ....  
Condizioni e Limitazioni .....  
Rit. ..... Rit. Manuale di Volo ..... Rit. Manuale Operazioni .....  
Allegati:  
 Bianco discusso ai fini .....  
 Notizi, e richiesta di Notizi .....  
 Altro .....  
Il sottoscritto si impegna a comunicare all'ENAC, nel rispetto del Regolamento, tutti gli eventi che si verificano durante l'attività di volo, quando presente .....  
Data .....  
Firma .....  
<sup>1</sup> Nome, Cognome o Identificazione Società - Indirizzo, Tel. Mail - Codice Fiscale/Partita IVA  
<sup>2</sup> Nominativo o Rit. al Manuale delle Operazioni che gestisce qualificazione e procedure d'impiego.  
<sup>3</sup> Se diverso dall'Operatore specificare: Nome, Cognome o Identificazione Società - Indirizzo, Tel. Mail - Codice Fiscale/Partita IVA.  
<sup>4</sup> Identificazione spaziale dell'area o locazione geografica (latitudine, longitudine, coordinate o riferimenti al documento)  
SAPR FORM - Documento Autorizzazione NOVEMBRE 2014

# Riassunto reportistica e manualistica richiesta



	Micro APR (M ≤ 0,3 kg)	Very small APR (M ≤ 2 kg)	Small APR (M < 25 kg)
Consuntiva prove	●	●	●
Manuale di volo	●	●	●
Documento “configurazione SAPR”	●	●	●
Analisi di rischio	●	●	●
Programma di manutenzione	●	●	●
Manuale delle operazioni	-	-	●
Modulo ENAC limitazioni (applicabile nel caso di dichiarazione ENAC)	●	●	●
Dichiarazione o autorizzazione ENAC (come applicabile)	●	●	●

# Vantaggi di avere un drone con 'documentazione'



con servizio  
Riconoscimento ENAC



	Drone non caratterizzato	Drone APRFT	Drone APRFT + servizio "Riconoscimento ENAC"
Manuale di volo	-	●	●
Manuale di manutenzione	-	●	●
Documento "configurazione SAPR"	-	●	●
Flight test report	-	●	●
Analisi di rischio	-	-	●
Manuale delle operazioni	-	-	●
Modulo ENAC limitazioni (applicabile nel caso di dichiarazione ENAC)	-	-	●
Dichiarazione o autorizzazione ENAC (come applicabile)	-	-	●
Tempo necessario per ottenere il riconoscimento ENAC	LUNGO	MEDIO	BREVE

# 5) Presentazione dichiarazione di rispondenza o della domanda di rilascio autorizzazione ad ENAC

Una volta predisposta tutta la reportistica e documentazione richiesta (vedi punto 4) non resta che inviarla ad ENAC tramite Posta Elettronica Certificata (PEC). Se la documentazione presentata sarà conforme ai requisiti, il proprio nome verrà pubblicato da ENAC nella lista degli Operatori Riconosciuti sulla base della dichiarazione o domanda di autorizzazione presentata (come applicabile). In quest'ultimo caso è rilasciata anche un'autorizzazione.



Direzione Regolazione Navigabilità

## Elenco delle Dichiarazioni rese dagli Operatori SAPR per Operazioni Specializzate non Critiche ai sensi degli artt. 75 e 76 del D.P.R. 445/2000

Rif. ENAC	Data Informativa	Dichiarazione Rif.	Dati Operatore		Dati SAPR		Note
			Nome Indirizzo e-mail Telefono	Costruttore Tipo MTOM	S/N APR S/N SPR S/N Flight Controller		
5015	21/07/15	N.APRFT-NCOPS-INSPIRE1-002 DEL 30/06/15	APRFLYTECH SRLS VIA NIGRA 2 20037 PADERNO DUGNANO (MI) <a href="mailto:info@aprflytech.it">info@aprflytech.it</a> 0291089140	APRFT INSPIRE 1 2,9 kg	DA 002 A 050	VOLI POST PRODUZIONE	



## 6) Assicurazioni e Verifiche

Prima di intraprendere l'attività ricordati di:

