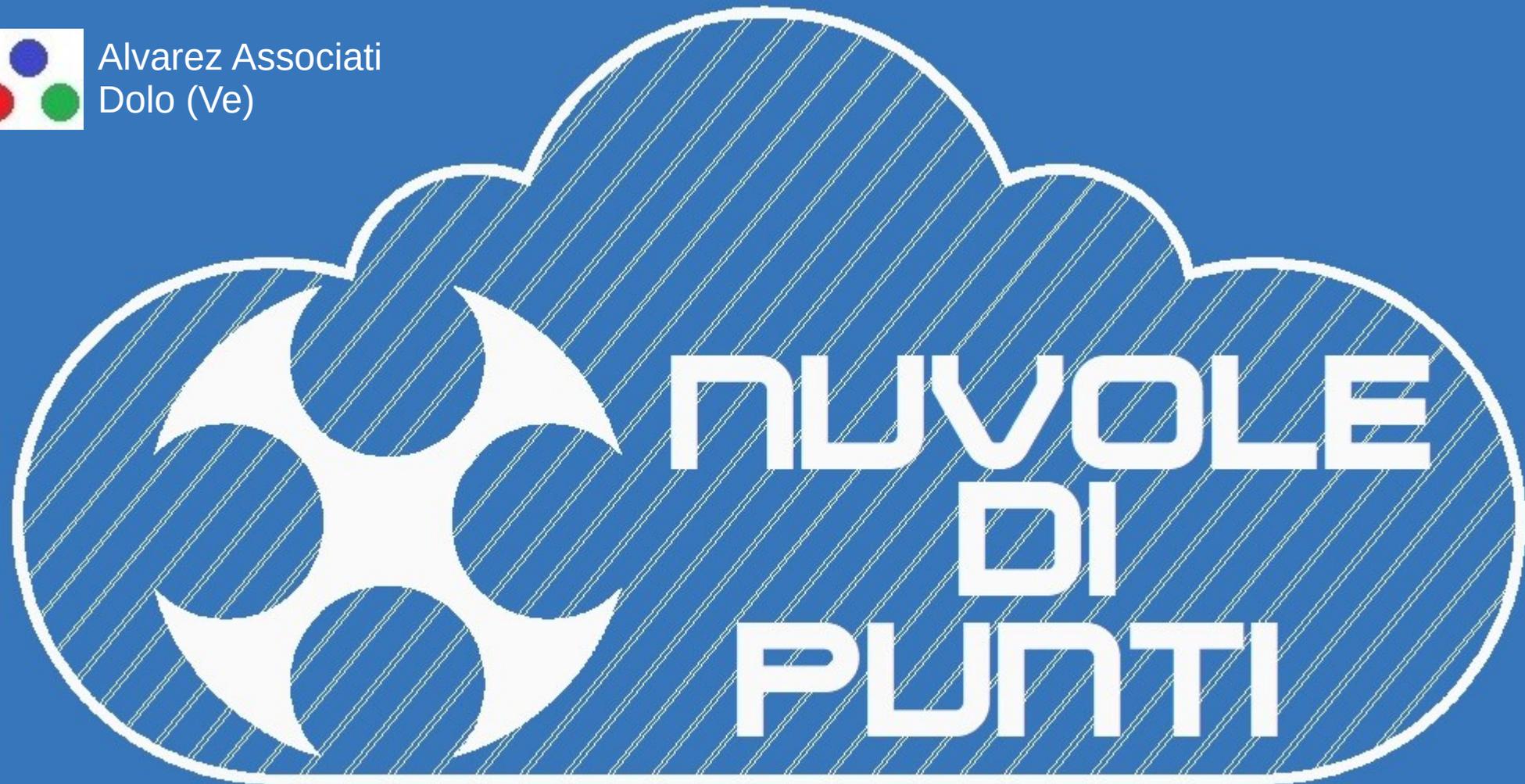




Alvarez Associati
Dolo (Ve)



TOPOGRAFIA DA DRONE

Cos'è l'aereofotogrammetria (fotogrammetria)?

È un metodo di rilevamento ottenuto tramite lo scatto di fotografie eseguite da aerei e ora anche da satelliti, droni, ecc.

Viene definito “rilievo passivo”.

Infatti l'oggetto del rilievo non viene misurato in modo diretto come succede con una Stazione Totale o con il GPS ma viene “ricostruito” a seguito di elaborazioni.

TOPOGRAFIA DA DRONE

Prima di iniziare a parlare di fotogrammetria bisogna puntualizzare subito che non può esistere questa disciplina se non viene vincolata in modo rigoroso ad un rilievo topografico di precisione.

**Non può esistere la fotogrammetria
senza punti rilevati a terra!**

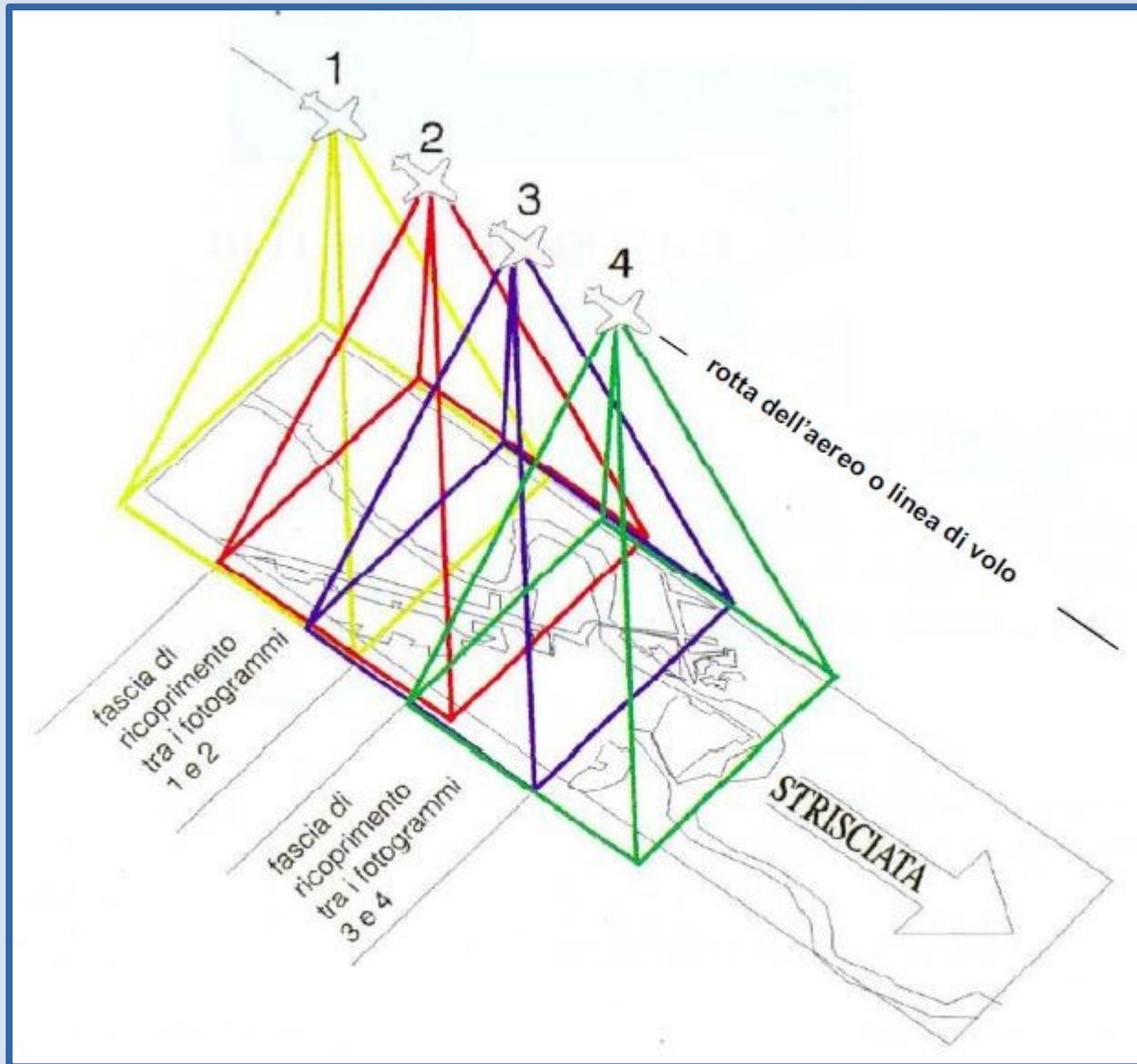
TOPOGRAFIA DA DRONE

Questo sistema si diffonde negli anni '50 e consente di trasformare le informazioni fotografiche in dati 3D.

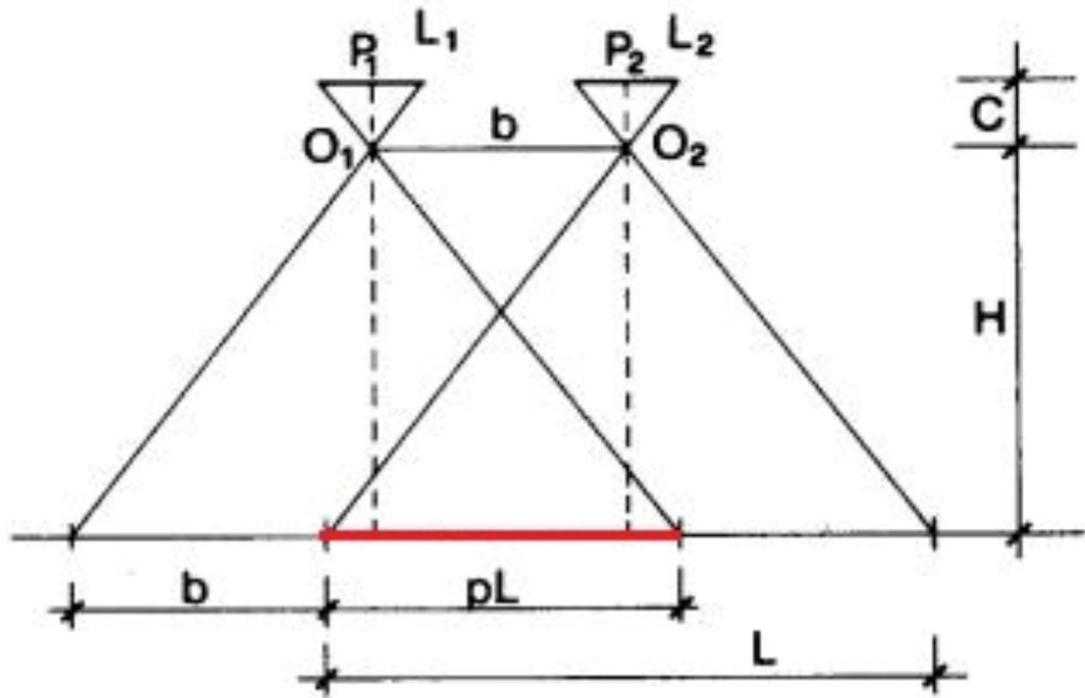
Utilizzato moltissimo dalle Regioni per la formazione della cartografia CTR alla scala 1:5000 e 1:10000.

La teoria che sta alla base della fotogrammetria è quella della ripresa stereofonica cioè la necessità di riprendere lo stesso soggetto da almeno 2 punti di vista.

TOPOGRAFIA DA DRONE

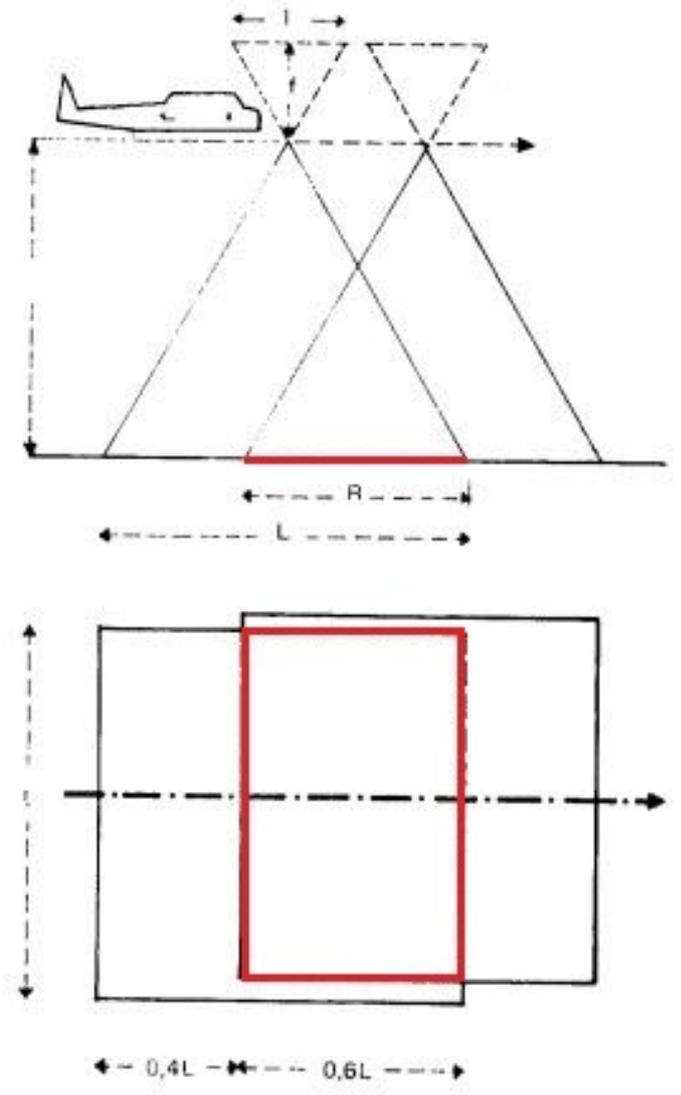


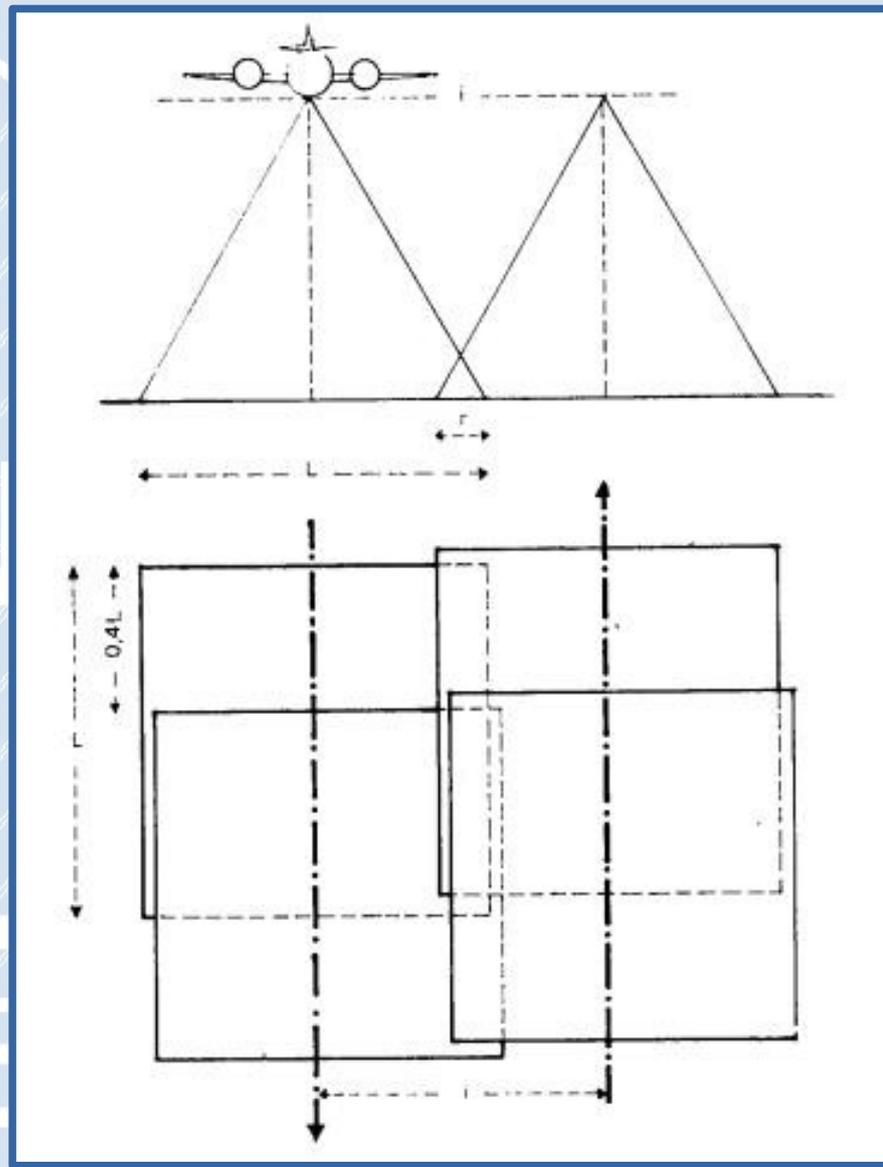
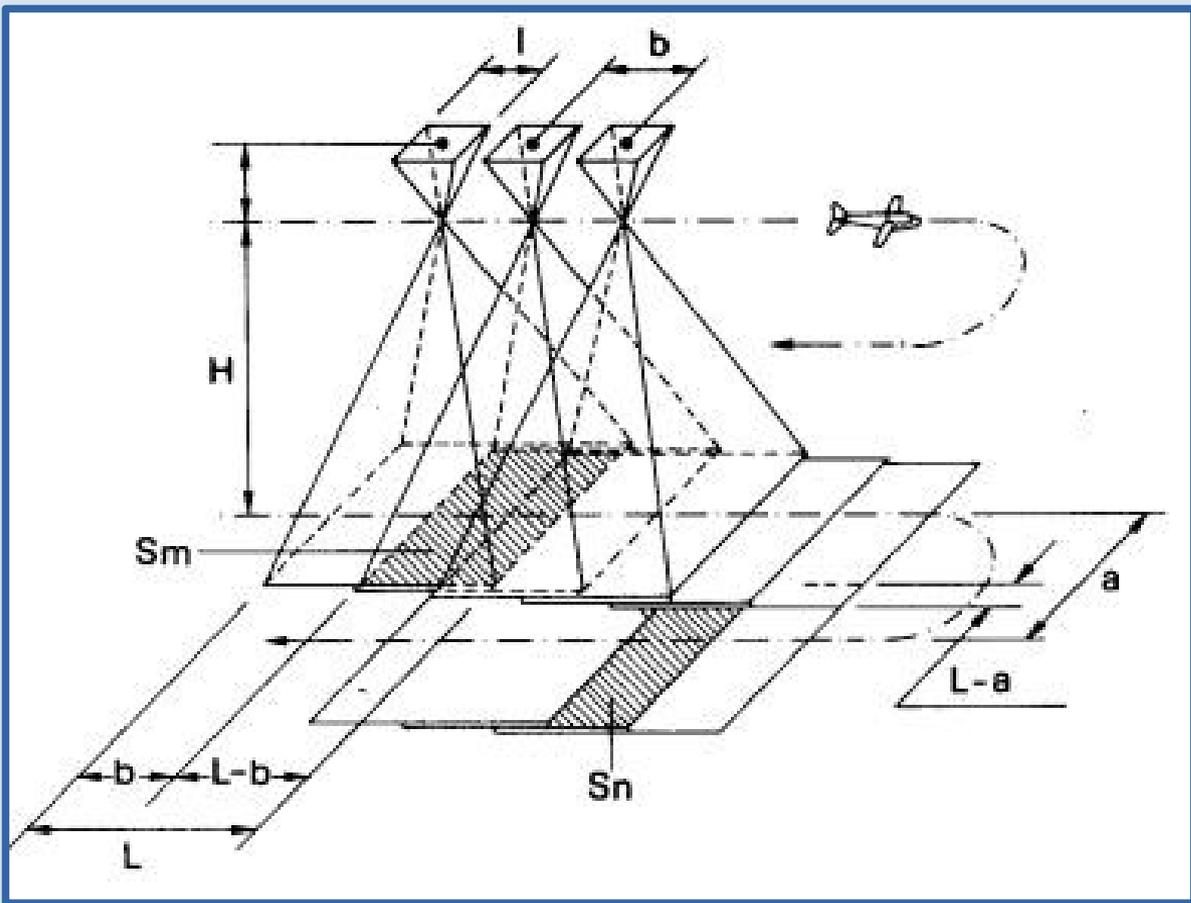
Tale procedura consente di avere un'area di sovrapposizione "ricoprimento" fra le foto dalla quale è possibile ricostruire in modo tridimensionale il terreno sottostante.



$$b = L - pL = L(1 - p)$$

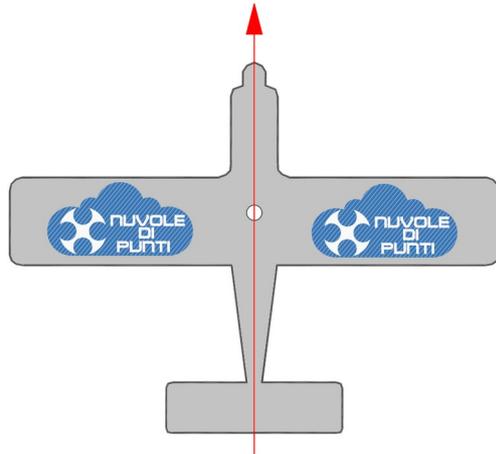
Bisogna quindi garantire una certa sovrapposizione fra le immagini.....



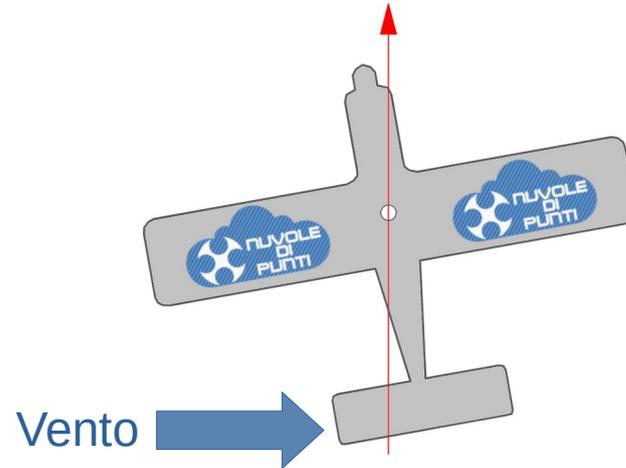


.....sia frontale che laterale.

TEORICO

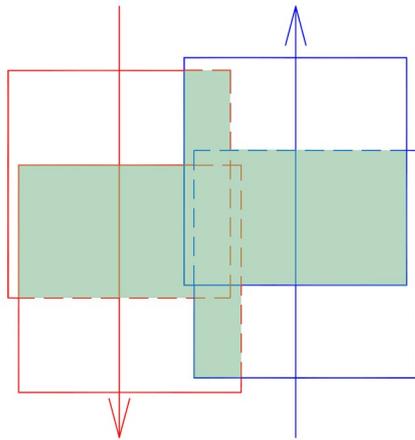
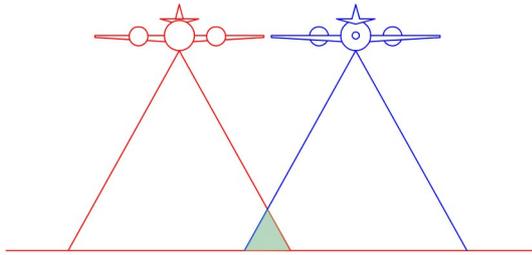


REALE

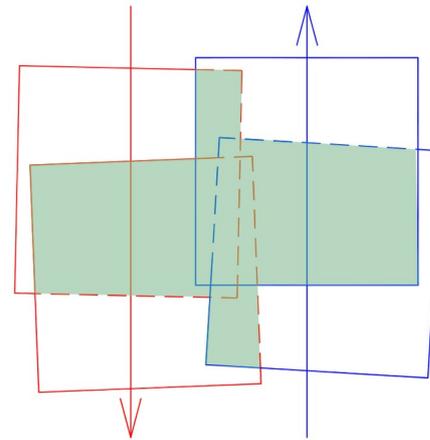
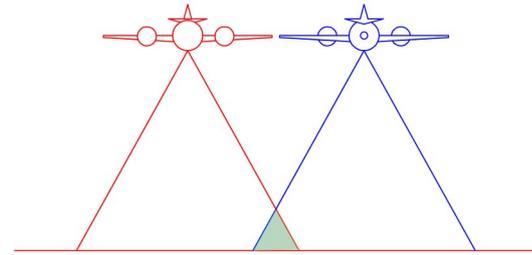


Una sovrapposizione alta limita la possibilità di “buchi” dovuti all’instabilità dell’aereo in presenza di forte vento .

TEORICO

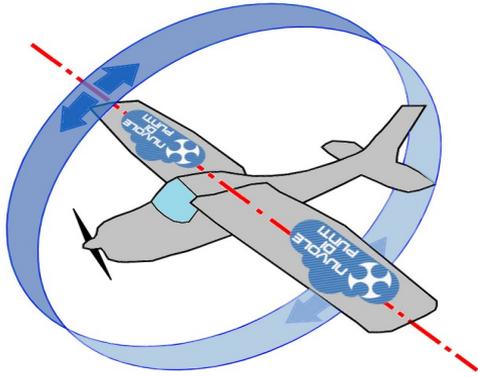


REALE

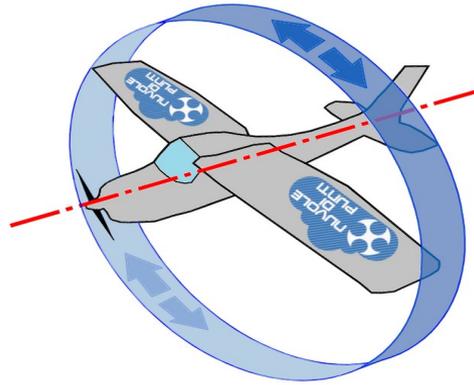


TOPOGRAFIA DA DRONE

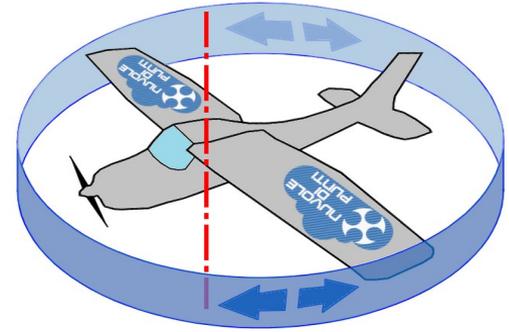
Beccheggio



Rollio



Imbardata

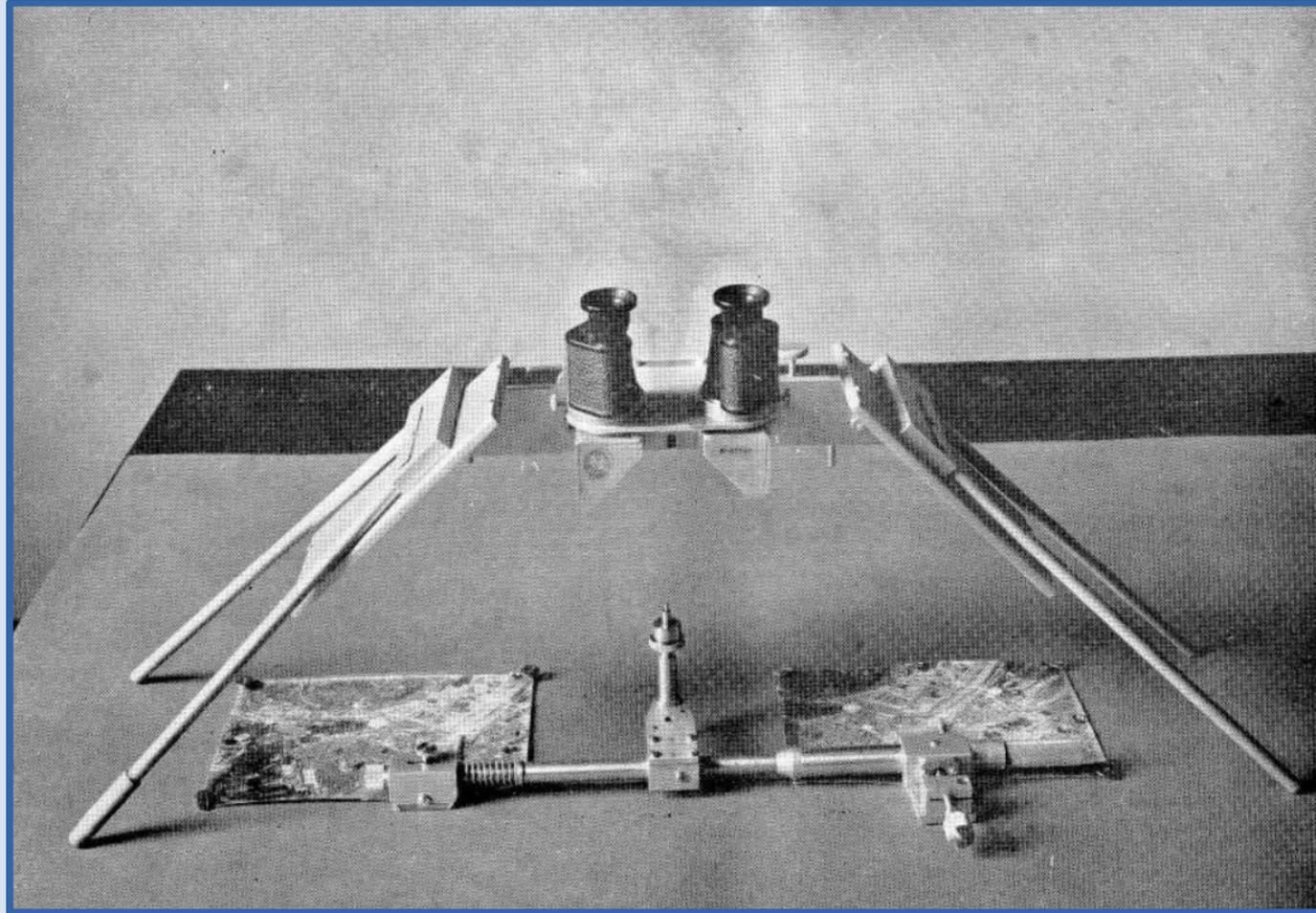




Negli aerei veniva montata una “Camera Metrica” con la quale si scattavano le foto impressionate su delle lastre sensibili che erano sottoposte ad aspirazione per garantire la planarità della pellicola.

DA DRONE

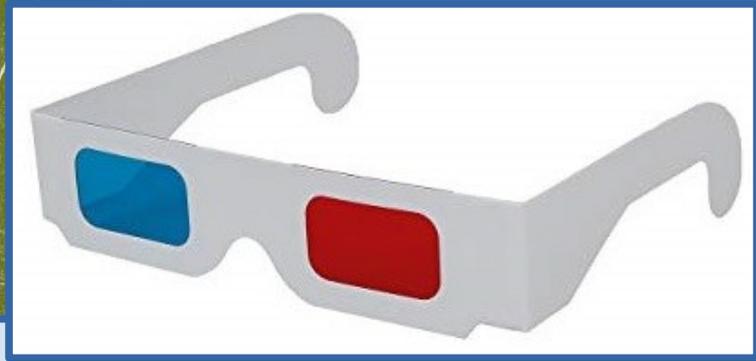
Nella fotogrammetria classica la restituzione dei dati



avveniva
manualmente
con l'ausilio di
“fotorestitutori”
che
permettevano
la visione
stereo delle 2
lastre
fotografiche.



Il concetto di fotorestituzione è quello di “trasferire” una visione stereo di 2 immagini su un disegno planimetrico.



Oggi si utilizzano gli Apr (droni) che sfruttano il processo utilizzato dagli aerei ma volando a quote più basse offrono una maggiore precisione perché forniscono immagini digitali con molti più particolari.



Una delle domande più ricorrenti è relativa alla precisione che può essere ottenuta nell'utilizzo del Drone per applicazioni di rilievo fotogrammetrico.

I Droni moderni come il DJI Phantom, Mavic o ANAFI Work di Parrot sono muniti di un GPS a bordo che oltre ad essere funzionale al volo è utilizzato per geo-localizzare le immagini scattate.

In altri termini ad ogni fotogramma viene aggiunto un TAG GPS che ne identifica la posizione nello spazio.

E' noto a tutti che la precisione del GPS a bordo di questi velivoli è nell'ordine di qualche metro e ad una prima analisi si potrebbe concludere che sia poco adatto nell'uso dei rilievi fotogrammetrici di precisione.

Ed è in questo scenario che entra in gioco la post-elaborazione del dato.

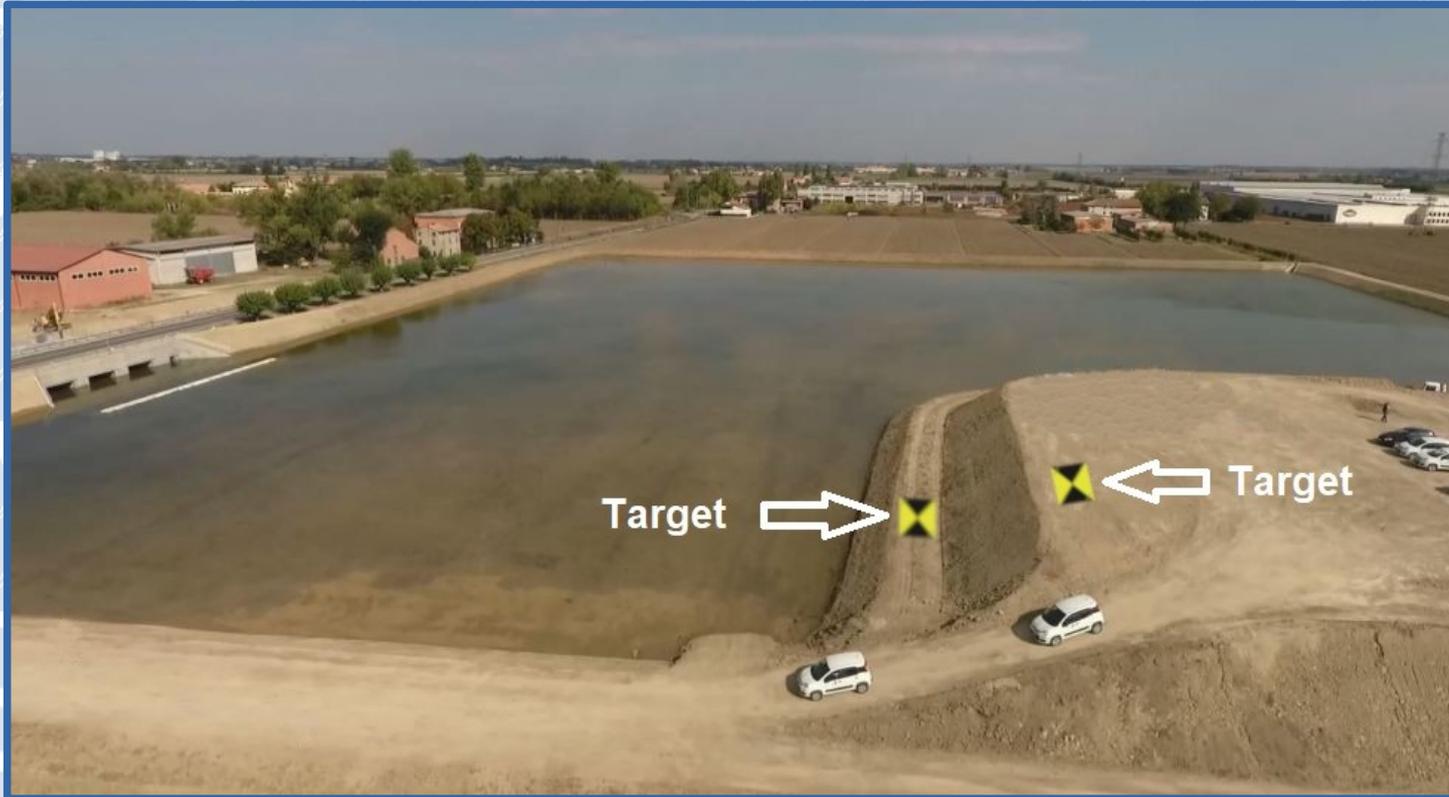
I programmi professionali per la fotogrammetria (tipo Pix4Dmapper oppure Agisoft Photoscan ora Metashape) sono in grado di processare la posizione spaziale delle immagini integrando il risultato dei dati GPS con le informazioni ricavabili dal confronto delle immagini ottenendo un livello di accuratezza molto interessante.

Attualmente utilizzando le tecniche fotogrammetriche e un software adatto si possono raggiungere risultati di accuratezza dell'ordine di 3-5 cm in planimetria.

La precisione in termini altimetrici è più complessa da stimare e dipende da una serie di fattori tra cui il più importante dei quali è la differenza di quota max all'interno dell'area (discontinuità)!!!!

In un'area con dislivelli trascurabili (piatta) l'elaborazione restituisce una ottima precisione altimetrica.

Nel caso invece che si debba rilevare un'area con dislivelli accentuati è opportuno posizionare dei punti di inquadramento ben distribuiti nell'area e con l'accortezza di porli anche nelle vicinanze dei cambi di quota!



La “precisione” del rilievo è determinata da molti fattori come la sovrapposizione dei fotogrammi, l’altezza di volo e la qualità della fotocamera.

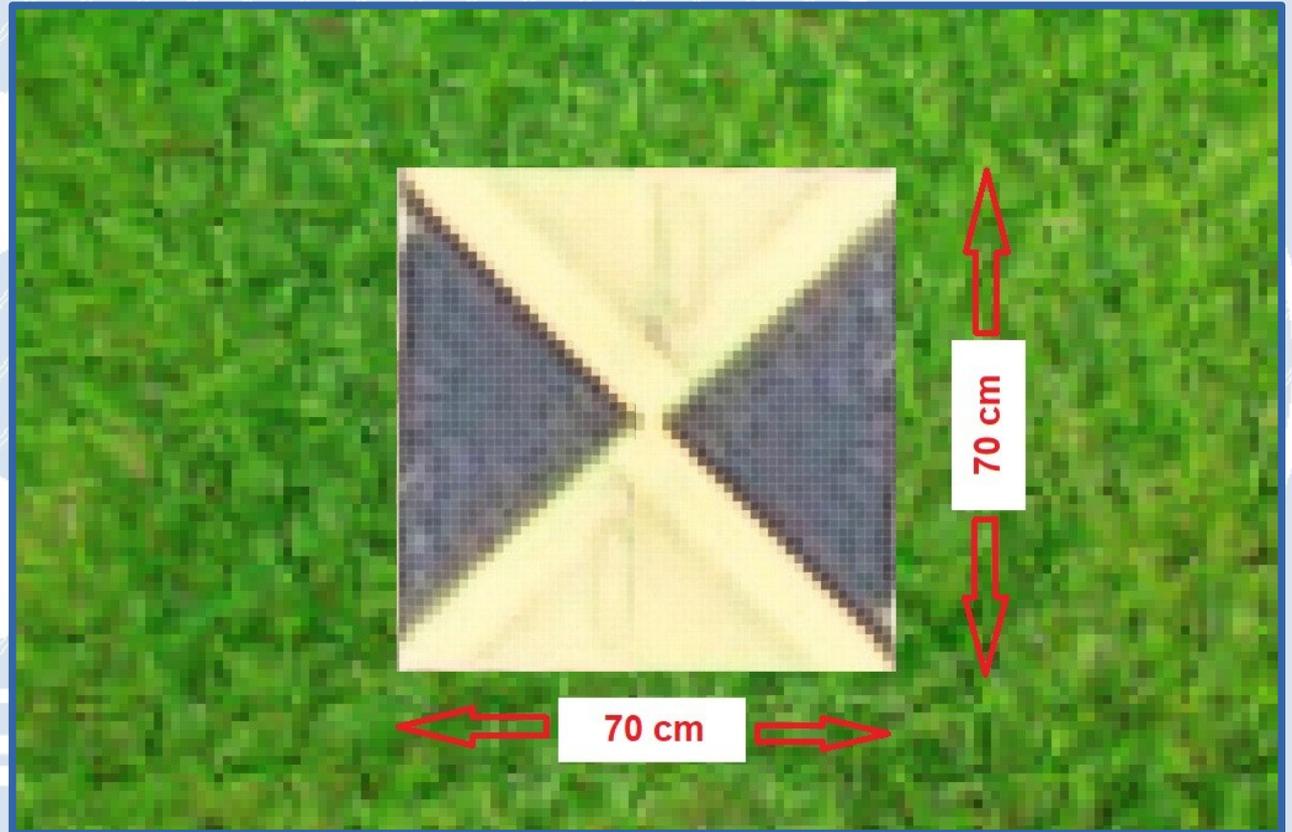
Da questi parametri si ottiene l’indice GSD cioè il (Ground Sampling Distance) ovvero la Distanza di Campionamento-Risoluzione che indica il grado di accuratezza.

“Il GSD è la distanza, misurata a terra, tra due pixel vicini di un’immagine!!!”

Se ingrandiamo tantissimo un'immagine digitale ad un certo punto vedremo tanti quadretti colorati (i pixel).

Dimensione del Target
70 cm. X 70 cm.

Dimensione del pixel
1,60 cm. x 1,60 cm.

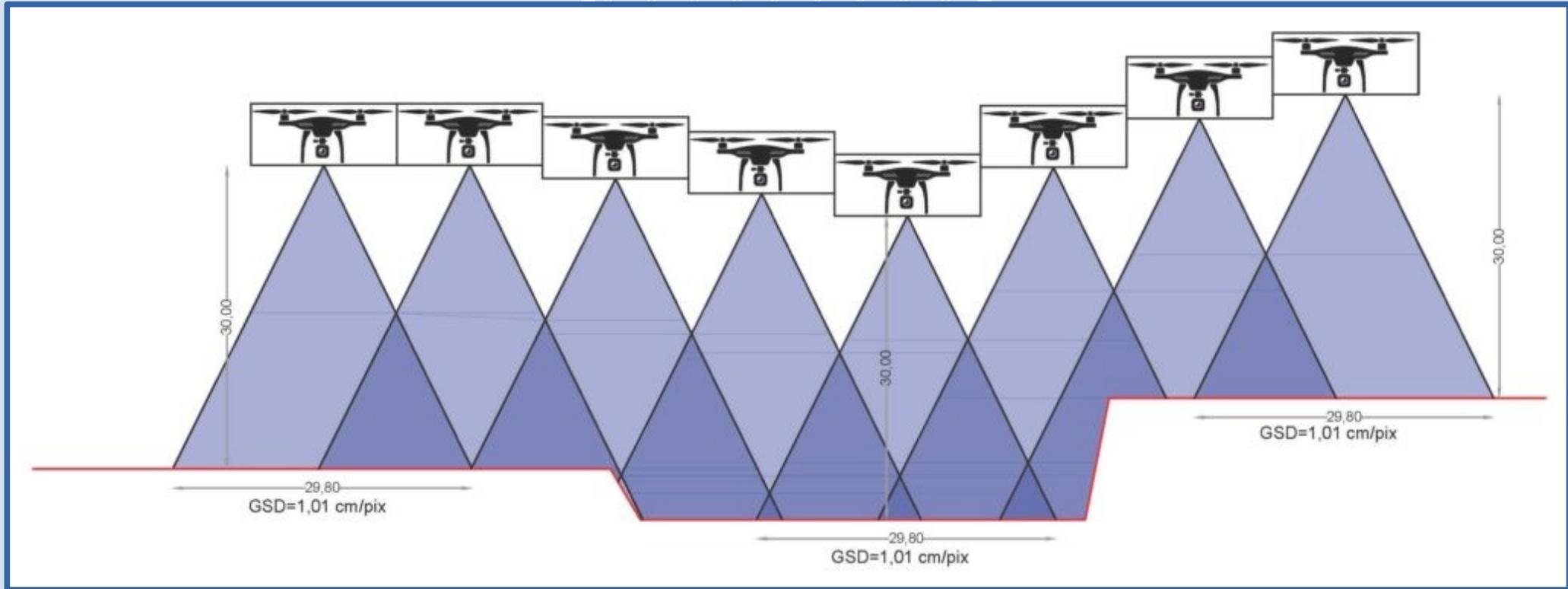


Quindi il GSD indica la dimensione del lato del pixel misurata sul campo.

Minore è il GSD e maggiore è il dettaglio della foto.

Per tenere stabile l'indice GSD lungo tutta l'area rilevata è importante mantenere costante la quota di volo soprattutto in presenza di terreni non uniformi altimetricamente tipo in montagna.