- **Stipulare un'assicurazione** concernente la responsabilità verso terzi, adeguata allo scopo e non inferiore ai massimali minimi di cui al Regolamento (CE) 785/2004 (circa 800 mila euro per APR con massa operativa al decollo inferiore ai 25 kg);
- **Verificare che** nell'area delle operazioni non esistano divieti o restrizioni emessi dai diversi enti come riportato nell'AIP;
- **Verificare che** le operazioni che intendi effettuare rientrino nelle condizioni e limitazioni della dichiarazione o autorizzazione ENAC;

# Basta l'autocertificazione

**Il principale vantaggio dell'operazione specializzata non critica è che non è necessaria l'autorizzazione ENAC ma basta una dichiarazione che il volo sarà svolto rispettando il regolamento e presentando l'analisi del rischio. Inoltre, per il non critico, non è necessario che il drone abbia sistemi di terminazione del volo d'emergenza o cavi di ritenuta.**



# ROADMAP REGOLAMENTO ENAC



# Introduzione ai lavori

In questo incontro vedremo un paio di esempi di rilievi reali eseguiti con l'ausilio del drone.

Saranno mostrate le metodologie e i singoli passaggi per ottenere una ricostruzione 3D perfettamente in scala del terreno, partendo dalle immagini fotografiche scattate in volo da un quadricottero.



# Definizioni

## **DRONE :**

Velivolo privo di pilota e comandato a distanza, usato generalmente per operazioni di ricognizione e sorveglianza, oltre che di disturbo e inganno nella guerra elettronica; è indicato anche con la sigla RPV, dalle lettere iniziali dell'ingl. Remotely Piloted Vehicle «veicolo guidato a distanza».



*(Drone utilizzato negli esempi trattati)*

# La Fotocamera

Per le operazioni di rilievo il drone deve essere dotato di apparecchiatura fotografica (**fotocamera digitale**) di discreta qualità.

## Devono essere noti:

- **Parametri dell'ottica;**  
(lunghezza o distanza focale, lunghezza focale equivalente, angolo di vista o di ripresa)
- **Risoluzione del CCD;**  
(sensore digitale)

La fotocamera deve essere montata su un supporto mobile stabilizzato dotato di giunti cardanici sui 3 assi (**gimball**) e deve avere **l'obiettivo puntato verso il basso** con direzione ortogonale al terreno.

# Fotocamera usata negli esempi



**Fotocamera usata:**  
Risoluzione 12 MP  
(4000 x 3000)

**Lunghezza focale**  
equivalente riferita al  
formato 135 pari a 20  
mm

(lunghezza focale effettiva è  
di 4 mm)