TOPOGRAFIA DA DRONE

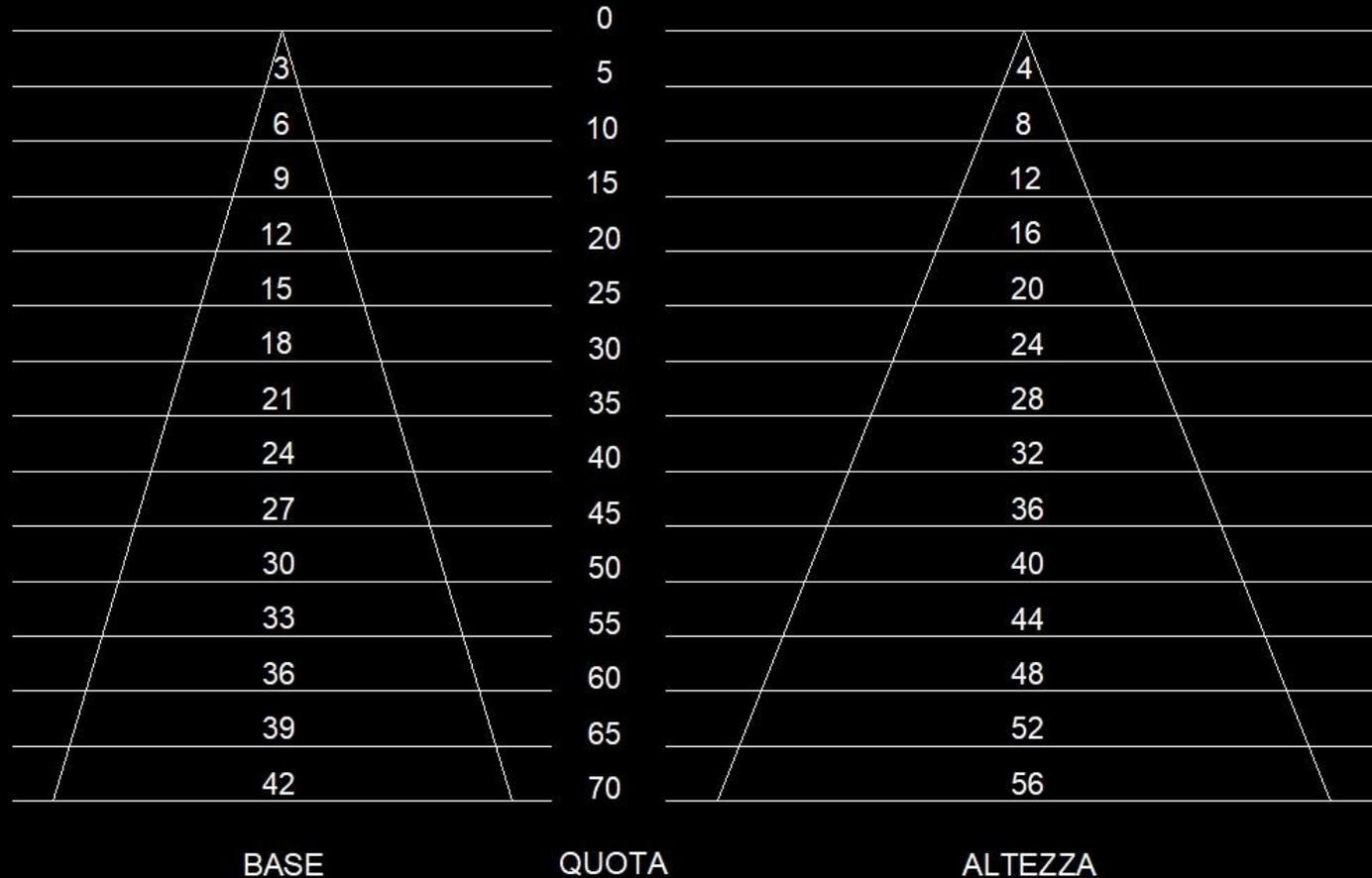


TOPOGRAFIA DA DRONE

+Distanza -Dettaglio



Impronta a Terra



In base al formato del sensore fotografico e alla quota di volo l'obiettivo cattura porzioni di territorio più o meno grandi.

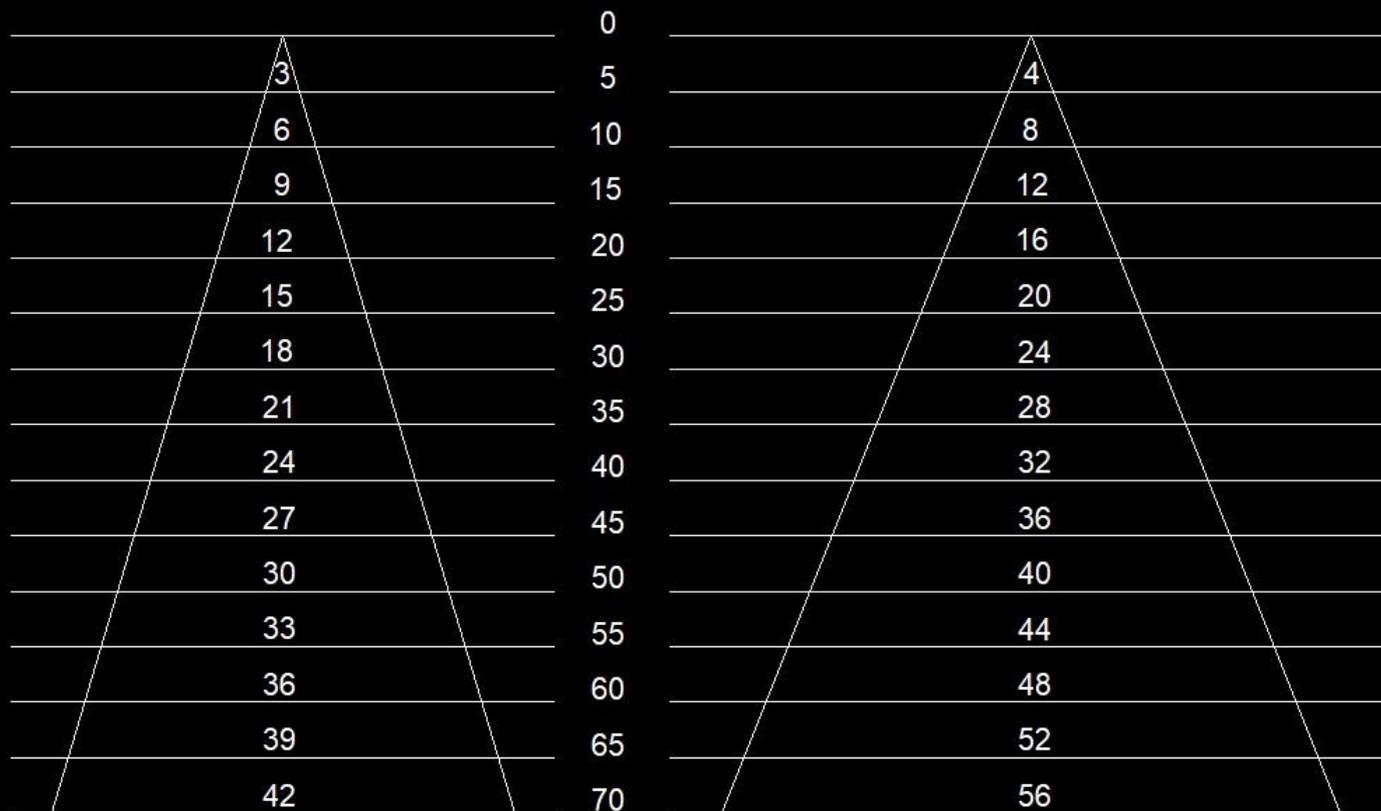
Più volo in alto-più territorio vedo-meno dettaglio ottengo

Risoluzione per i diversi Droni

Quota di volo (m)	Risoluzione (cm/pixel)							
	GH5 36 mm	DJI X5S MFT 15 mm	GH5 12 mm	P4P & P4A	DJI X5 & X5R MFT 15 mm	Mavic Pro	Spark	P3P, P3A, X3, P4
10	0,09	0,22	0,28	0,27	0,25	0,33	0,35	0,43
15	0,14	0,33	0,42	0,41	0,37	0,49	0,52	0,64
20	0,19	0,44	0,56	0,55	0,50	0,66	0,69	0,86
25	0,23	0,55	0,69	0,68	0,62	0,82	0,86	1,07
30	0,28	0,66	0,83	0,82	0,75	0,99	1,04	1,29
40	0,37	0,88	1,11	1,10	1,00	1,32	1,38	1,72
50	0,46	1,10	1,39	1,37	1,25	1,65	1,73	2,15
60	0,56	1,32	1,67	1,64	1,50	1,98	2,07	2,58
70	0,65	1,54	1,94	1,92	1,75	2,31	2,42	3,01
80	0,74	1,76	2,22	2,19	1,99	2,64	2,76	3,43
90	0,83	1,98	2,50	2,46	2,24	2,97	3,11	3,86
100	0,93	2,20	2,78	2,74	2,49	3,30	3,45	4,29
110	1,02	2,42	3,05	3,01	2,74	3,63	3,80	4,72
120	1,11	2,64	3,33	3,29	2,99	3,96	4,14	5,15
130	1,20	2,86	3,61	3,56	3,24	4,29	4,49	5,58
140	1,30	3,08	3,89	3,83	3,49	4,62	4,83	6,01
150	1,39	3,30	4,16	4,11	3,74	4,95	5,18	6,44

TOPOGRAFIA DA DRONE

Impronta a Terra (produttività)



BASE

QUOTA

ALTEZZA

ESEMPIO

Quota: 70 mt.

Impronta: 42 mt. x 56 mt

Sovrapposizione: 75%

Velocità: 8,8 mt/s 32 Km/h

GSD: 3 cm/pixel

Batterie: 3

Durata Volo: 40m 09s

Durata Operazioni: 50m

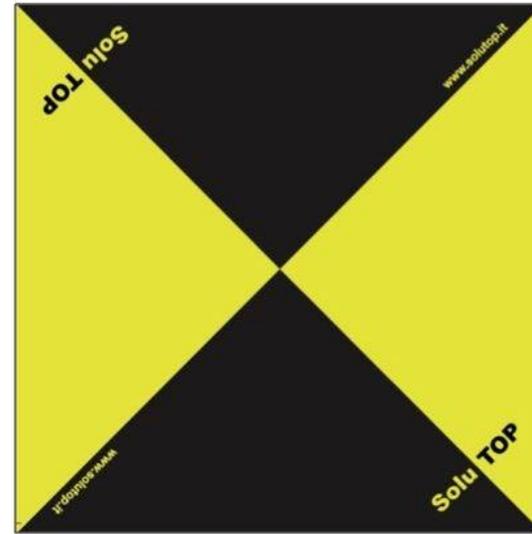
Area coperta: 44 ha

DRONE

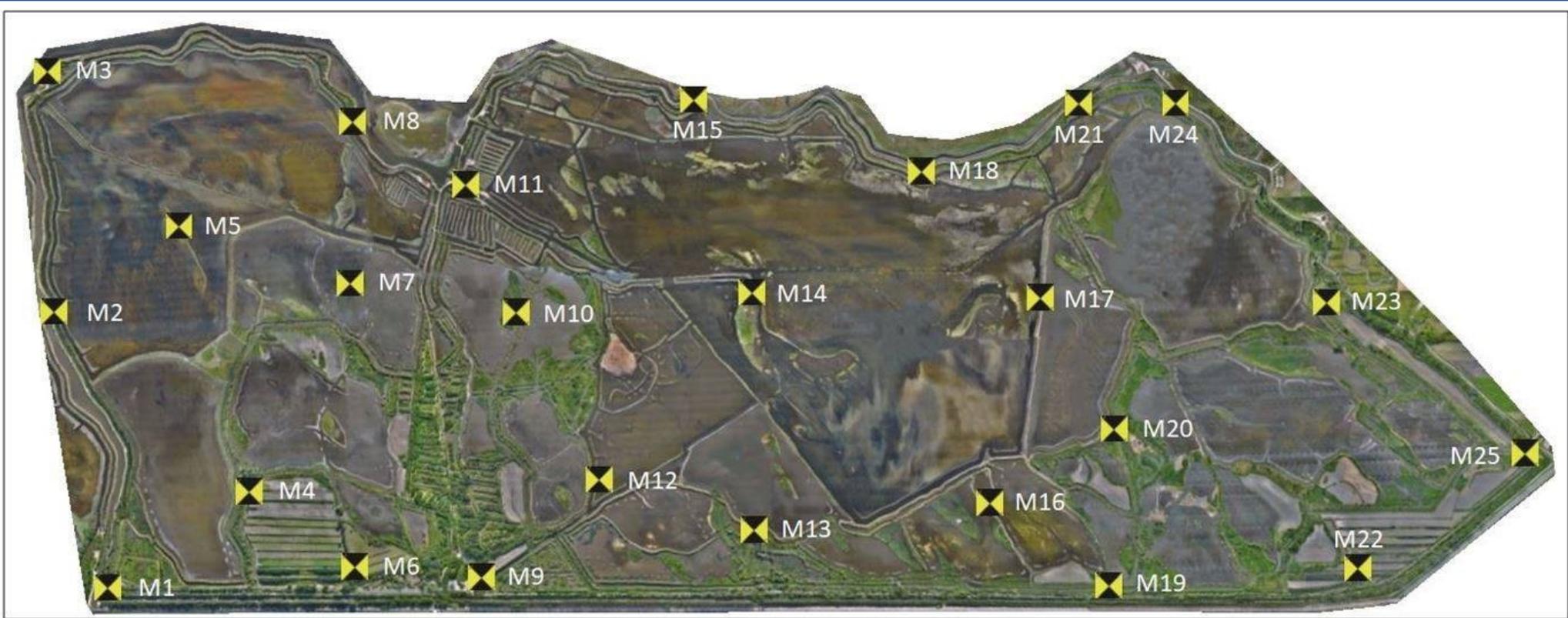
Come già accennato la procedura fotogrammetrica richiede anche un rilievo georeferenziato di appoggio a terra con l'uso di *Capisaldi IGM* e di Punti di Controllo a Terra (GCP) visibili dal cielo e denominati *Target*.



Esempio di Caposaldo IGM



Esempio di Target



Distribuzione dei Target

Buona regola è quella di distribuire i Target in modo uniforme lungo tutta la superficie da rilevare.



E' necessario quindi stazionare con una strumentazione topografica su ciascuno dei target in modo da rilevare e determinare le coordinate. Operazione propedeutica alla georeferenziazione e alla calibrazione del processo fotogrammetrico (Vincoli).

FIA DA DRONE

La programmazione del volo avviene tramite una APP installata su un tablet collegato al controller del drone.



Si seleziona l'area da rilevare, si imposta la quota di volo, la velocità di crociera e la percentuale di sovrapposizione (75-80%).

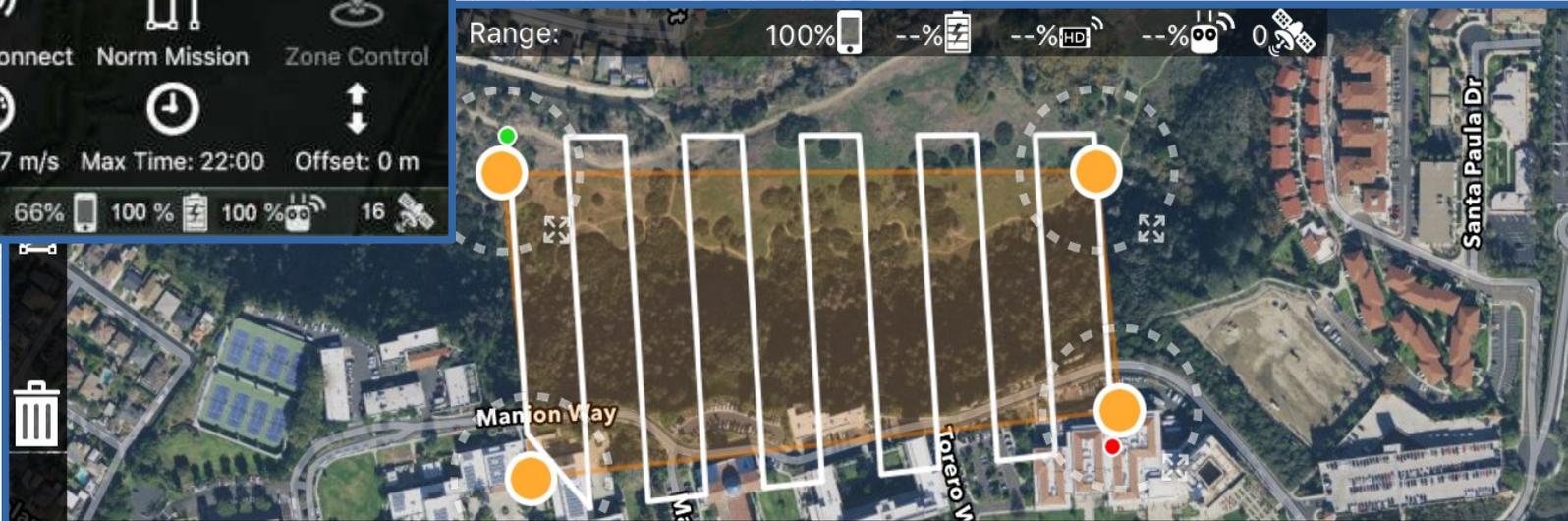
Infine si verifica se il GSD soddisfa le precisioni richieste.

È anche possibile intervenire sulla rotta di volo in modo che il drone segua l'andamento altimetrico del terreno.

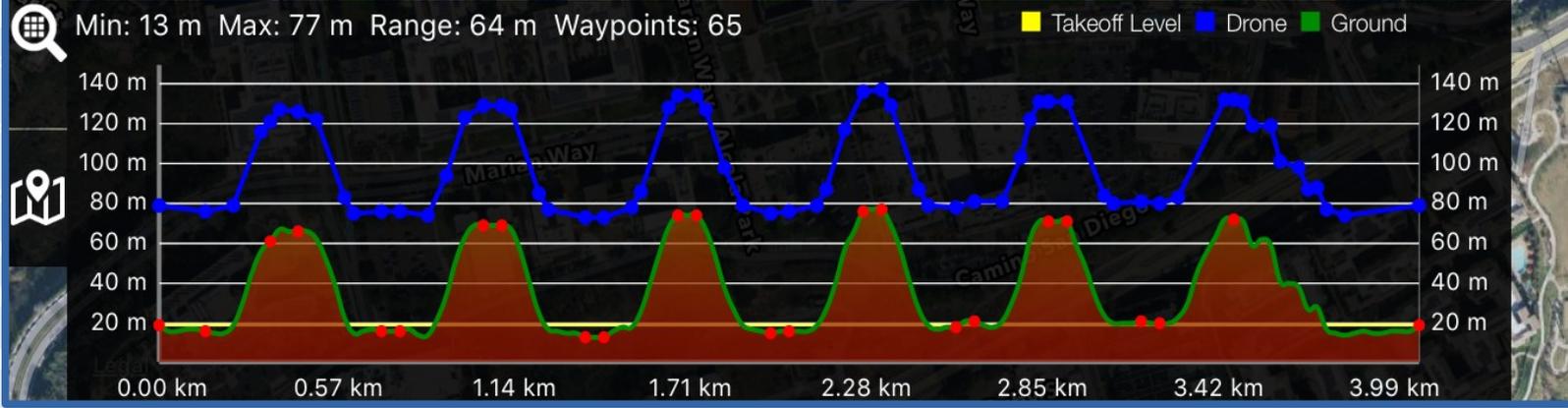
Simulator **Terrain Aware** Active Connect Norm Mission Zone Control

Overlap 75/75 Camera Control Max: 5.7 m/s Max Time: 22:00 Offset: 0 m

Not Connected Range: 66% 100% 100% 16



per mantenere costante il GSD!!!!



TOPC

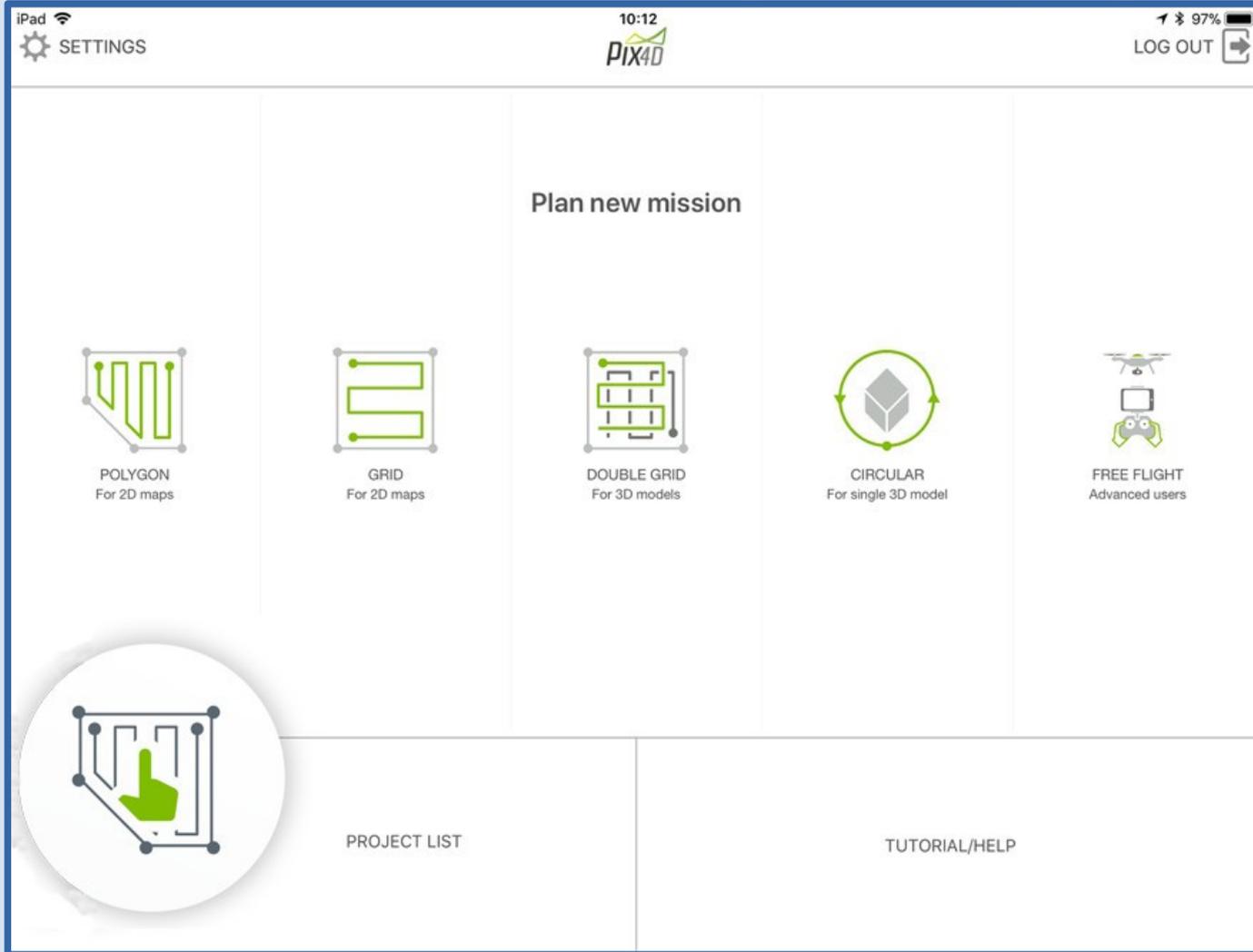
Esistono molte APP sia per Android che per IOS.

Io utilizzo MAP PILOT che gira solo su IOS.



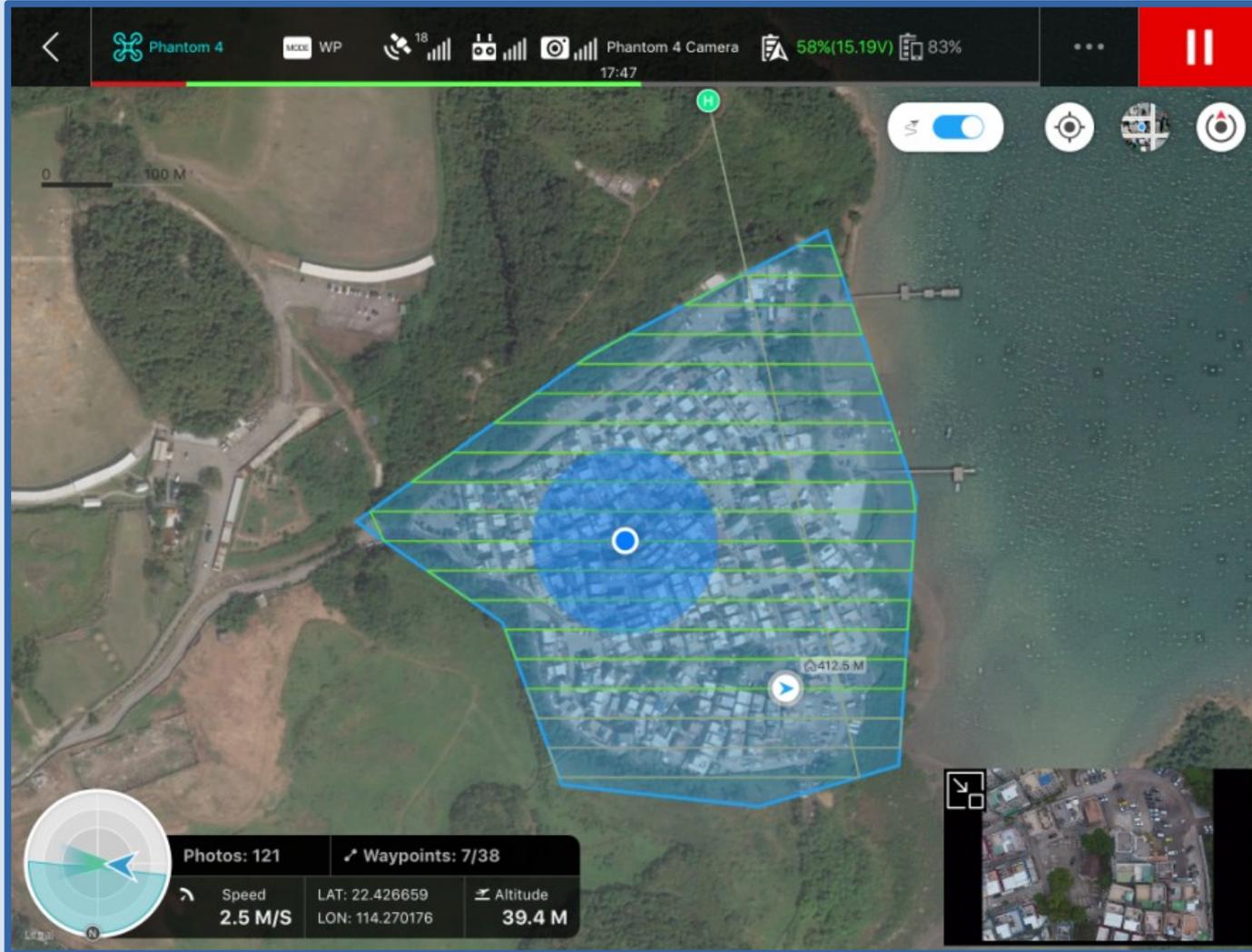
DA DRONE

Pix4d_capture (sia per Android che IOS)



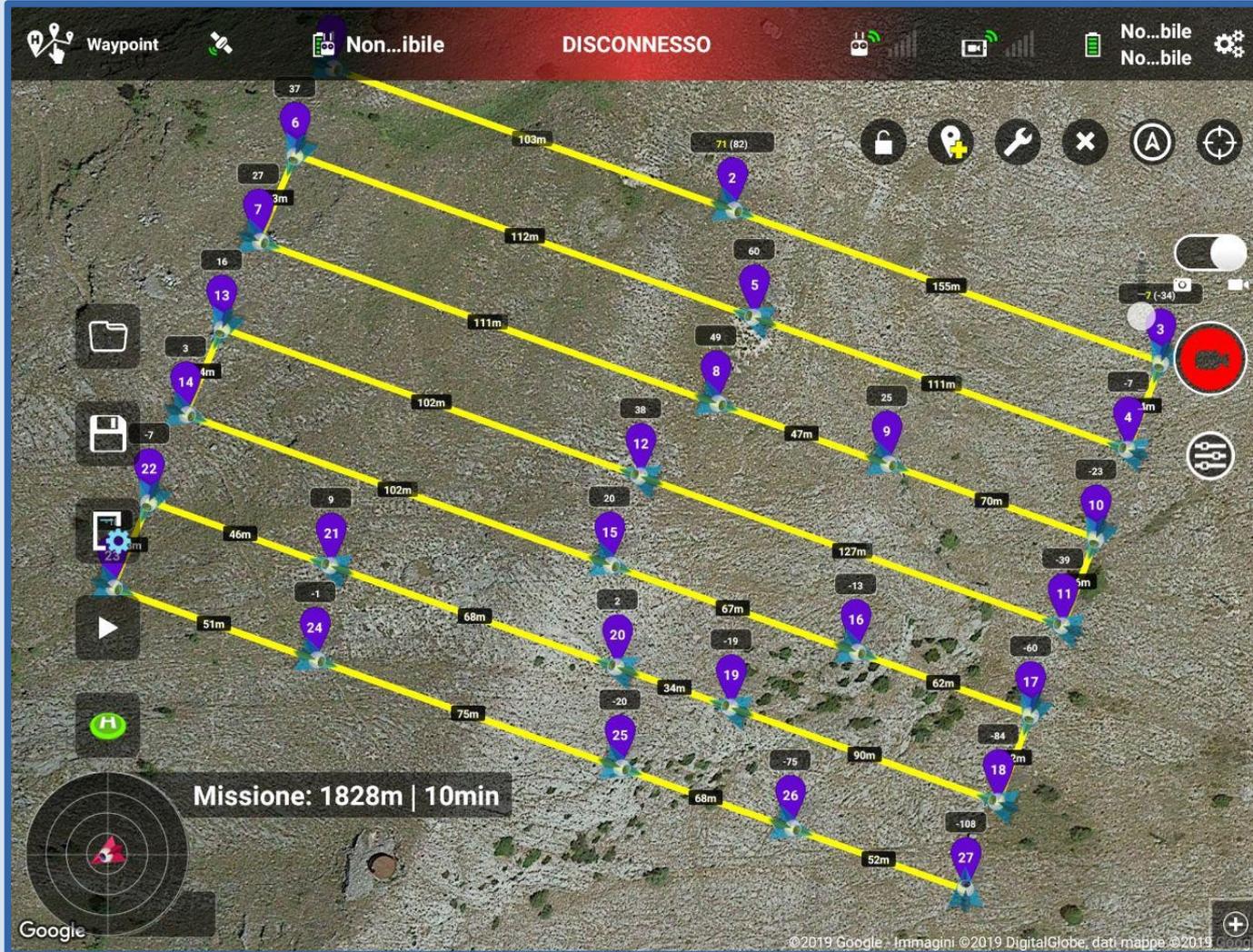
DRONE

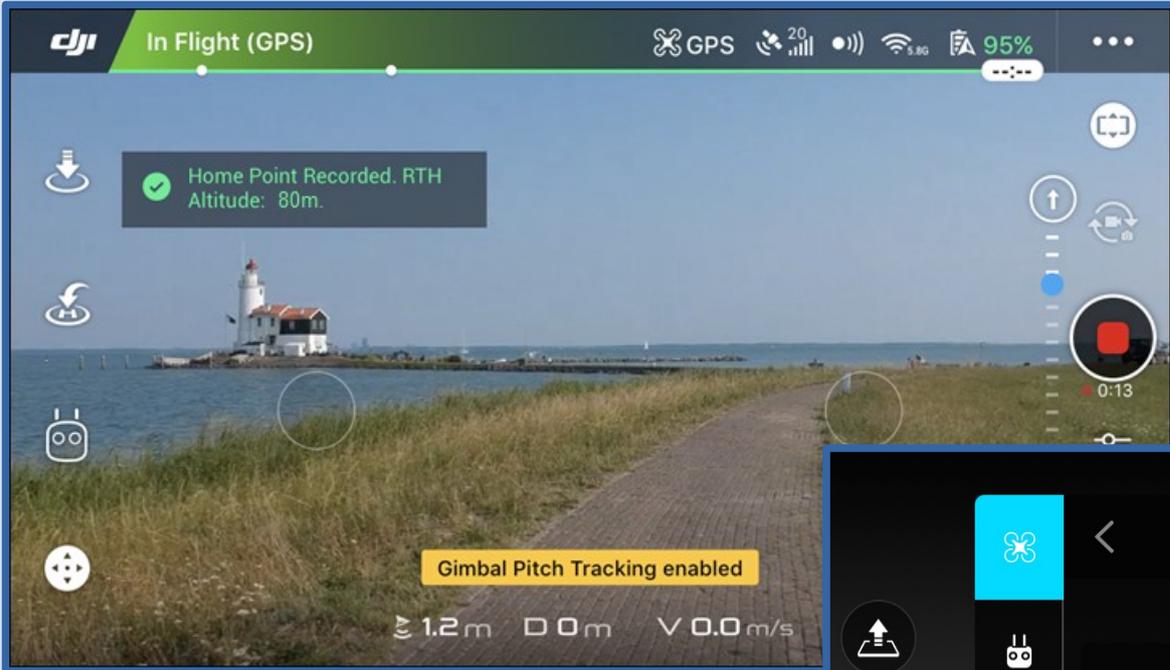
DJI Ground Station Pro (solo per IOS)



DRONE

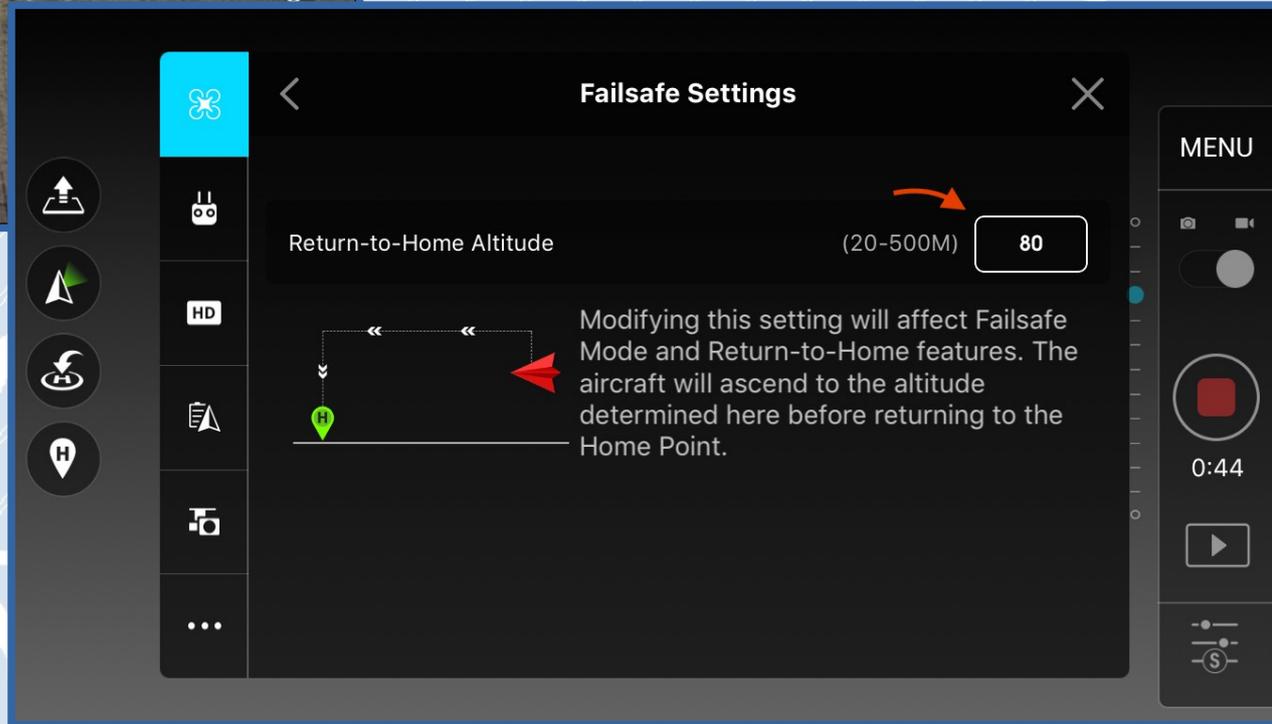
Litchi (sia per Android e IOS)

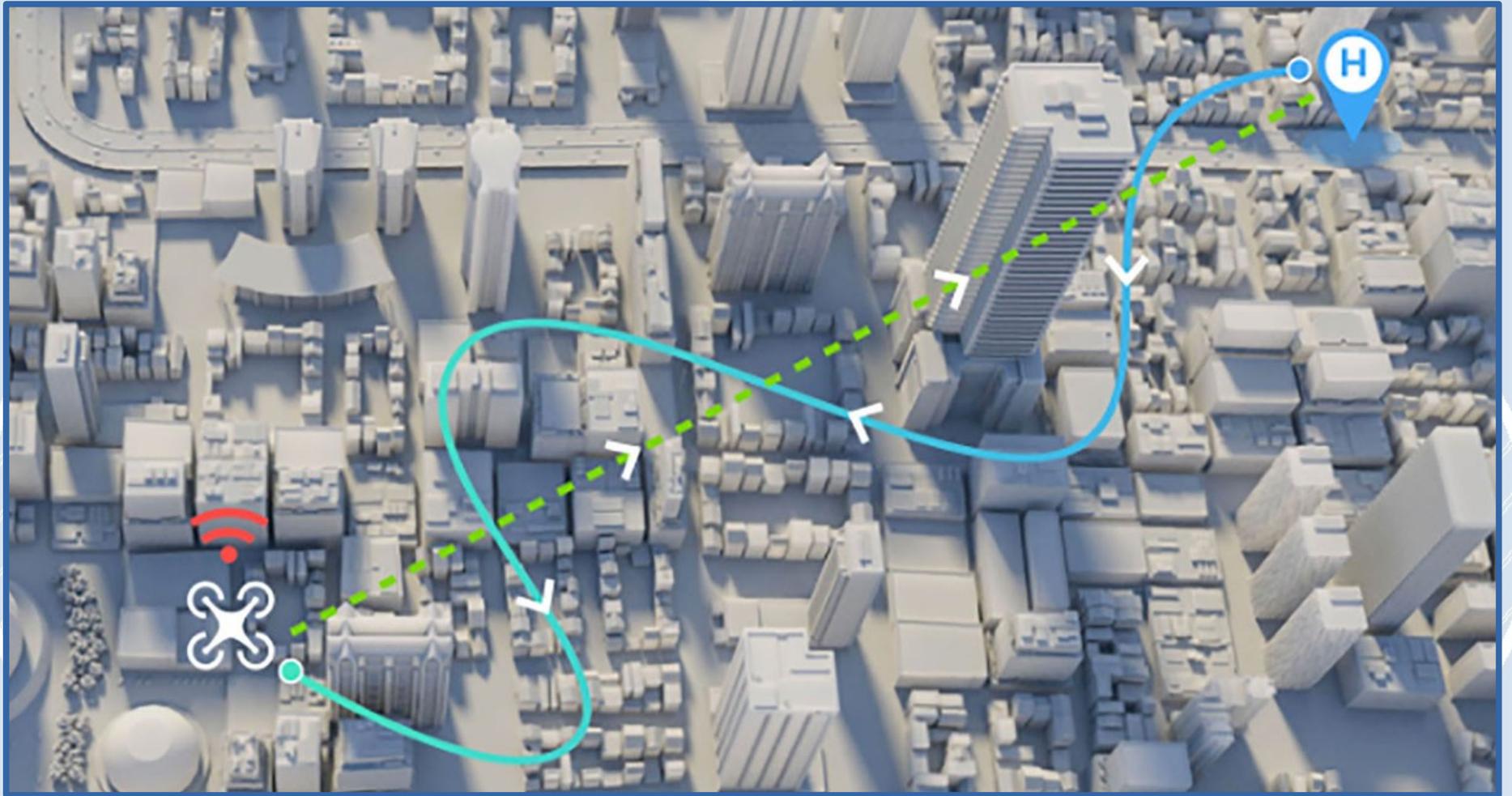




Importante è acquisire la coordinata “Homepoint” cioè del Punto di decollo

... necessaria al drone per il ritorno in caso di avarie o per il cambio batteria





Impostare la quota di volo più alta di qualsiasi ostacolo presente fra il drone e l'Homepoint.



Comunque i droni moderni sono dotati di Sensori anti Collisione che individuano gli ostacoli e guidano l'APR ...



... lungo una rotta che evita i “pericoli” e riporta a casa il velivolo.

COME INCIDE LA PROGRAMMAZIONE SUL VOLO?

The image displays three screenshots of a flight planning software interface, illustrating how mission programming affects flight parameters. Each screenshot shows a topographic map with a flight path overlaid, and a sidebar with mission parameters.

Left Screenshot:

- Area: 44.30 hect
- Distance: 28.97 km
- Max Speed: 5.7 m/s
- Duration: 88m 46s
- Batteries: 5
- Images: 1667
- Points: 4000
- Storage: 8.56 GB
- Altitude: 45 m
- Resolution: 1.9 cm/px

Middle Screenshot:

- Area: 44.30 hect
- Distance: 19.46 km
- Max Speed: 8.8 m/s
- Duration: 40m 9s
- Batteries: 3
- Images: 706
- Points: 1694
- Storage: 3.62 GB
- Altitude: 70 m
- Resolution: 3.0 cm/px

Right Screenshot:

- Area: 44.30 hect
- Distance: 9.32 km
- Max Speed: 10.0 m/s
- Duration: 17m 57s
- Batteries: 1
- Images: 159
- Points: 381
- Storage: 0.82 GB
- Altitude: 150 m
- Resolution: 6.5 cm/px

The screenshots show that as the mission area is reduced (from 44.30 hect to 9.32 hect), the flight distance, duration, and number of images/points decrease significantly, while the maximum speed and altitude increase. The resolution also decreases as the mission area is reduced.

TOPOGRAFIA



Quota: 45m

Area: 44.3 Ha

Foto: 1667

Km: 28,97

Batterie: 5

Tempo: 88m46s

GSD: 1,9 cm/px



Quota: 70m

Area: 44.3 Ha

Foto: 706

Km: 19,46

Batterie: 3

Tempo:40m09s

GSD: 3,0 cm/px



Quota: 150m

Area: 44.3 Ha

Foto: 159

Km: 9,32

Batterie: 1

Tempo: 17m57s

GSD: 6,5 cm/px

Quota: 45m

Area: 44.3 Ha

Foto: 1667

Distanza: 29 Km

Batterie: 5

Tempo: 88m46s

GSD: 1,9 cm/px

Quota: 70m

Area: 44.3 Ha

Foto: 706

Distanza: 19 Km

Batterie: 3

Tempo: 40m09s

GSD: 3,0 cm/px

Quota: 150m

Area: 44.3 Ha

Foto: 159

Distanza: 9 Km

Batterie: 1

Tempo: 17m57s

GSD: 6,5 cm/px

PIANIFICAZIONE

E' necessario studiare la morfologia dell'area d'intervento per individuare i punti di decollo/atterraggio, le zone più adatte al posizionamento dei Target, verificare i percorsi per raggiungere le varie zone (a piedi, in acqua, in auto)



A DA DRONE



La pianificazione del volo deve anche tenere conto del fattore Meteo non solo per sapere se è prevista pioggia o vento forte ma anche se ci sarà la formazione di nuvole!!!

TOPOGRAFIA DA DRONE



Le nuvole sono un problema sia per la fotogrammetria classica (un aereo vola a quote più alte di quelle in cui si formano le nubi)

TOPOGRAFIA DA DRONE

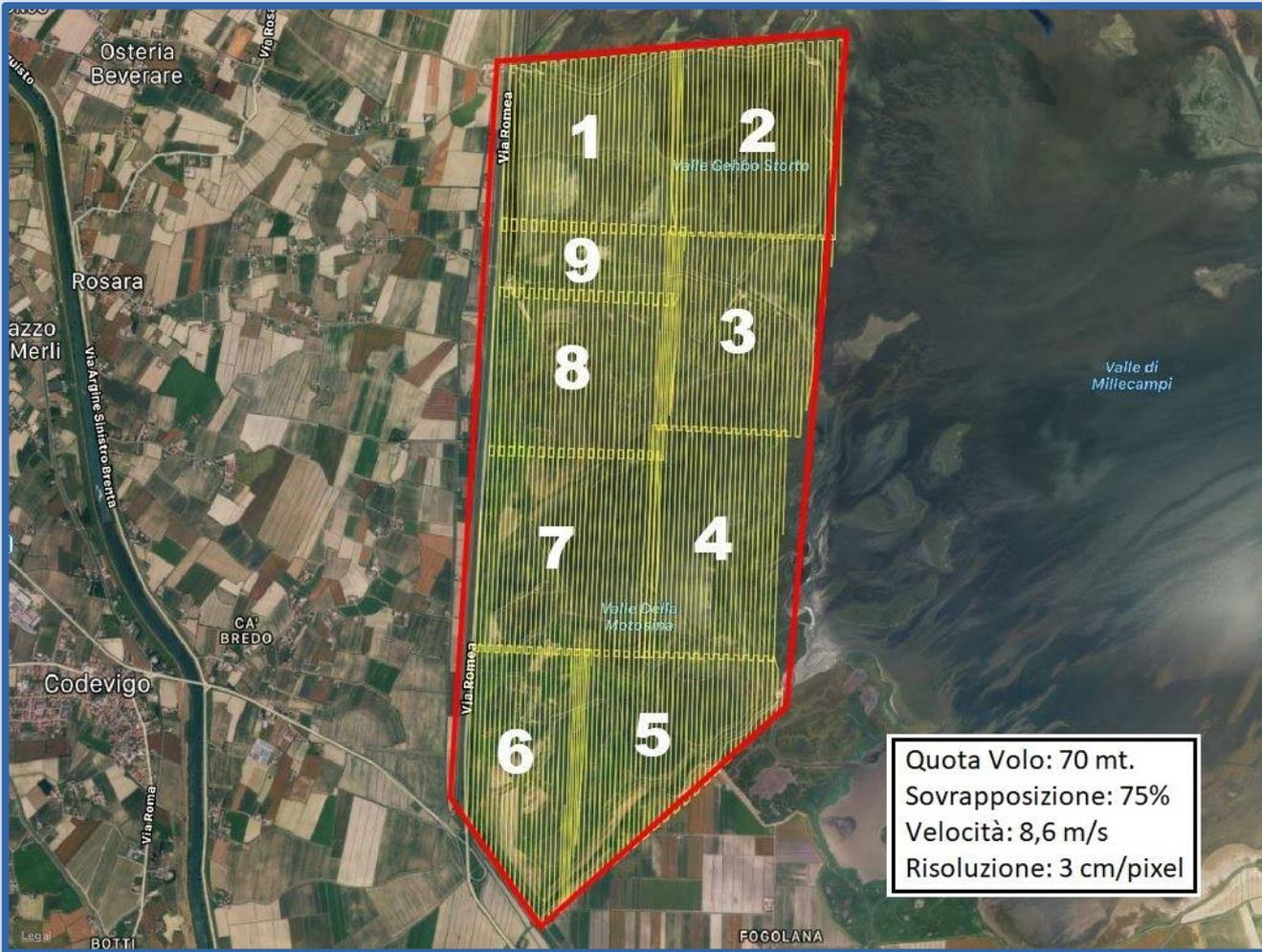
ma anche per la
fotogrammetria da
drone.

Infatti le nuvole
creano ombre che
ostacolano
l'uniformità della
luce e quindi delle
foto.