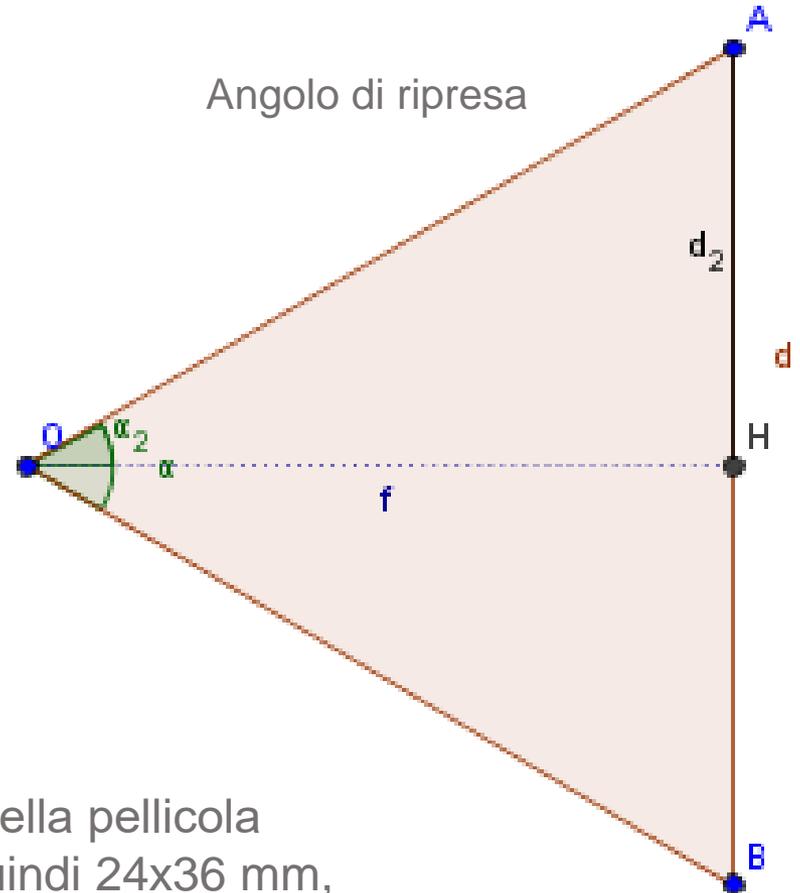
# Area coperta dalla singola foto

Incognita :  $\alpha$

Se non conosciamo l'angolo di campo lo calcoliamo così:

$$\alpha = 2 * \text{atan}(d_2/f)$$

Dove  $d_2$  è la metà della diagonale dell'area della pellicola o del sensore (utilizzando lo standard 135, quindi 24x36 mm,  $d_2=21.63\text{mm}$ ) e  $f$  la distanza focale



# Area coperta dalla singola foto

In questa fotocamera  
abbiamo:



$$\alpha = 2 * \text{atan}(21,63/20) = 104.98 \text{ gon } (94,48 \text{ deg})$$

(rappresenta l'angolo di ripresa della diagonale della foto)

# Area di ripresa

Per valutare l'area di ripresa a terra è necessario stabilire una quota di volo del drone.

Negli esempi che seguiranno abbiamo fatto volare il drone ad una altitudine di circa **40 mt**, per cui la misura della diagonale a terra risulta :

$$\text{Diagonale} = 40 \times \tan (\alpha/2) \times 2 = 86,51 \text{ mt}$$

Considerando che il rapporto del sensore è 4/3 (4000x3000) si ricavano le dimensioni dell'area di ripresa a terra da una quota di 40 mt, ovvero:

$$\text{Lato maggiore} = 4 \times \text{diag} / 5 = 69.21 \text{ mt}$$

$$\text{Lato minore} = 3 \times \text{diag} / 5 = 51.91 \text{ mt}$$

# Programmazione del volo

Per i rilievi trattati in questa conferenza (piccola e media estensione) è auspicabile avere una buona risoluzione della nuvola di punti finale per cui è utile lavorare ad altitudini non troppo elevate.

Come ordine di grandezza possono andare bene altitudini comprese tra i 30 e 50 metri (negli esempi che seguiranno si è volato a 40 mt.).

Più aumenta l'altitudine più diminuisce la risoluzione delle foto e il conseguente livello di dettaglio della nuvola di punti.

# Programmazione del volo

Una volta stabilita la quota possiamo calcolare le dimensioni dell'area di ripresa a terra (come visto prima).

**Per l'acquisizione dei dati fotografici esistono 2 modalità:**

- 1) **Modalità automatica attraverso l'utilizzo dei waypoints.**
- 2) **Modalità manuale con acquisizione visiva delle foto da utilizzare.**

Per una corretta restituzione del modello 3D è **necessario che i fotogrammi presi in sequenza abbiano almeno metà dell'area ripresa sovrapposta** tra loro (meglio qualcosa in più).