TOPOGRAFIA DA DRONE

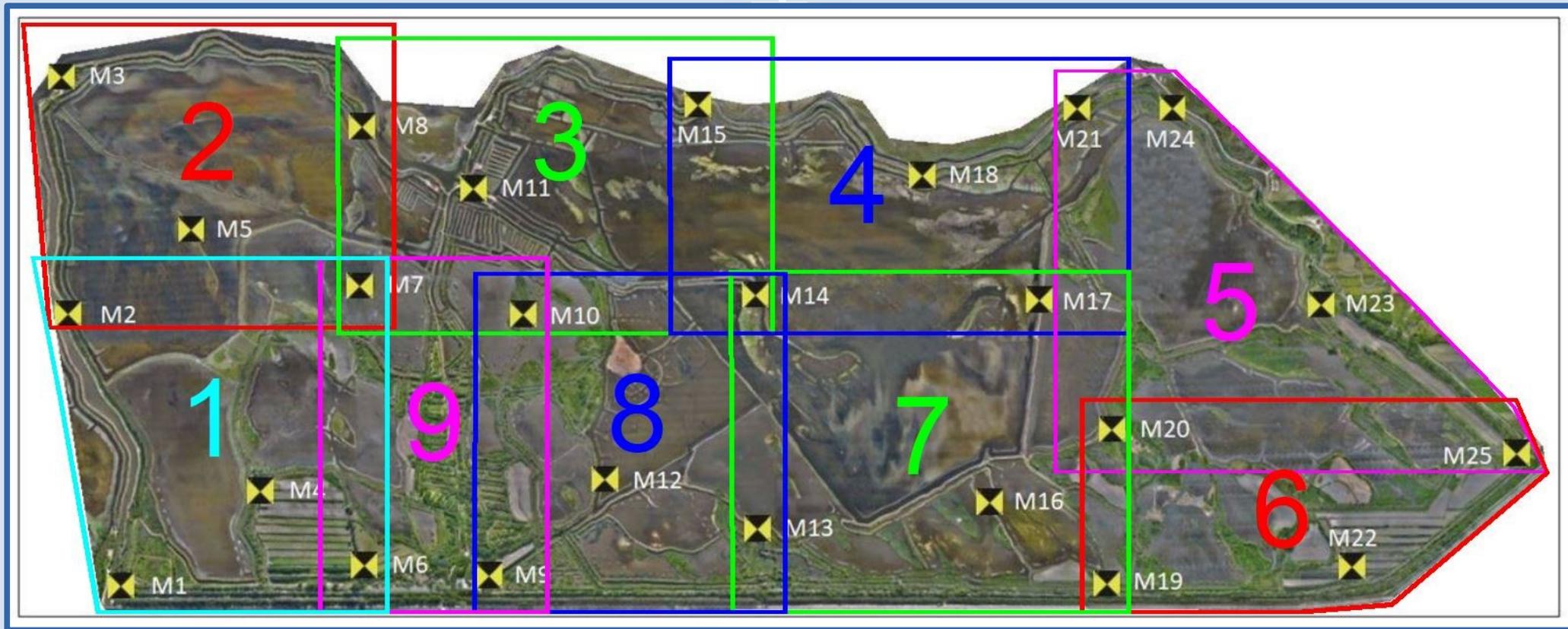


TOPOGRAFIA DA DRONE



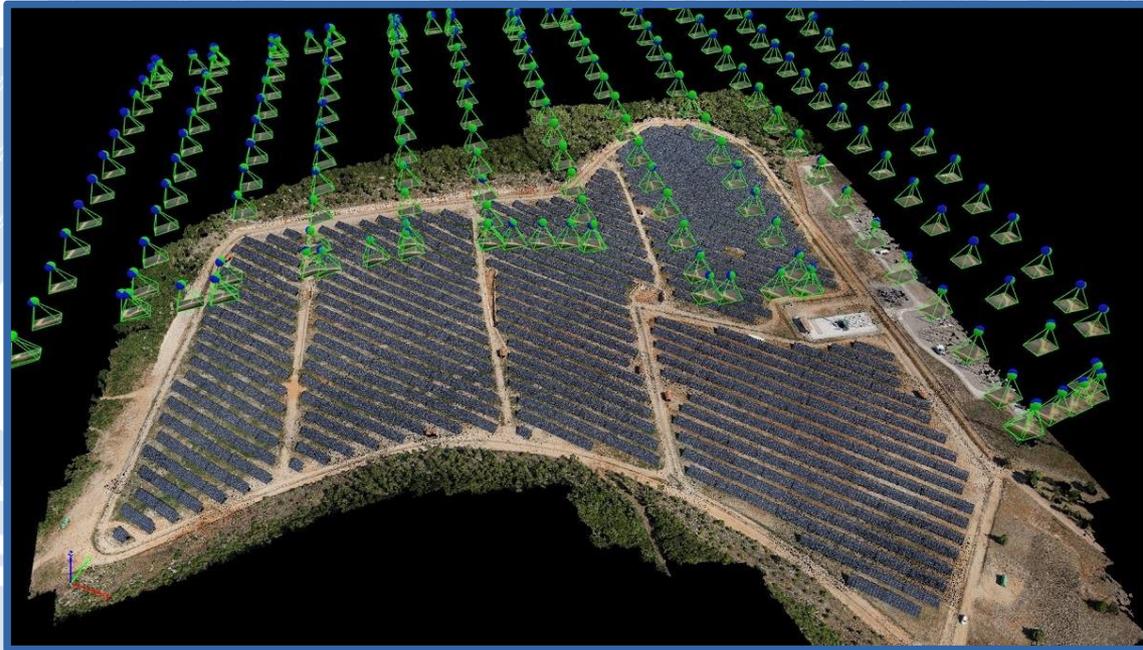
PIANIFICAZIONE
In caso di rilievi estesi* è possibile suddividere l'area in più voli avendo cura che ogni volo si sovrapponga a quello precedente della % stabilita.

* Attenzione alle batterie e alla normativa!!!!



Nella programmazione di un rilievo bisogna far coesistere le regole aeronautiche con quelle topografiche in modo che ogni volo soddisfi entrambe!!!

Inseriti i parametri nell'APP il drone volerà in modo automatico seguendo delle strisciate (o serpentina) alla quota stabilita effettuando una serie di scatti con la fotocamera posizionata in modo *nadirale* cioè rivolta verso il basso e perpendicolarmente al terreno.



La fotocamera è montata su un supporto detto Gimbal che serve ad ammortizzare



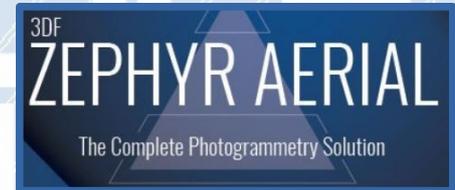
le vibrazioni del volo e ad orientare le riprese.



Ci sono droni
che possono
orientare la
fotocamera
anche di 180°.

TOPOGRAFIA DA DRONE

Una volta che si sono acquisite le immagini per ricostruire il modello 3D del terreno bisogna elaborarle tramite dei software denominati SFM (structure from motion).



Questi software utilizzano le formule di “collinearità” che ricompongono nello spazio la posizione di ciascun pixel ricavandola dal confronto fra le foto.

Ma come funziona un software SFM?



TOPOGRAPHIA

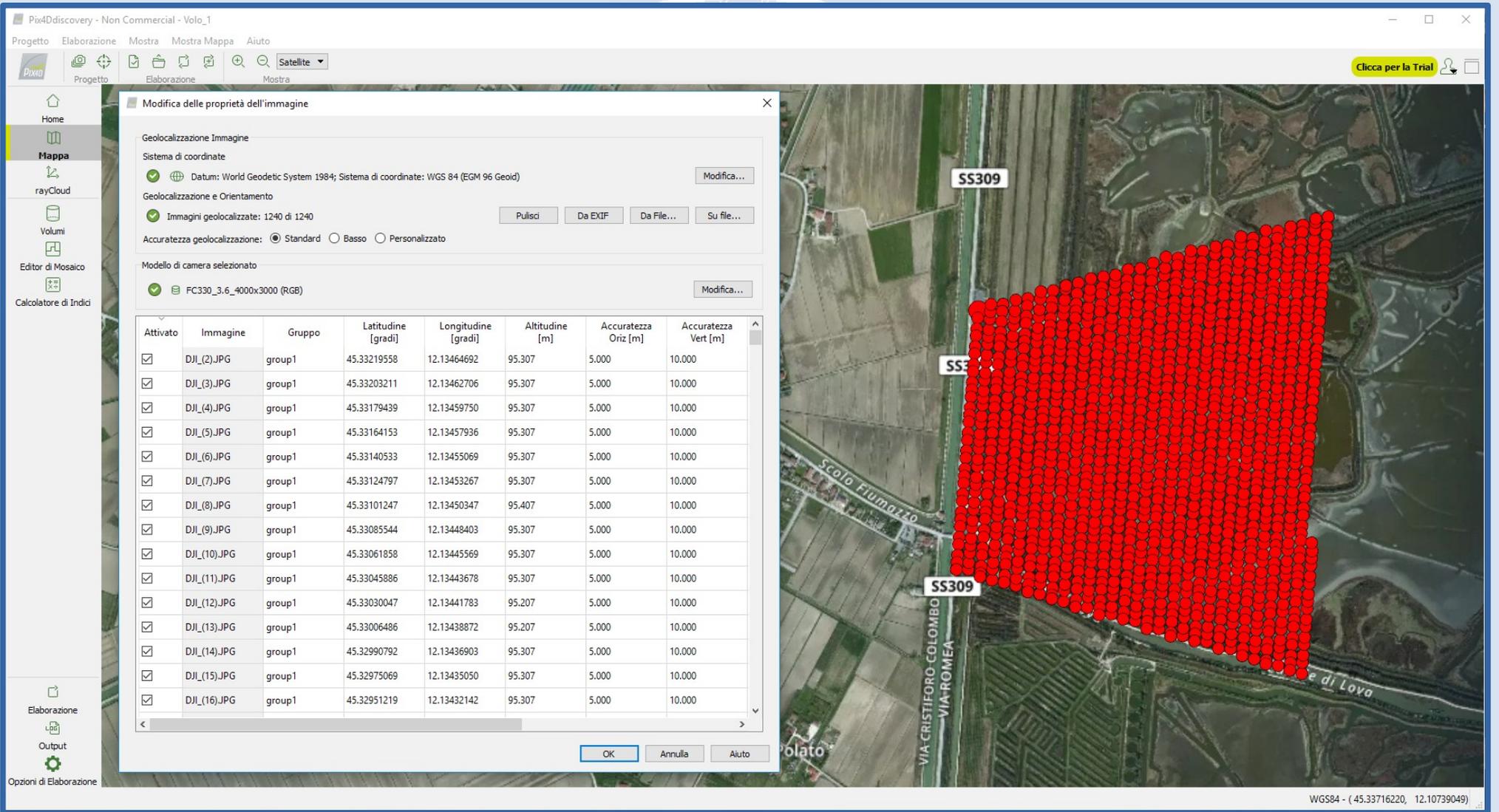
Per mettere in ordine le foto cioè posizionarle al “loro posto” nello spazio tridimensionale i SFM utilizzano delle informazioni contenute all’interno delle foto stesse e cioè gli EXIF.

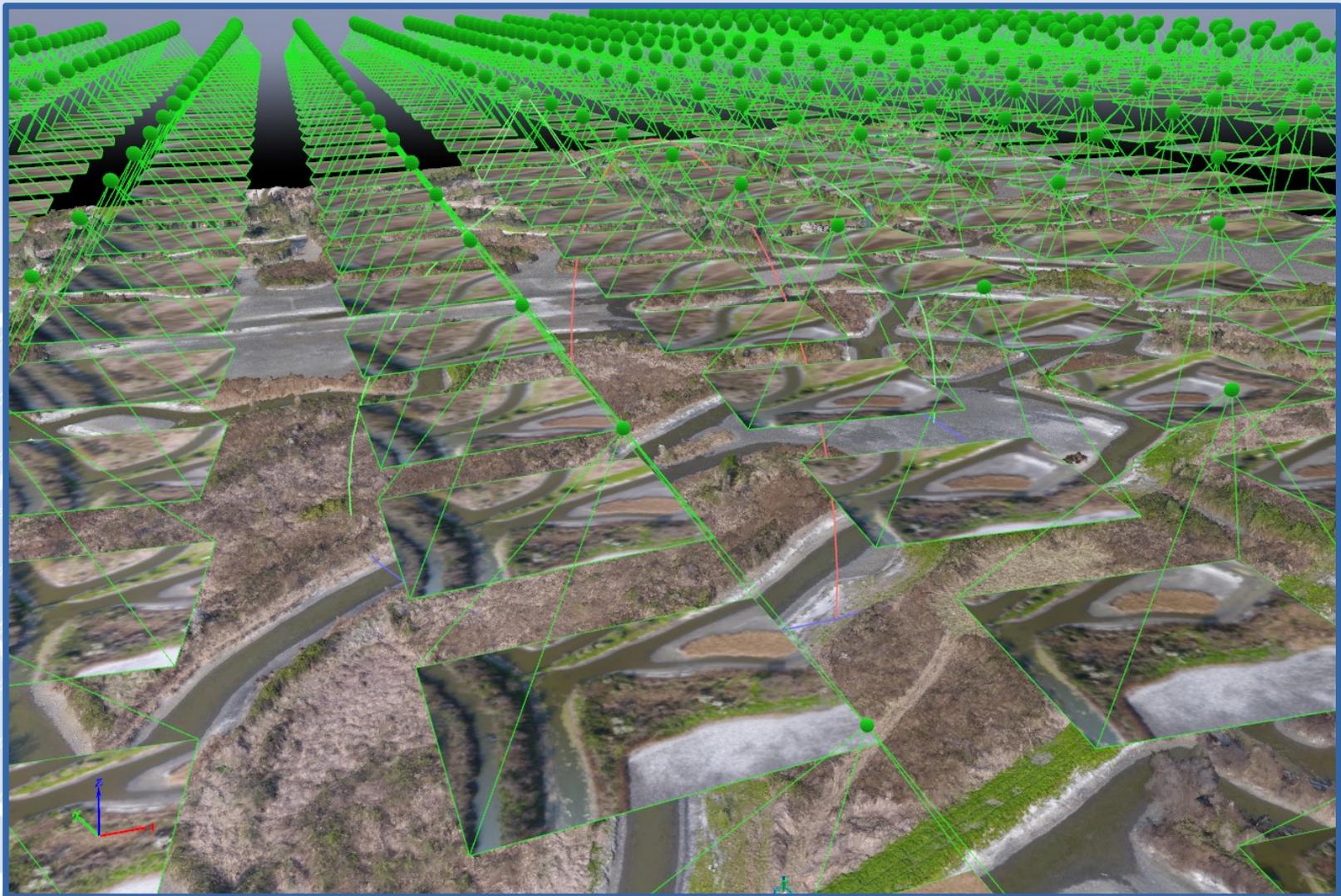
Ogni foto digitale quando viene scattata memorizza una serie di dati come l’apertura del diaframma, i tempi di scatto, la data e l’ora.

Ma nelle foto scattate da un drone c’è anche un altro dato molto importante.

Le coordinate GPS!!!!







Trovata la posizione di ciascuna foto si procede al “confronto”



cioè vengono ricercati i punti omologhi fra le foto adiacenti in modo da creare un'allineamento delle stesse e per il matching "accoppiamento" dei singoli pixel.

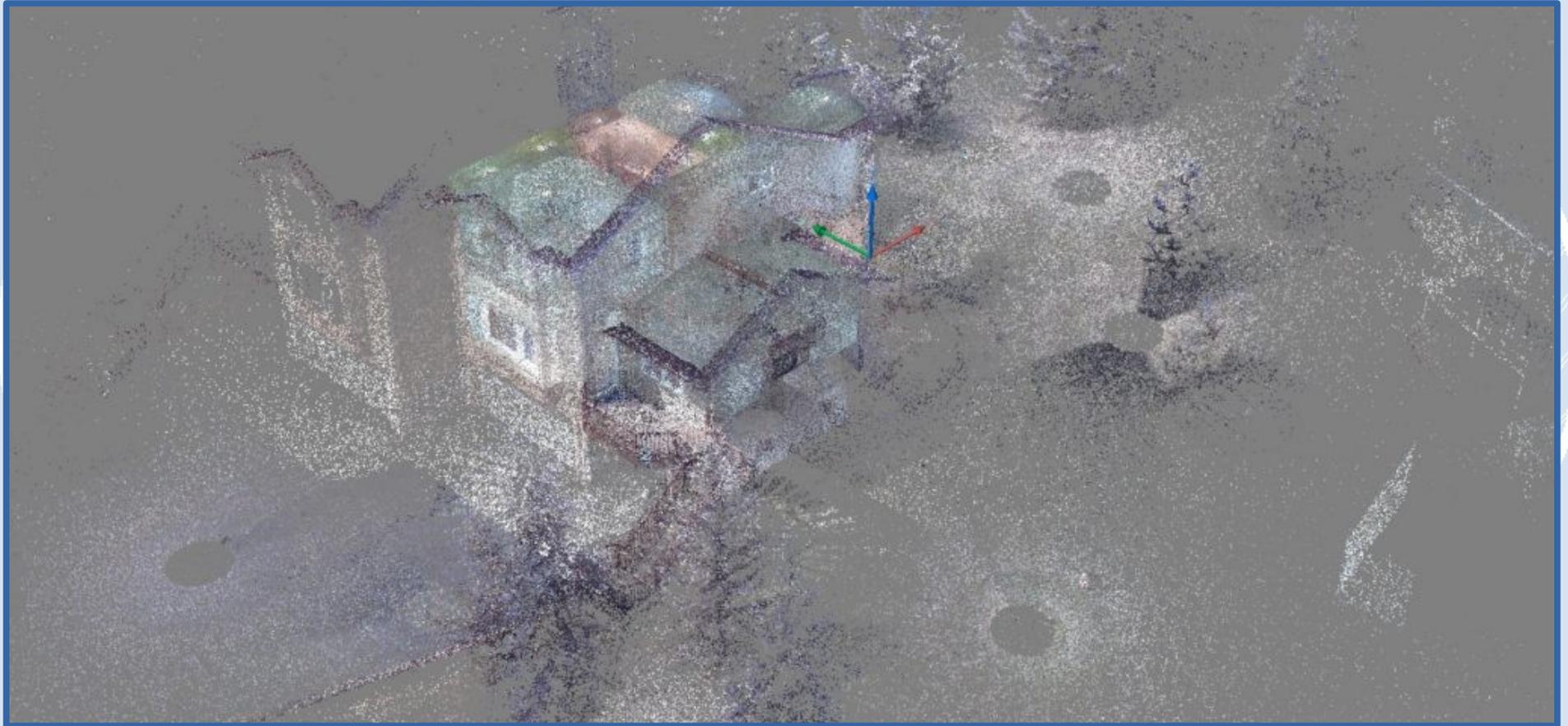
Immaginiamo di fare questa operazione per milioni di punti (dataset da migliaia di foto per voli anche con 15'000 immagini) serve un PC con prestazioni non comuni!



comuni!

Io utilizzo una workstation grafica realizzata su specifiche fornite direttamente da Pix4D.

Il prodotto “principe” dell’elaborazione di un software SFM è la NUVOLA DI PUNTI.



Si definisce “Nuvola di Punti” un insieme di punti caratterizzati dalla loro posizione nello spazio e da valori ad essi associati come ad esempio il colore.

Le nuvole di punti servono, di solito, a rappresentare in modo tridimensionale oggetti e/o superfici in rilievo come fabbricati e superficie terrestre.

Sono caratterizzate dalla precisione nella misura con ottime tolleranze sia nei progetti architettonici che territoriali ed urbanistici.

TOPOGRAFIA DA DRONE



Il primo risultato dell'elaborazione è una Nuvola di Punti denominata "Sparsa" che forma l'ossatura del rilievo fotogrammetrico.

Dopo la creazione della Nuvola Sparsa è necessario inserire nel software le coordinate dei Target rilevati in modo che vengano “confrontati” con quelli presenti nella Nuvola.

In questa fase la nuvola viene scalata, orientata e calibrata sui punti noti.

Viene quindi generato un report che riassume tutte le fasi dell'elaborazione e dove si evidenziano gli scarti fra le coordinate rilevate e quelle ricavate dal calcolo.

Ora è possibile capire l'accuratezza del rilievo e decidere se le operazioni rispondono alle nostre aspettative!!!

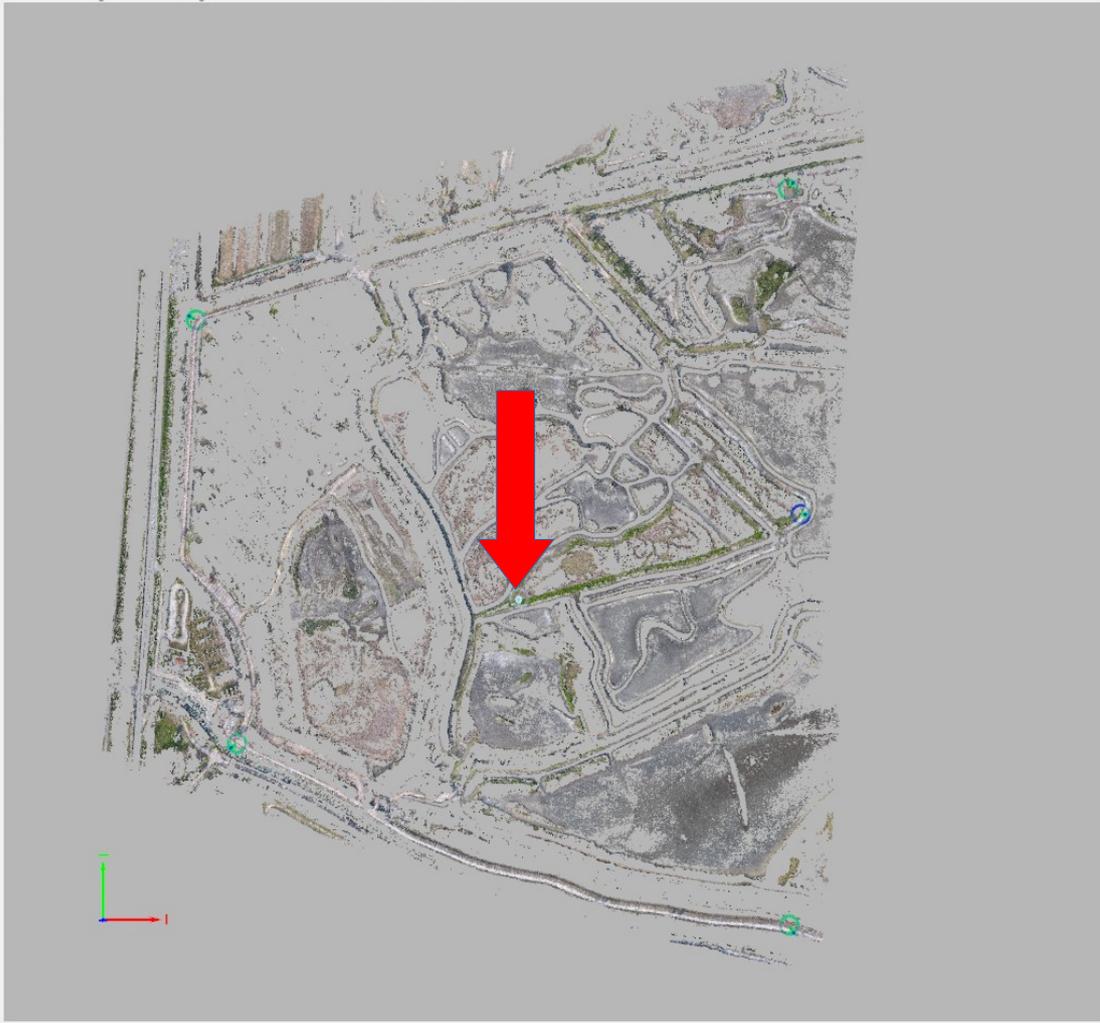
rayCloud

Home
Mappa
Volumi
Editor di Mosaico
Calcolatore di Indici

Layers

- Camere
- Raggi
- Tie Points
- GCP / MTP
 - Proprietà di Visualizzazione
 - T1 (9)
 - T2 (14)
 - T16 (8)
 - T19 (7)
 - T18 (10)
 - T17 (11)**
 - Automatico
- Nuvole di Punti
 - Nuvola di Punti densificata
 - Proprietà di Visualizzazione
 - Volo_1_group1_densified_po
- Gruppi di Punti
 - Proprietà di Visualizzazione
 - Unclassified
 - Disabled
 - Ground
 - Road Surface
 - High Vegetation
 - Building
 - Human Made Object
 - Mesh 3D
 - Oggetti

Opzioni di Elaborazione



Proprietà

Selezione

T17 (GCP 3D)

Classificazione:	T17
Tipo:	GCP 3D
X [m] Arbitrario:	429.972
Y [m] Arbitrario:	990.784
Z [m] Arbitrario:	0.072
Precisione orizzontale [m]:	0.020
Precisione Verticale [m]:	0.020
Numero di immagini contrassegnate:	11
S ₀ ² [pixel]:	0.4963
Error teorico S(X,Y,Z) [m]:	0.006, 0.006, 0.014
Distanza massima del raggio ortogonale D (X, Y, Z) [m]:	0.037, -0.010, -0.009
Errore posizione iniziale GCP [m]:	-0.073, 0.052, 0.001
Posizione iniziale [m]:	429.972, 990.784, 0.072
Posizione calcolata [m]:	430.045, 990.732, 0.071

Immagini

Dimensione Immagine Livello Zoom

The image grid shows six thumbnails of aerial imagery. Each thumbnail has a yellow circle with a green crosshair indicating a ground control point (GCP). The thumbnails are labeled as follows:

- DJI_ (621).JPG GCP: T17
- DJI_ (622).JPG GCP: T17
- DJI_ (655).JPG GCP: T17
- DJI_ (620).JPG GCP: T17
- DJI_ (656).JPG GCP: T17
- DJI_ (567).JPG GCP: T17



In questa fase il rilievo viene fatto aderire all'ossatura costituita dal rilievo topografico.



Successivamente avviene un raffittimento dei punti ottenendo la Nuvola denominata “Densa” utilizzata per l’estrazione dei dati topografici.

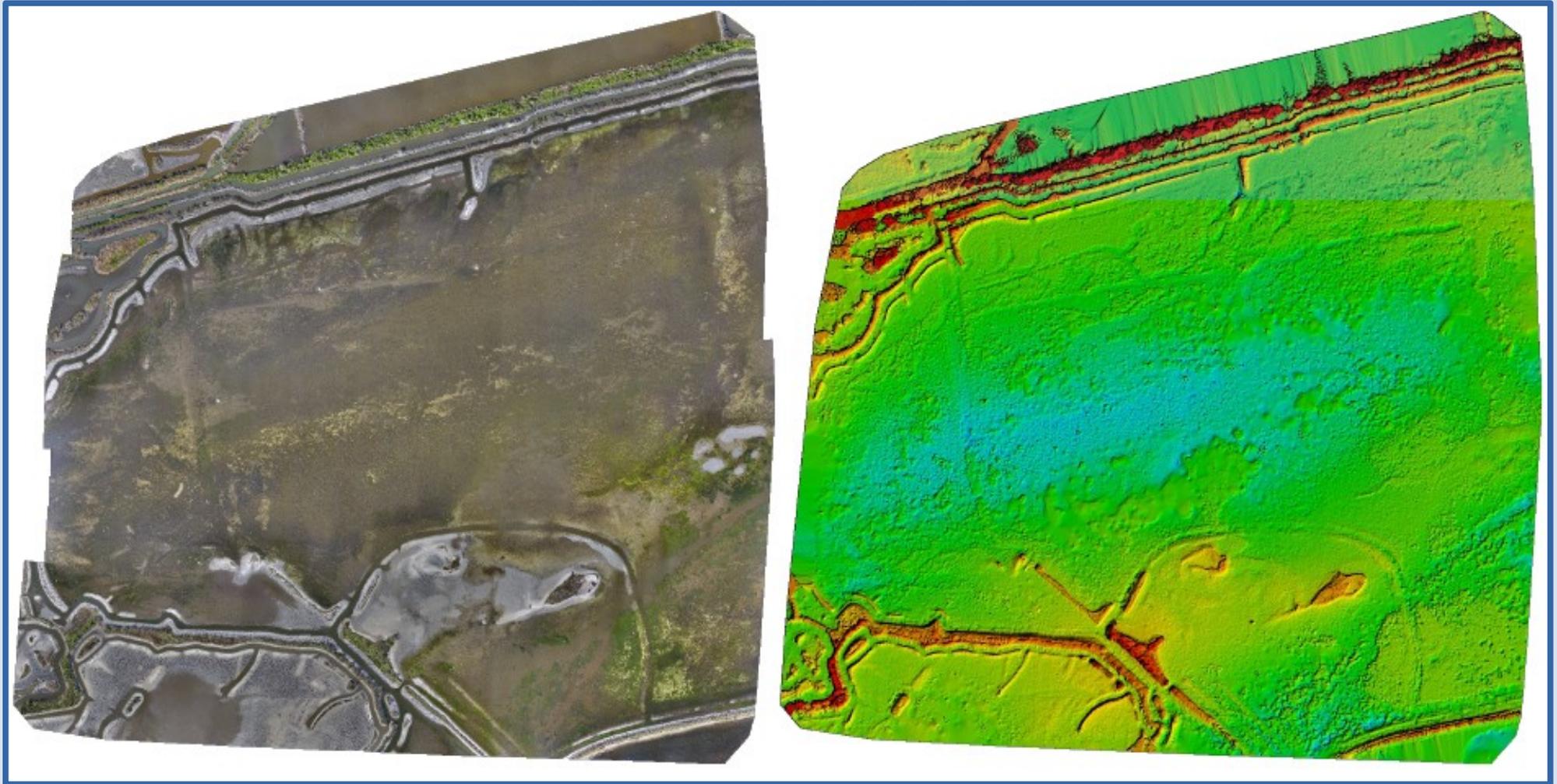


La Nuvola è interrogabile sia per misurare delle distanze sia per conoscere un singolo punto.

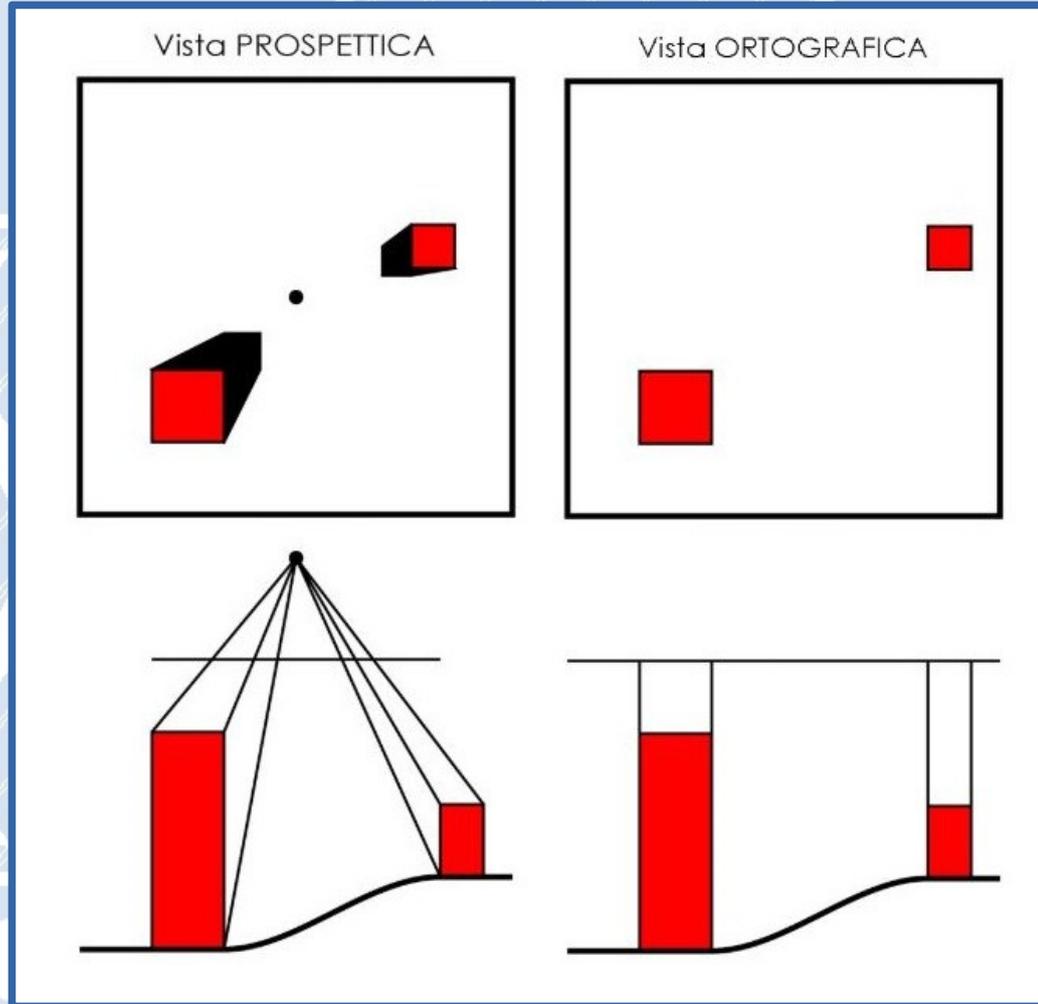


...creare piani quotati.....

.....Ortofoto e modelli DEM (DSM-DTM).



UNA FOTO DALL'ALTO NON E' UN'ORTOFOTO!!!!



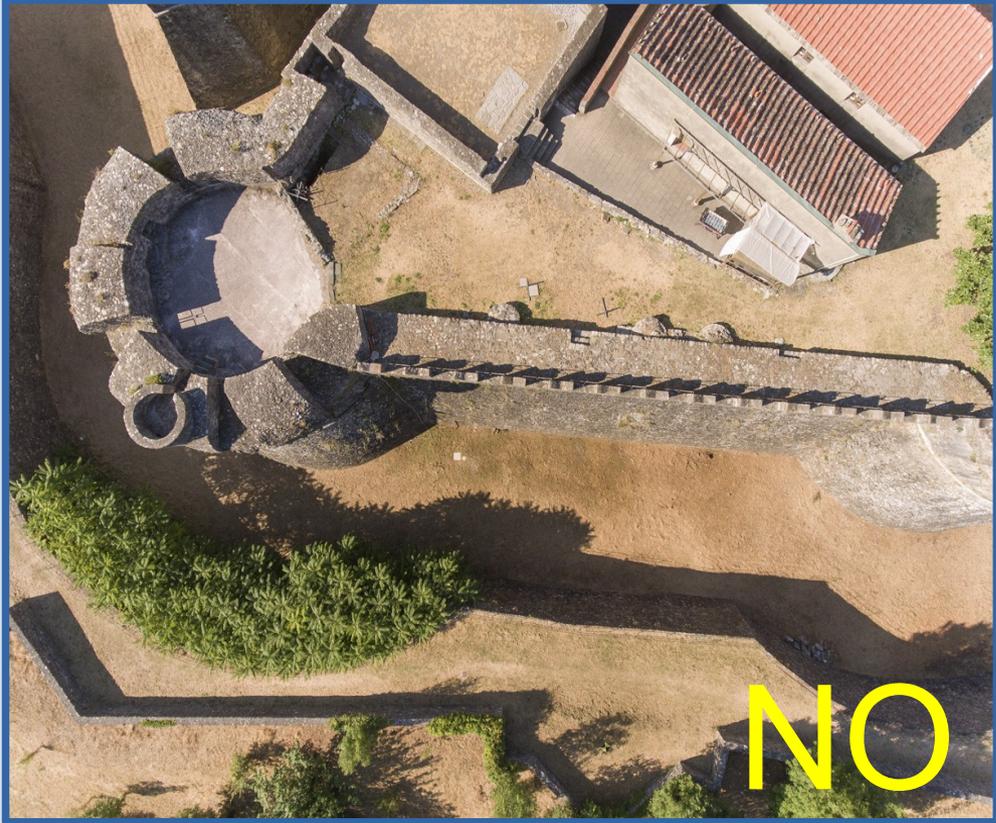
DLE

TI

DRONE

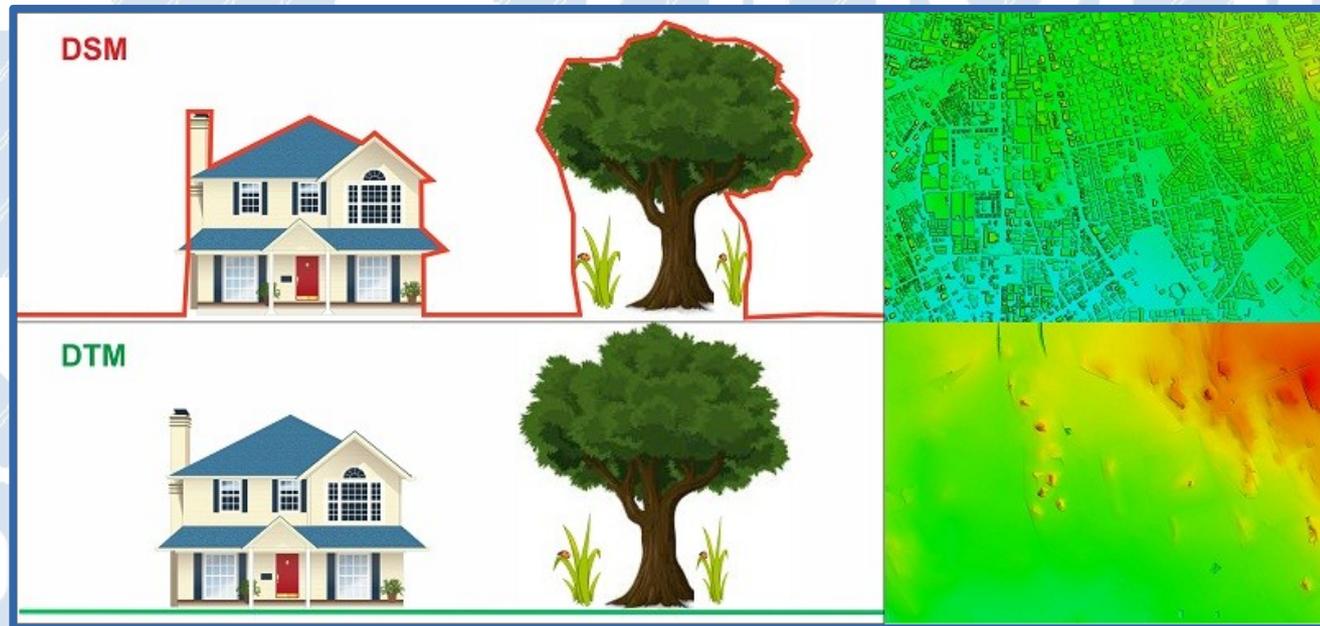
TOPO

UNA FOTO DALL'ALTO NON E' UN'ORTOFOTO!!!!



TOPOGRAFIA DA DRONE

il DSM identifica il Modello Digitale della Superficie cioè tutto quello presente sulla superficie compresi alberi, fabbricati, auto, ecc. mentre il DTM identifica il Modello Digitale del Terreno perciò solamente la superficie "ripulita" dalle sovrastrutture.



APR per la Fotogrammetria



Ala Fissa



Multicottero

TOPOGRAFIA DA DRONE

Ala Fissa



- * Grande autonomia di Volo (fino a 45 minuti)
- * Copertura di grandi estensioni
- * Ridotta manutenzione
- * Ridotta capacità di carico
- * Obbligo di decollo/atterraggio orizzontale
- * Impossibilità di hovering
- * Solo applicazioni fotogrammetriche
- * No Gimbal

DI
PUNTI

FOTOGRAFIA DA DRONE

Ala Fissa



Il decollo e l'atterraggio di un APR ad Ala Fissa richiede spazi di manovra molto ampi e con nessun ostacolo. Perciò utilizzabile in zone molto isolate.

DRONE

Multirottore

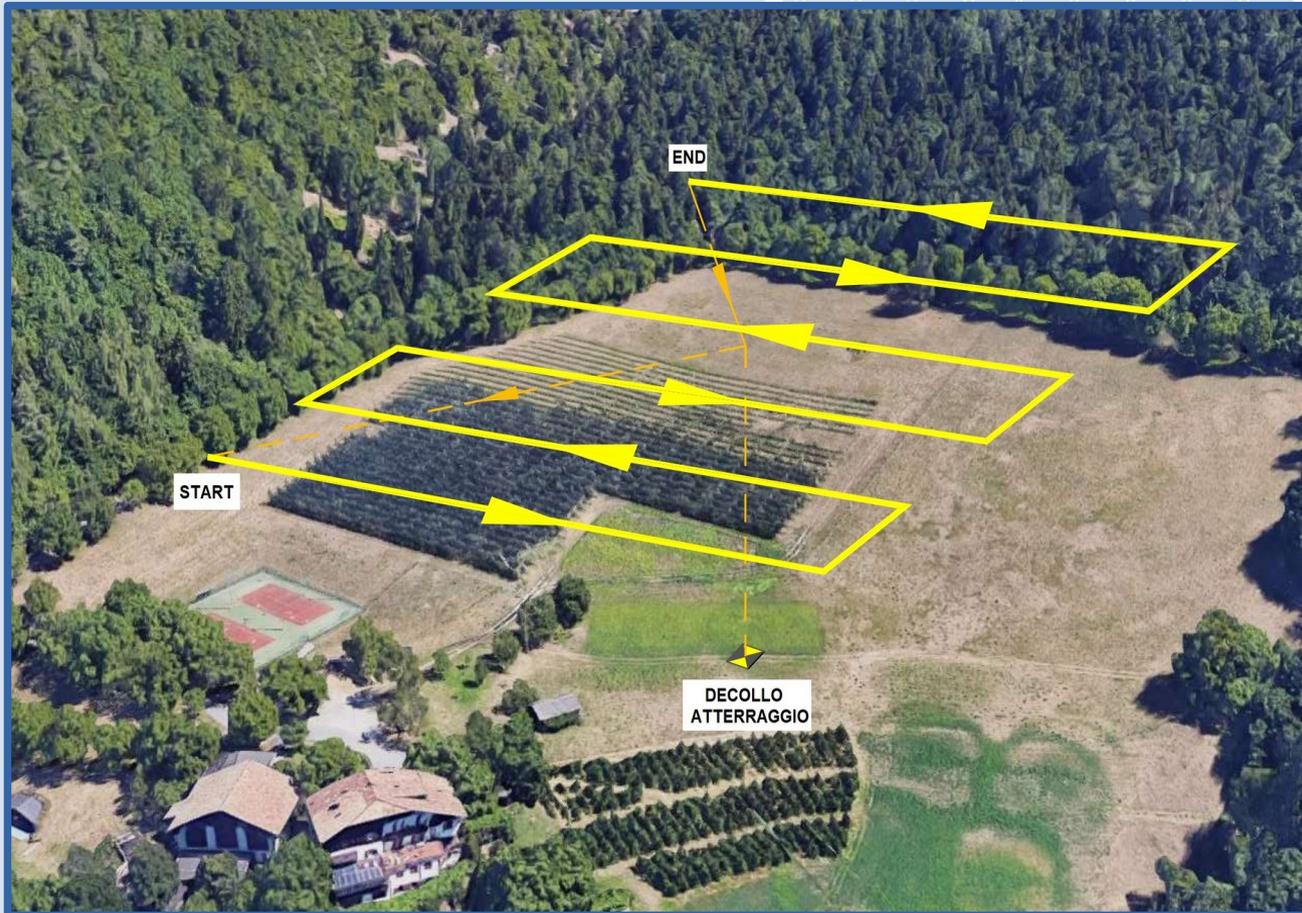


- * Autonomia di Volo limitata (fino a 25 minuti)
- * Maggiore manutenzione
- * Maggiore capacità di carico
- * Decollo/atterraggio verticale
- * Possibilità di hovering
- * Possibilità d'impiego oltre la fotogrammetria
- * Presenza del Gimbal

PUNTI

DA DRONE

Multirotore



Il decollo e l'atterraggio di un APR Multirotore avviene in modo verticale e quindi non vengono richiesti spazi di manovra ampi.

Possono esserci anche ostacoli vicino alla zona H.

Perciò utilizzabile in zone anche complesse.

Altre Applicazioni



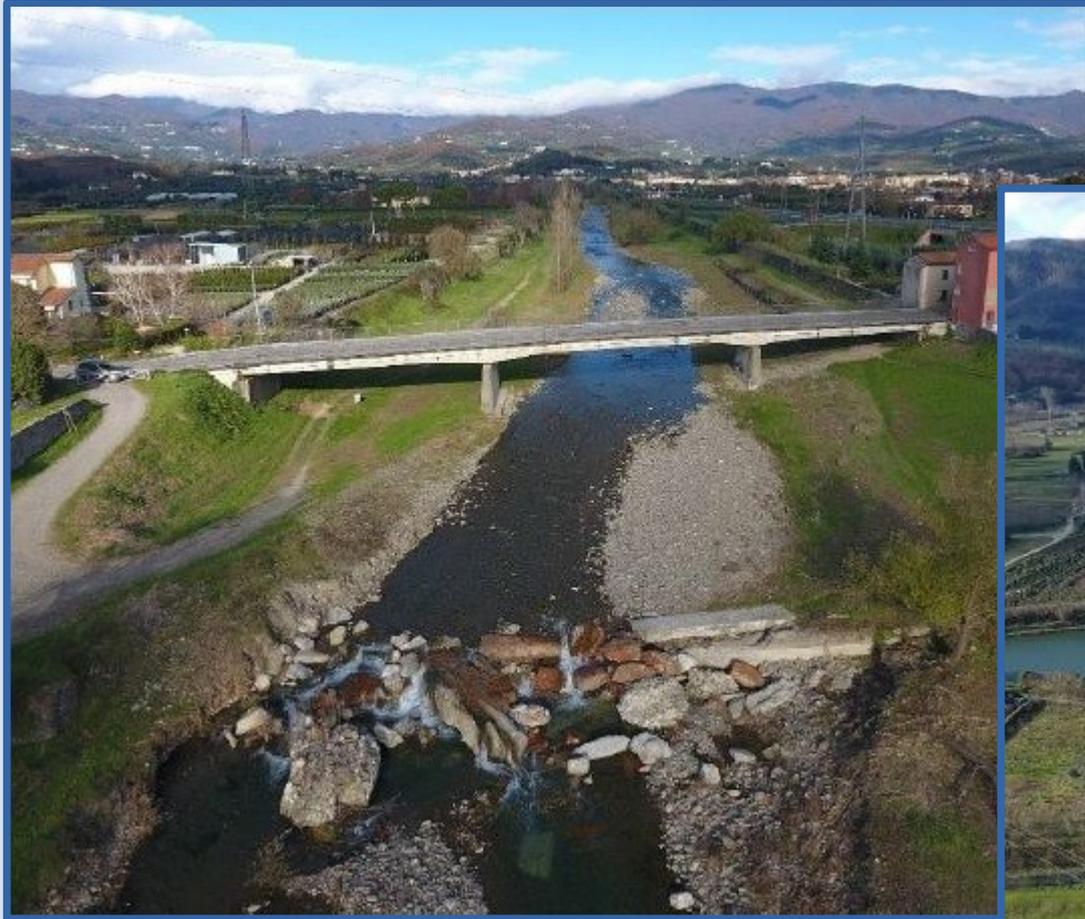
I droni si possono utilizzare anche per altri scopi come per esempio ISPEZIONI di strutture

...impianti eolici o antenne
radio....