# Preparare la missione di volo

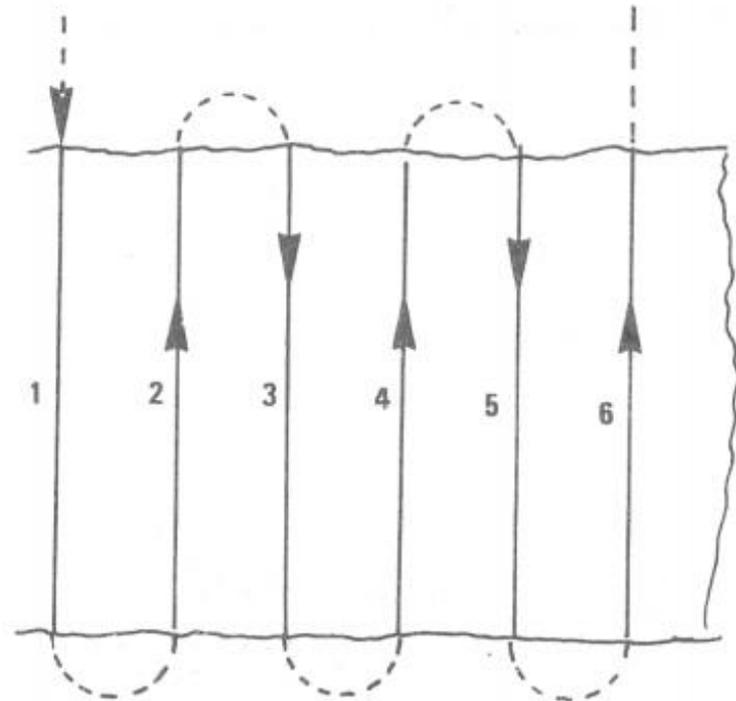
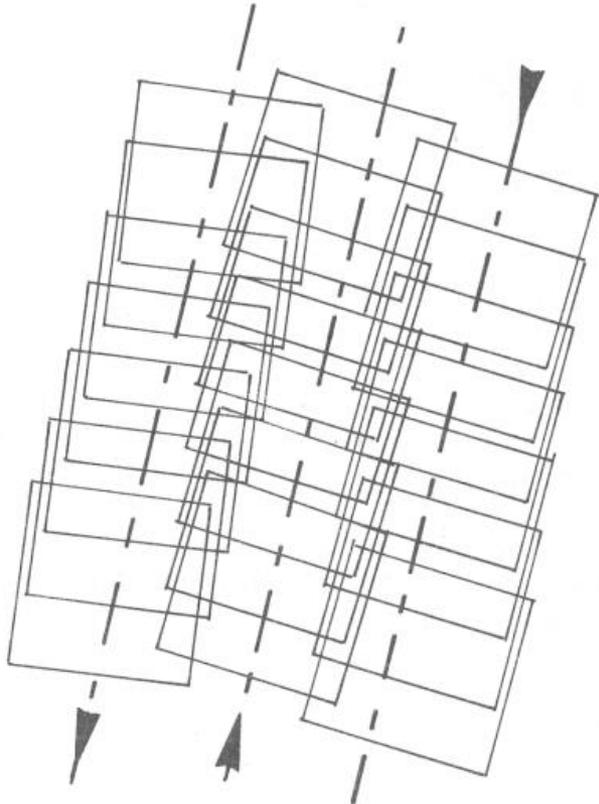
Una volta individuata la zona da rilevare è utile determinare preventivamente le dimensioni approssimate della stessa anche attraverso le immagini satellitari messe a disposizione dalla rete Google o Bing (Thopos Mappe).

Le foto che andremo a scattare devono coprire l'intera area e essere tra loro sovrapposte per almeno il 60 %.

Per ottenere questo il drone dovrà procedere a "zig.zag" fino a coprire l'intera area ovvero eseguire le cosiddette "strisciate" tra loro staccate di una determinata misura.

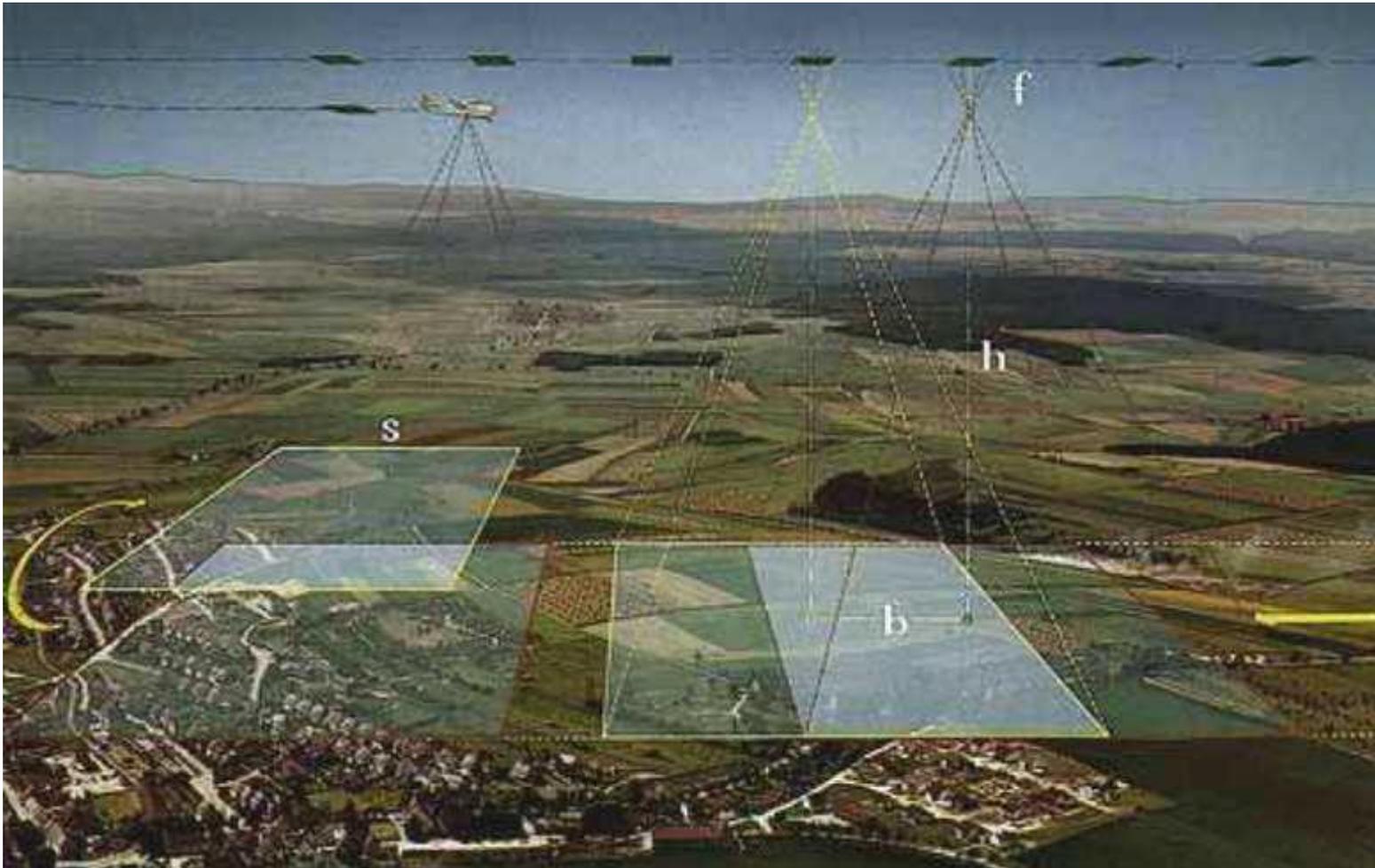
# Preparare la missione di volo

Per stabilire la distanza tra le varie strisciate è sufficiente conoscere **il lato del fotogramma a terra ortogonale alla direzione di volo** (di solito il lato maggiore) e **ridurlo di circa il 20/25 %** per garantire anche lungo le strisciate delle zone di sovrapposizione. Nel nostro caso **il lato maggiore è largo 69.21 mt** per cui, tenendo conto delle opportune approssimazioni che il volo comporta, si può facilmente stabilire una distanza di **50-55 mt. tra le strisciate**.



# Preparare la missione di volo

Lungo la direzione di volo il drone procede a **velocità costante** ed esegue delle **foto con una temporizzazione stabilita**.



# Preparare la missione di volo

E' utile non esagerare con la velocità di volo (maggiore è la velocità maggiori sono le approssimazioni e minore sarà la qualità delle foto).

La velocità di volo è in genere proporzionata alla quota, per questo tipo di rilievi si può applicare una regola empirica che stabilisce 1 m/s di velocità ogni 10 mt di quota.