DRONE

...dissesto Idrogeologico...

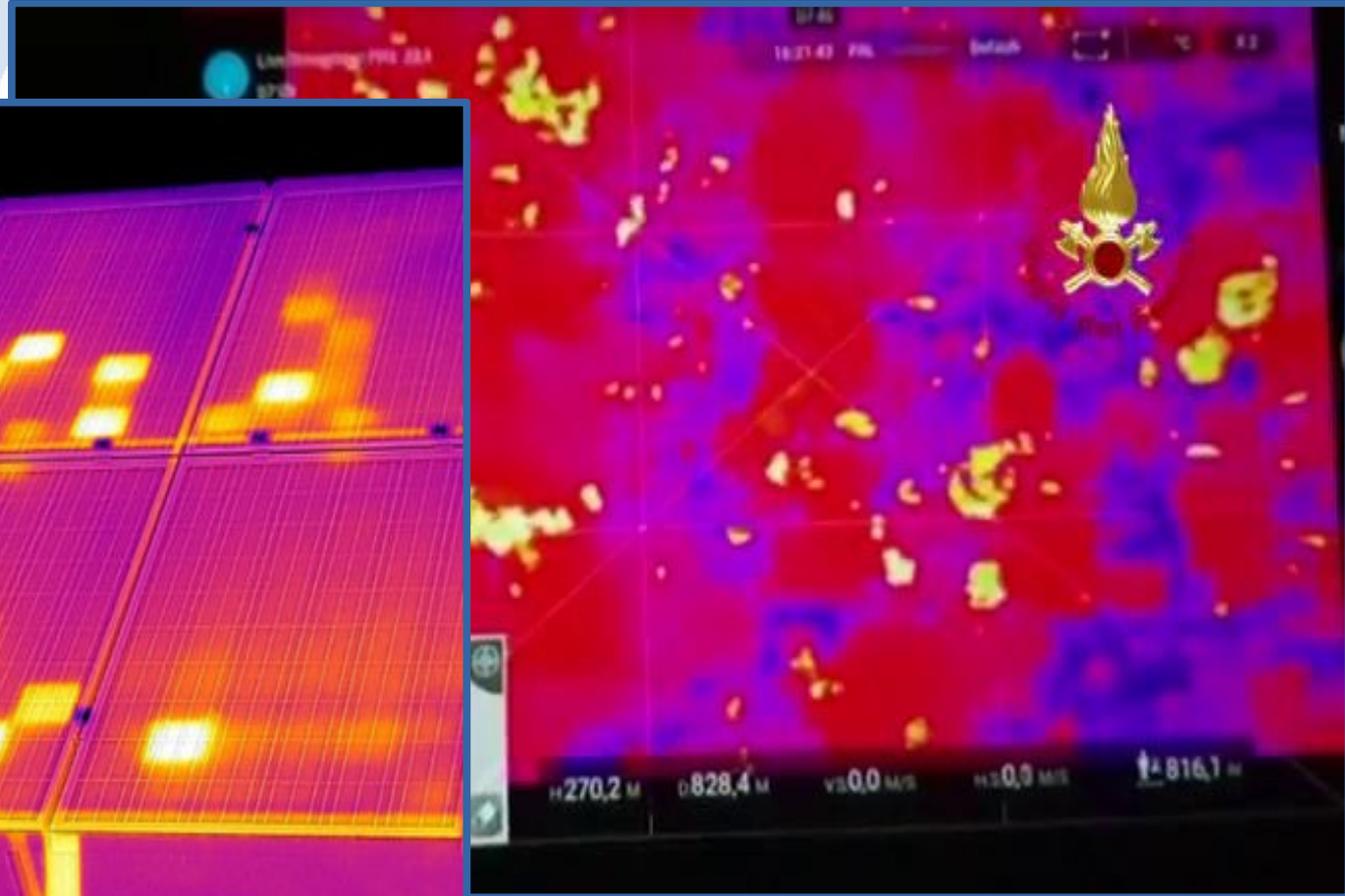
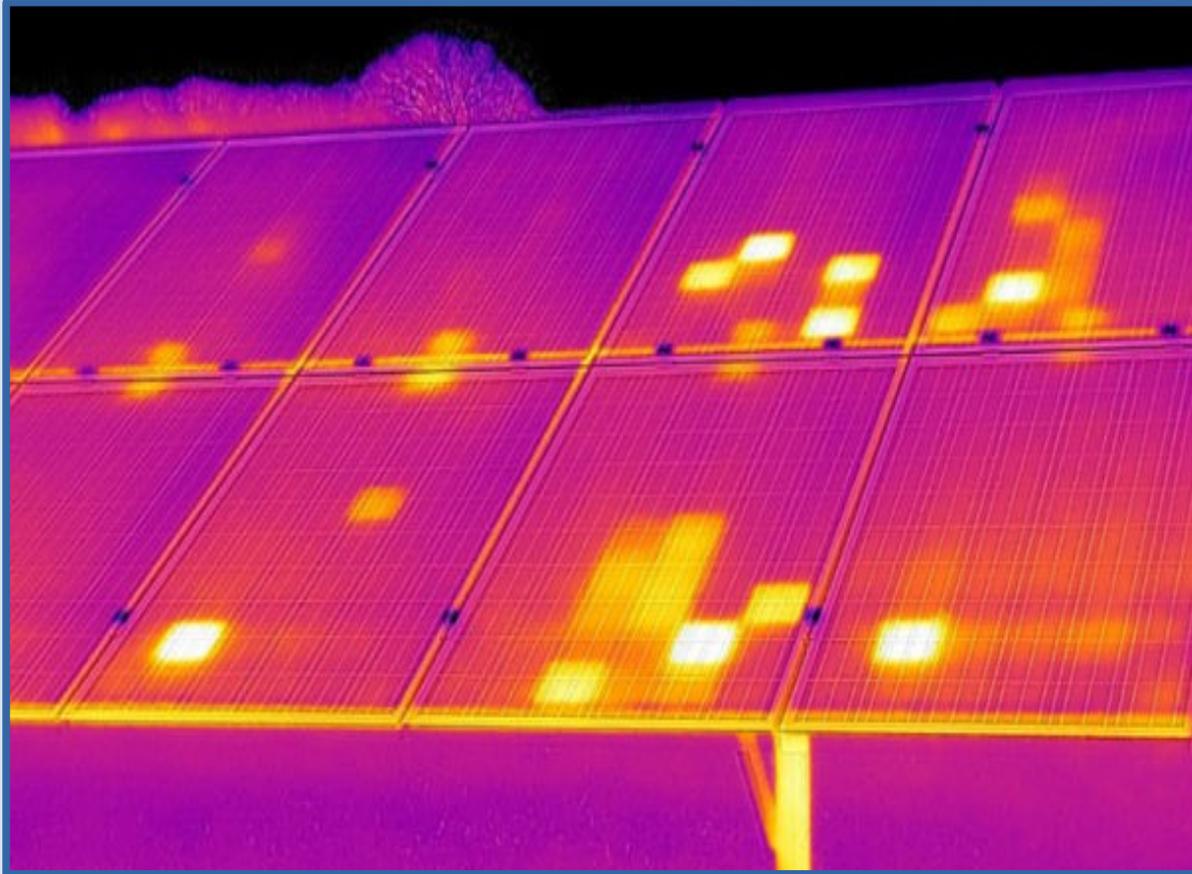


TOPOGRAFIA

...archeologia...



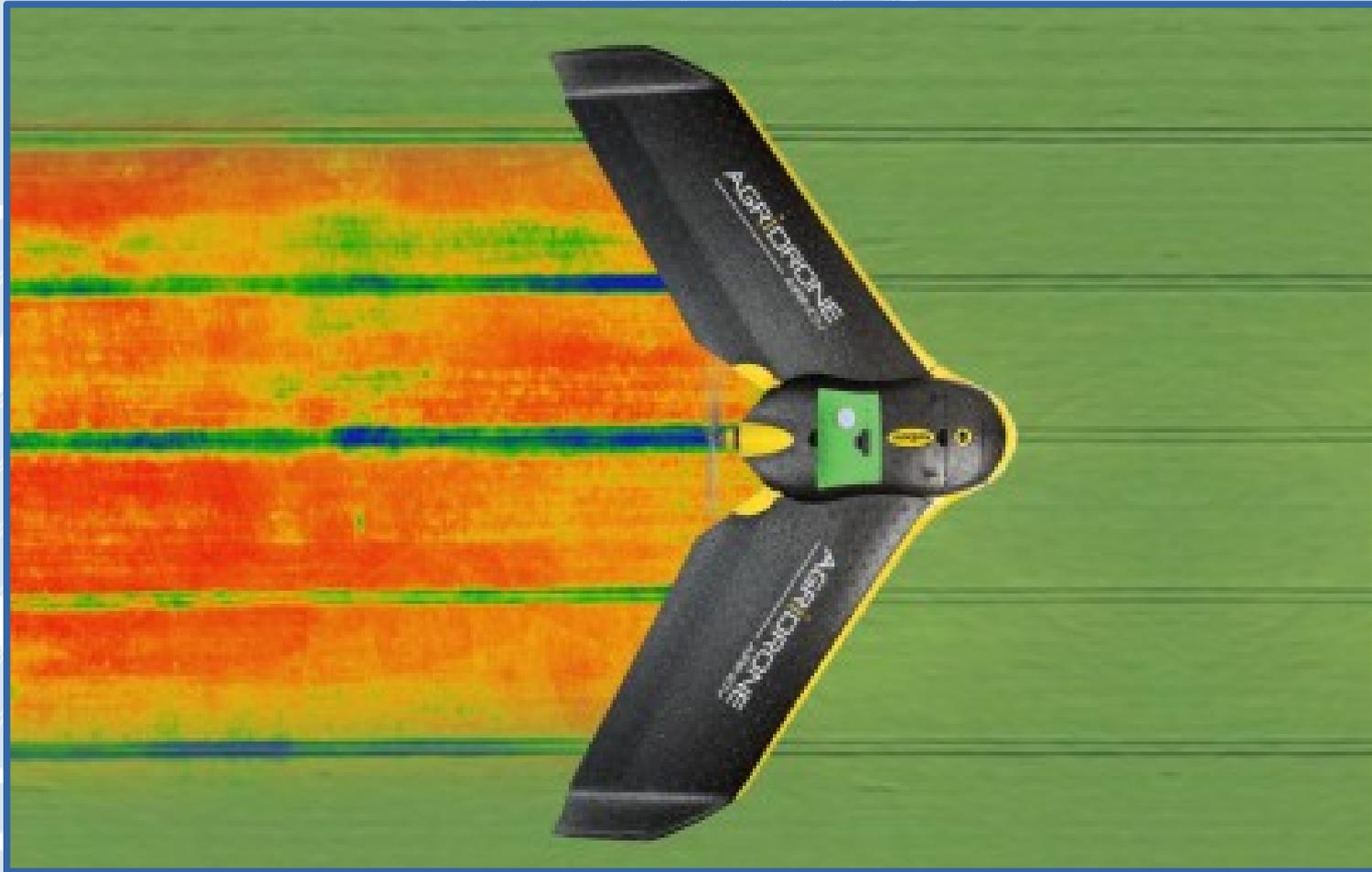
... pannelli fotovoltaici o ricerca persone disperse...



(Termocamera)

DA DRONE

..... agricoltura



(Telecamera Multispettrale)

... soccorsi vari.....



TOPOGRA

“meglio le vecchie maniere!!!!!!”



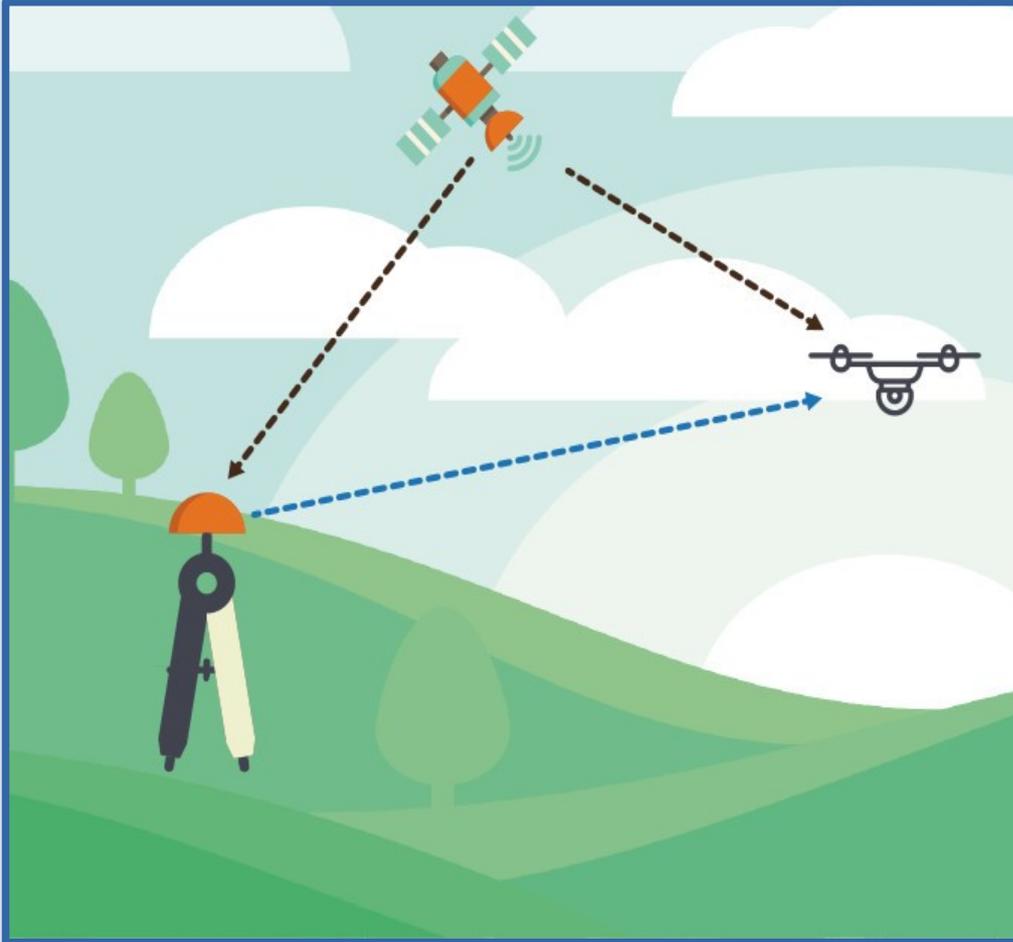
Droni RTK

Il sistema di posizionamento GPS RTK per i droni, è una delle tecnologie più recenti nell'ambito APR e comporta innumerevoli vantaggi applicativi.

Oggi con la miniaturizzazione dei sistemi di posizionamento, il sistema RTK entra con prepotenza nel mondo dei droni.

Il sistema consente il posizionamento satellitare in tempo reale del drone con una singola stazione di riferimento e fornisce un'accuratezza centimetrica.

Sistema RTK



DRONE

Nell'immaginario collettivo si pensa che un drone equipaggiato col modulo RTK sia una soluzione che permette di ottenere una precisione centimetrica, senza la necessità di altre operazioni!

Perciò l'idea è che si può fare fotogrammetria senza l'ausilio dei Target e della strumentazione topografica.

In realtà la precisione del GPS RTK può garantire precisioni nell'ordine della decina di centimetri.

Dato più che sufficiente per realizzare mappe GIS e ricostruire modelli 3D ma non completamente idoneo a sostituire il rilievo topografico dei punti a terra!!!!!!

Il vero punto di forza delle antenne RTK a bordo dei droni è quello di poter rilevare anche zone o aree inaccessibili e/o pericolose.

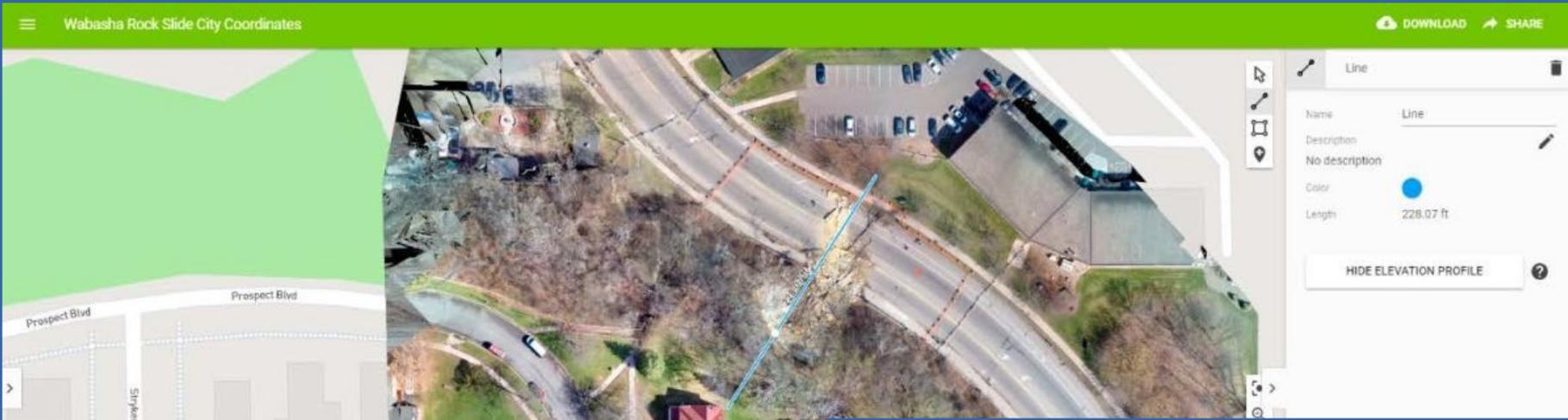
In questo tipo di scenari l'RTK diventa un vantaggio irrinunciabile e permette di avere buone precisioni senza rischiare!!!





Esempio reale.
Rilievo RTK di una frana.

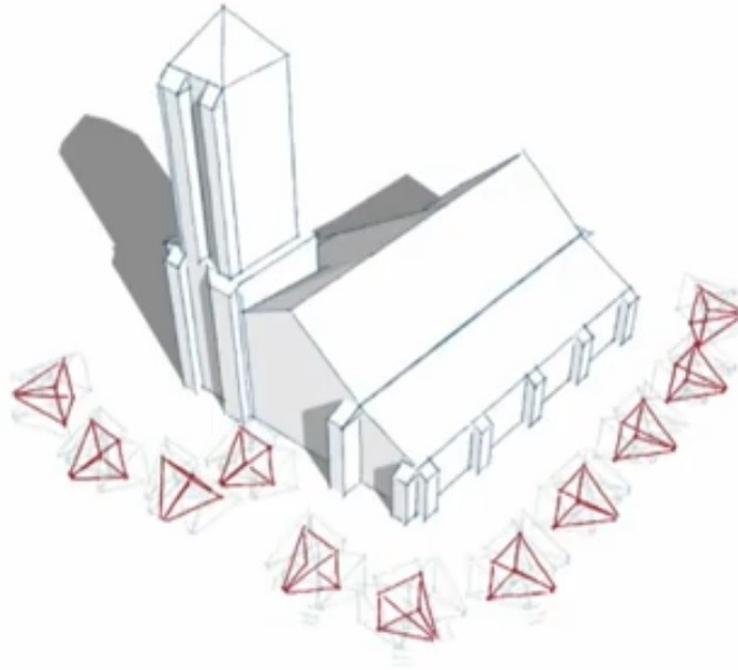
TOPOGRAFIA



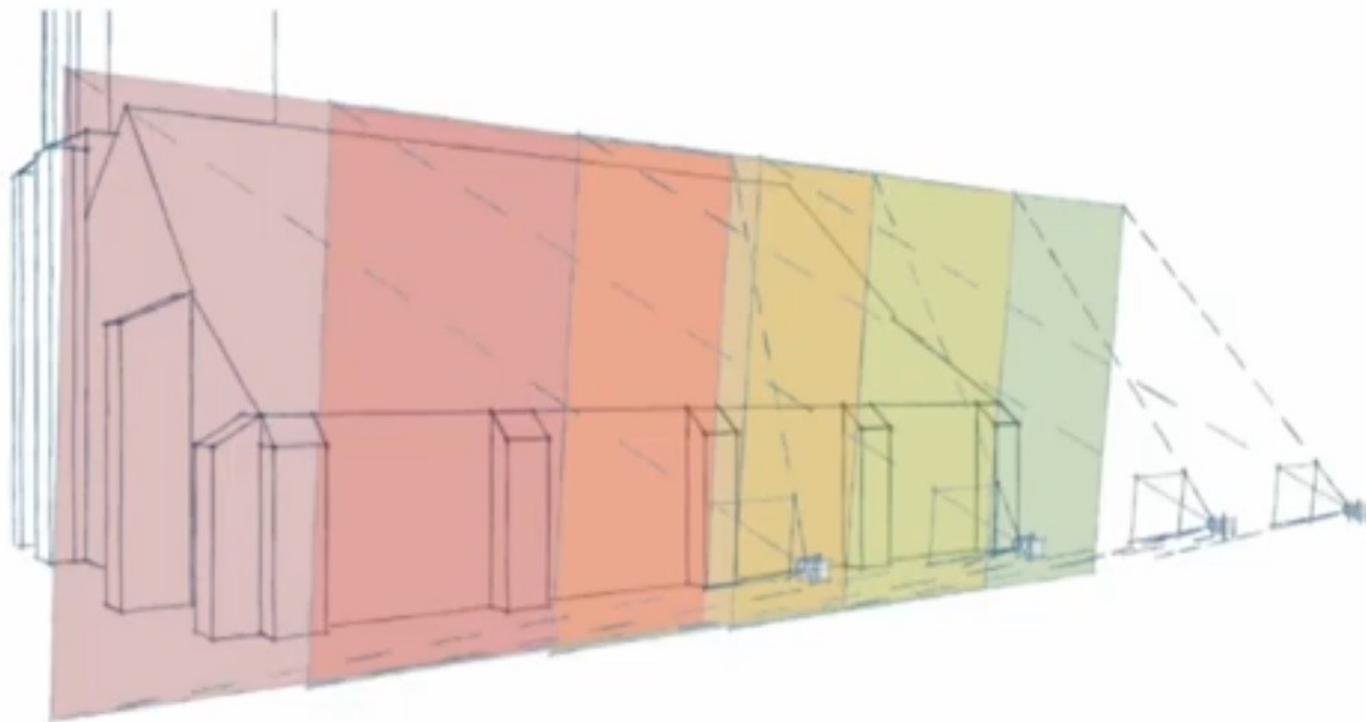
Esempio reale.
Rilievo RTK di una frana.