**Per cui, volando a 40 mt. di quota si può far avanzare il drone alla velocità di 4 m/s.**

# Preparare la missione di volo

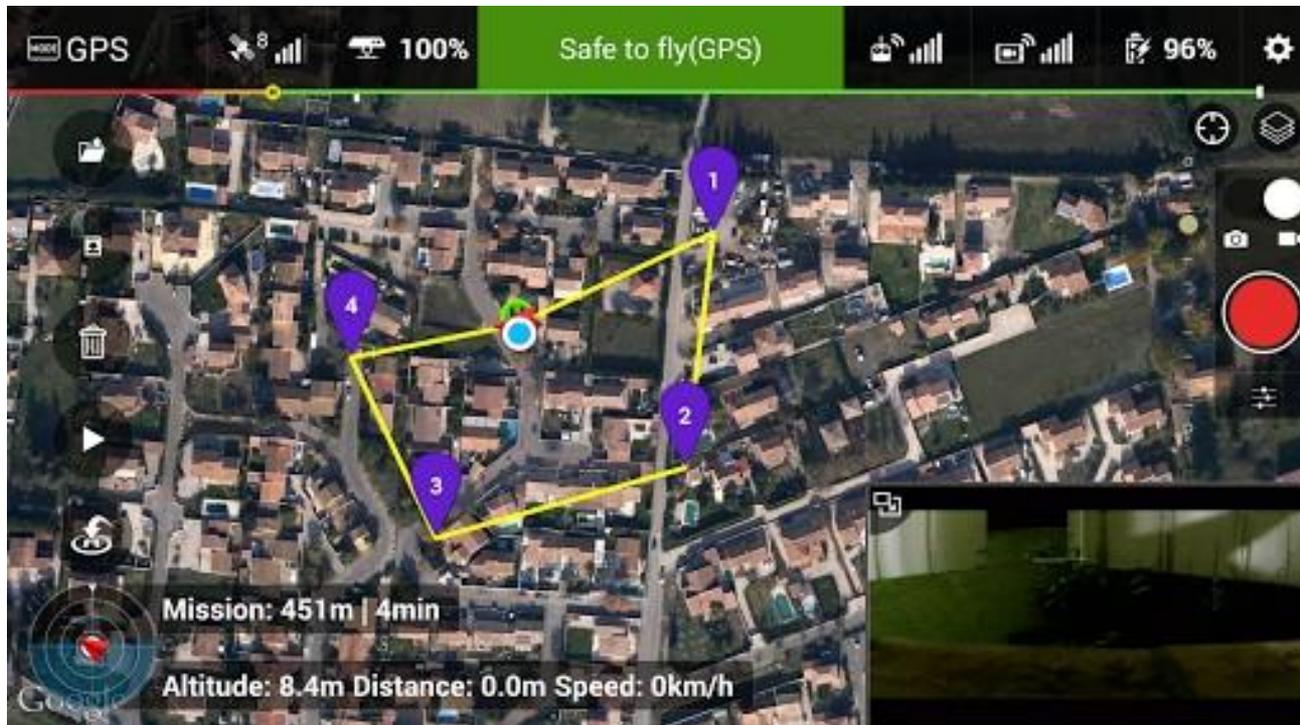
**Una volta definita la velocità il calcolo della temporizzazione degli scatti è immediata:**

Il lato a terra misura 51.91 mt, dobbiamo garantire una sovrapposizione del 60 % per cui il drone dovrà avanzare del 40% della lunghezza, ovvero 20.76 mt.

**Viaggiando a 4 m/s ci impiega 5.19 secondi a percorrere tale distanza per cui si può facilmente impostare un intervallo di scatto tra 2 foto di 5 secondi**

# Preparare la missione di volo

Se si utilizza il metodo automatico di **rilievo tramite i waypoints** allora si imposterà nel software di gestione del drone i parametri appena calcolati (o li calcola automaticamente il software) e si avvierà la missione (in questo caso è necessario un buon segnale GPS per consentire al drone di posizionarsi correttamente lungo le strisciate).



# Preparare la missione di volo

Se si decide di eseguire il rilievo in manuale bisognerà **scattare le foto manualmente** basandosi sui dati di telemetria trasmessi dal drone (velocità, quota, ecc...).