TOPOGRAFI

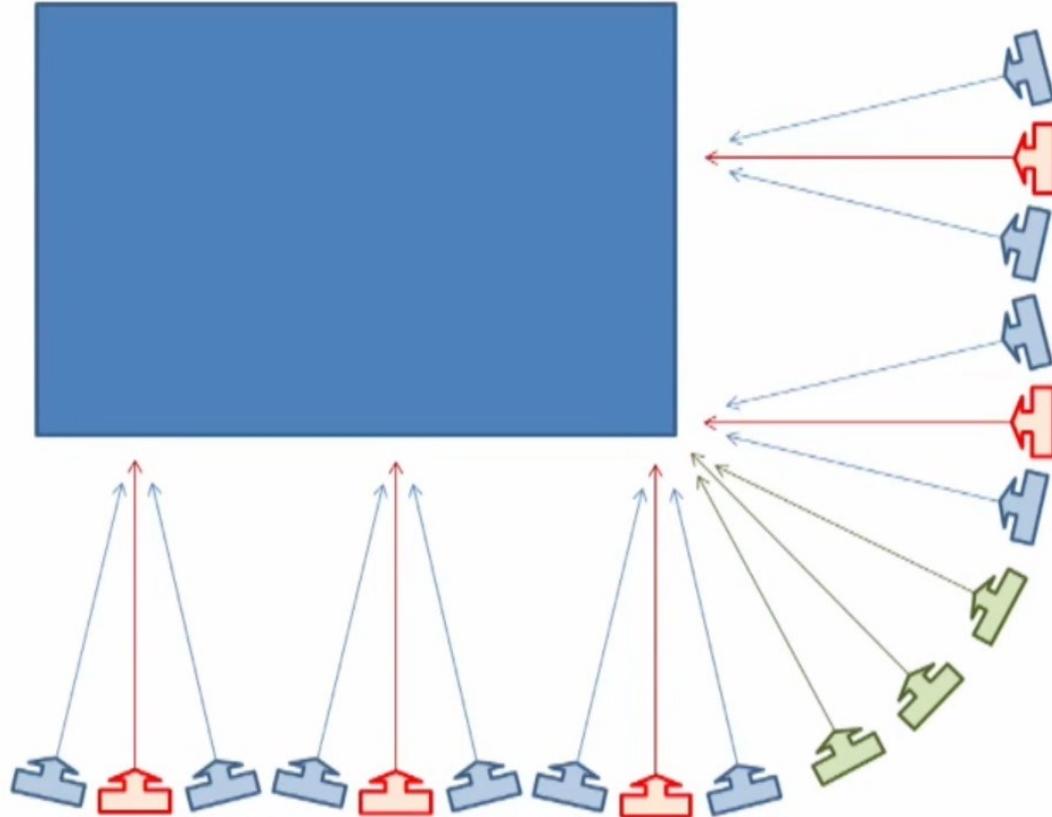
Fotogrammetria Terrestre.



Vanno rispettate le regole di sovrapposizione



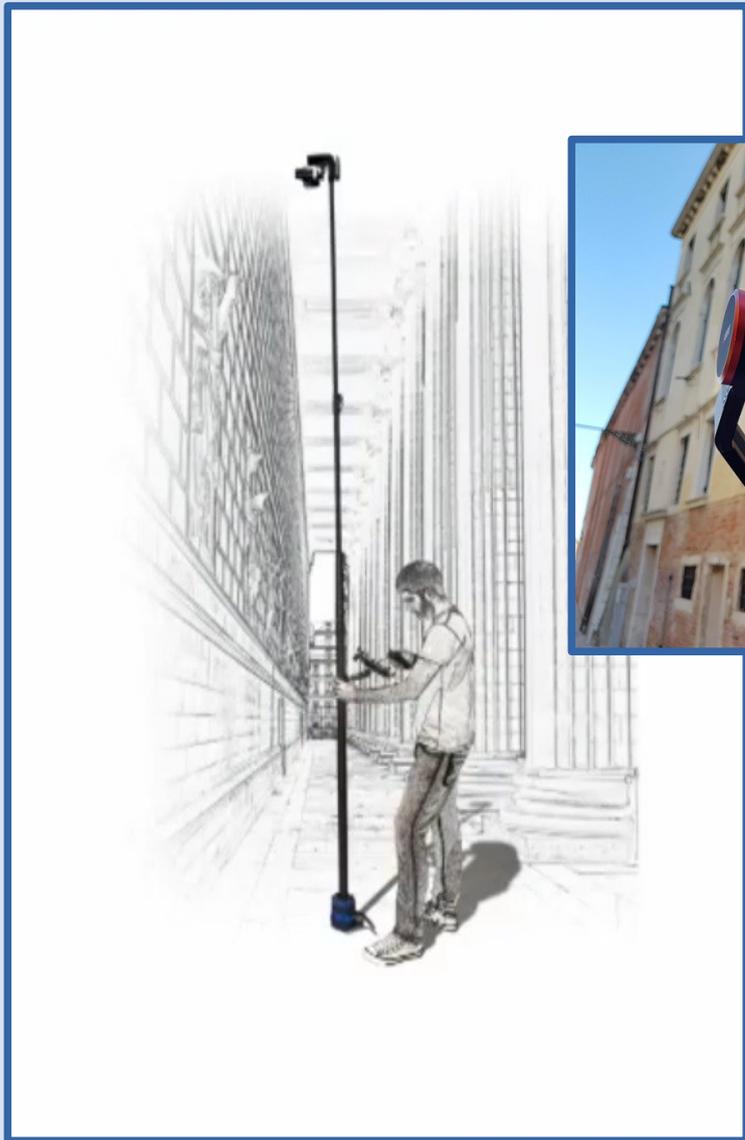
Attenzione agli angoli!!!!!!





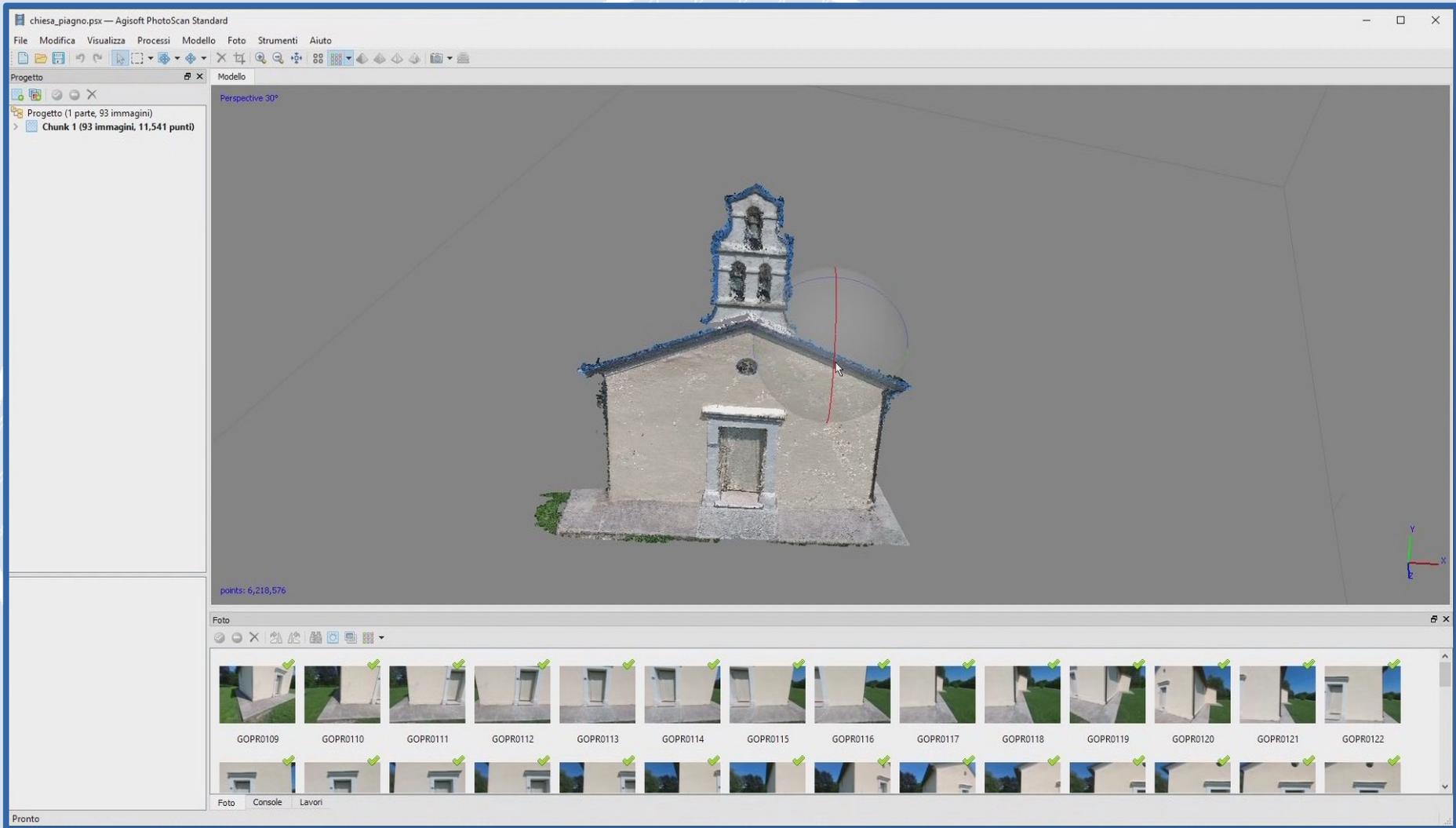
Per gli edifici alti si utilizzano delle aste telescopiche dove la fotocamera viene comandata da un tablet o smartphone via Bluetooth o Wi Fi.

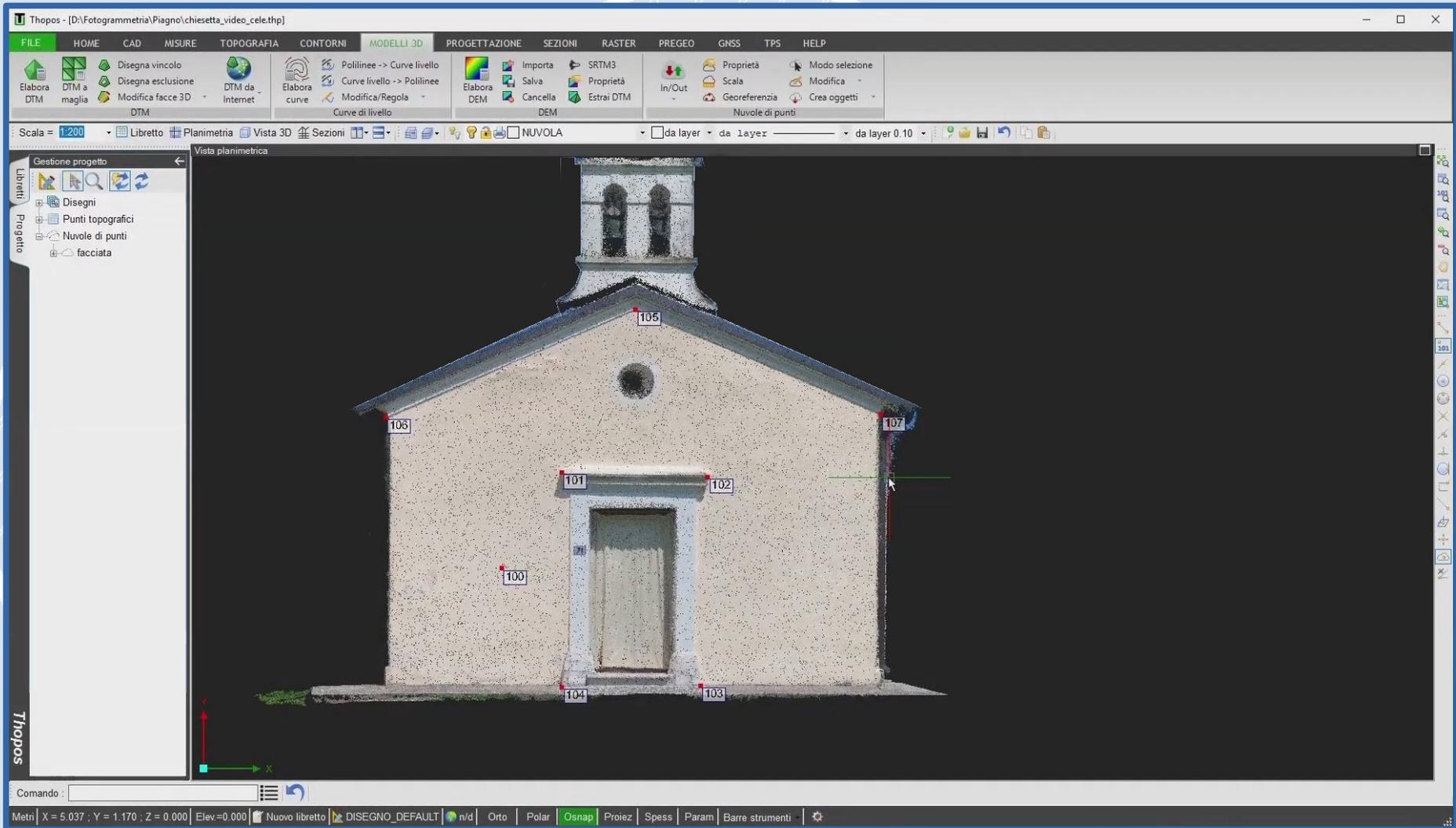
“Ovviamente si può utilizzare il drone per fotografare i tetti”.

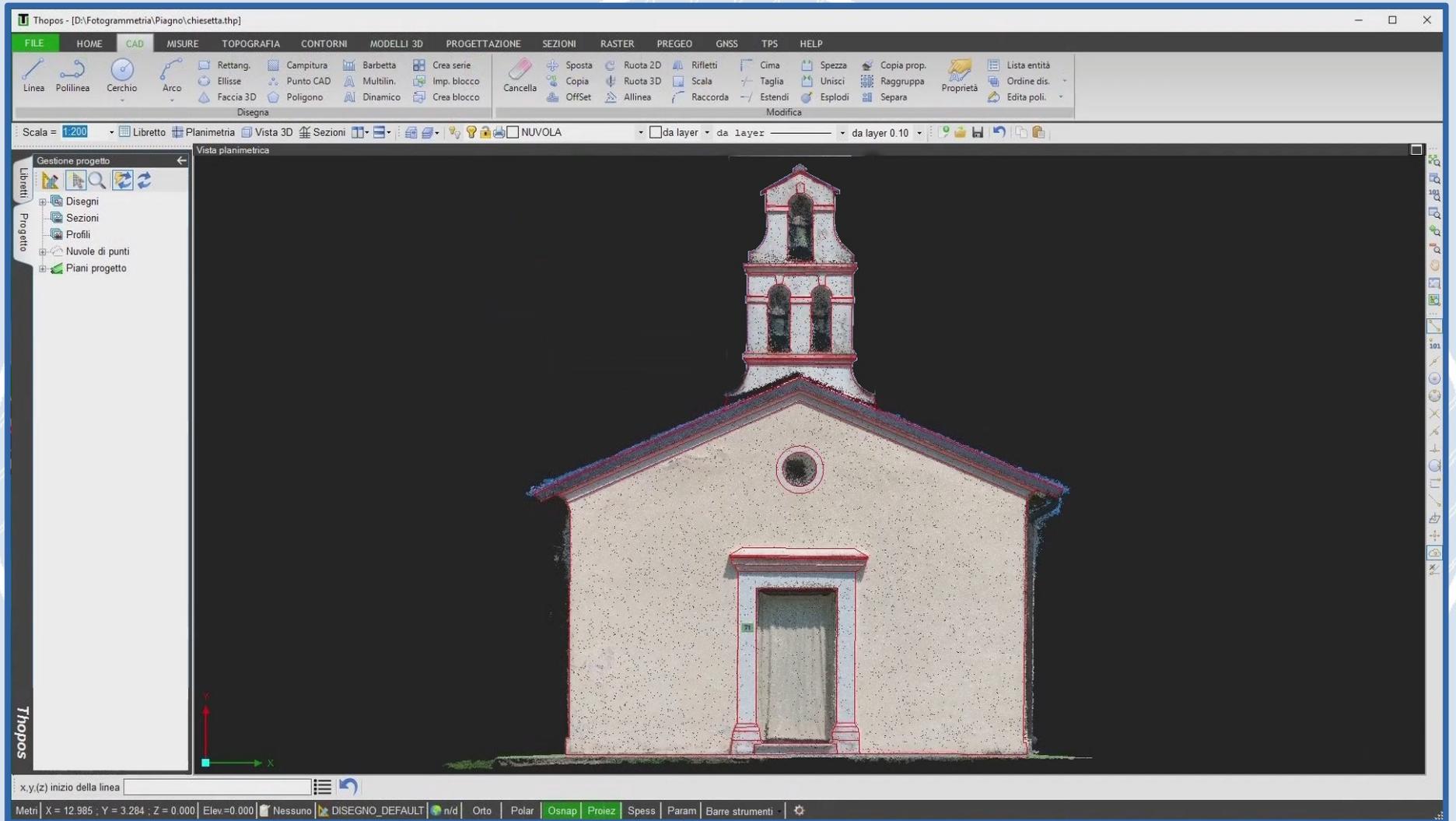


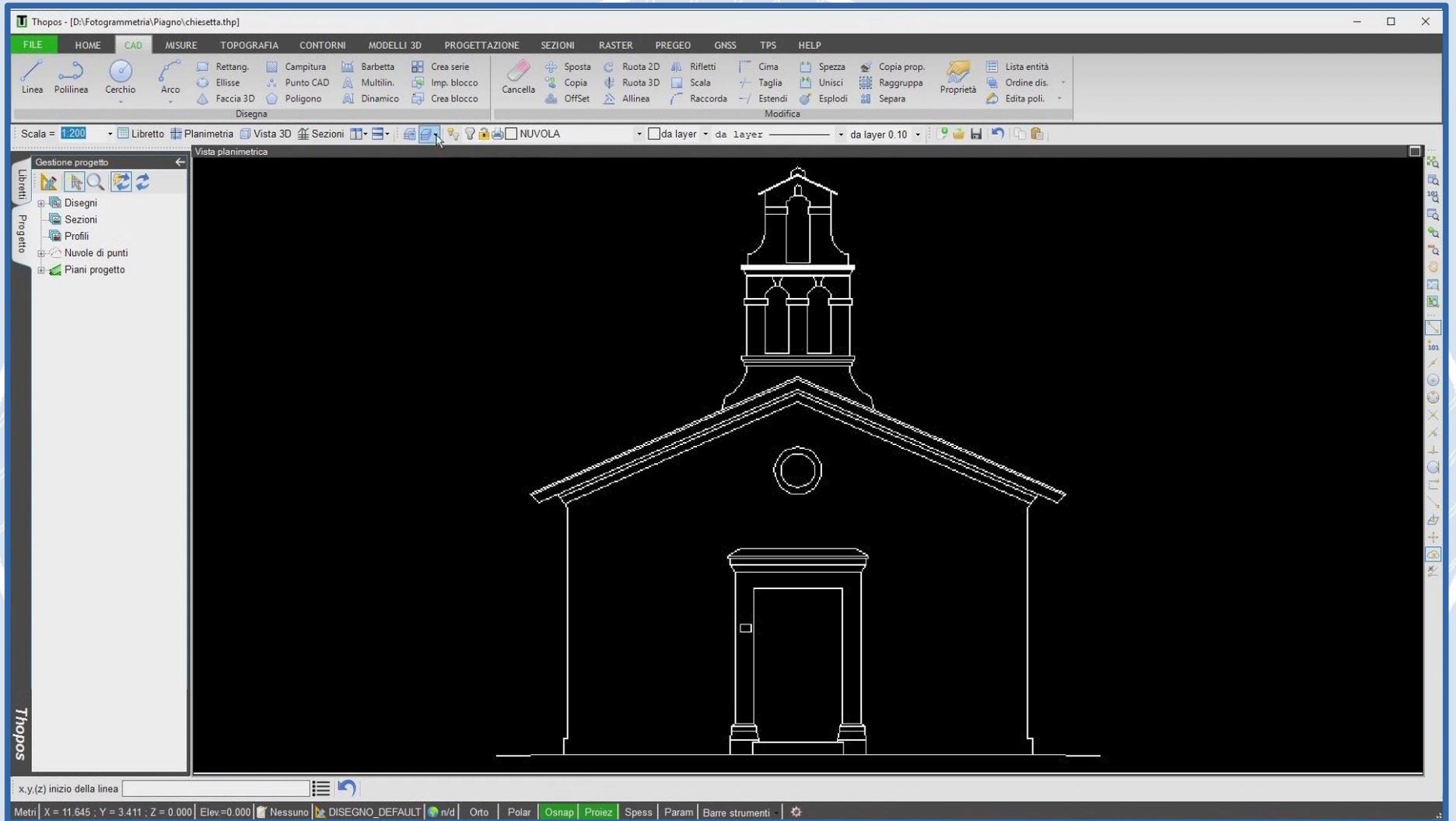












Regole dell'aria



Definizioni



ENTE NAZIONALE AVIAZIONE CIVILE
Ha funzioni amministrative, tecniche e regolamentari



ENTE NAZIONALE PER L'ASSISTENZA
AL VOLO
Fornisce servizi alla navigazione aerea civile nello spazio aereo di competenza italiana.



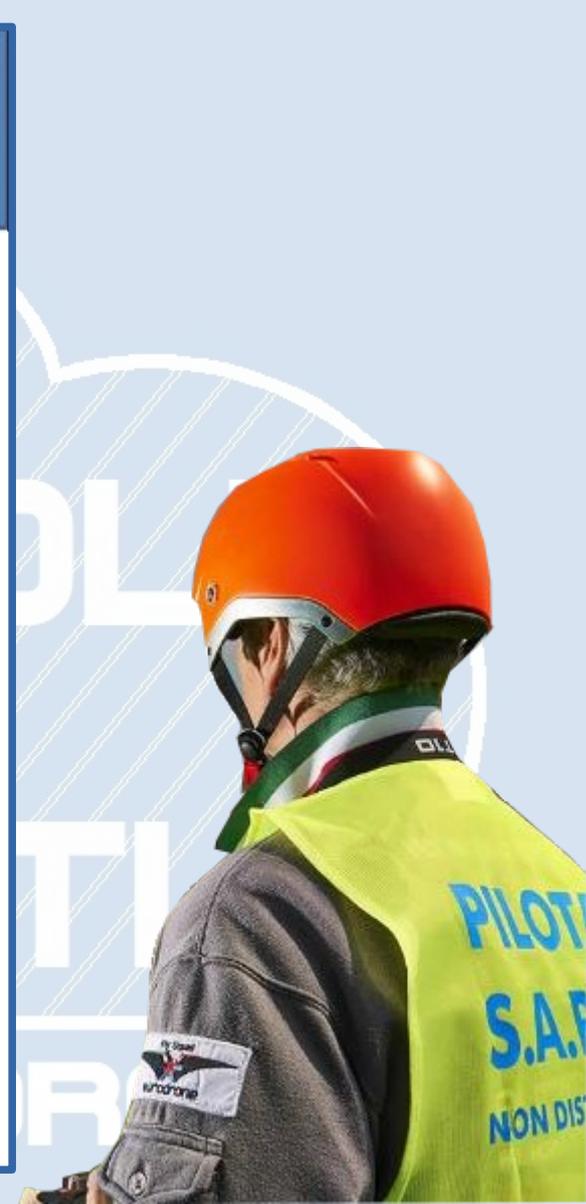
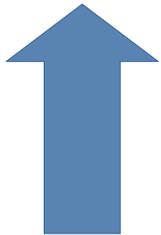
Definizioni

DRONE

U A V = Unmanned Aerial Vehicle (Veicolo Aereo senza equipaggio)

A P R = Aereomobili a Pilotaggio Remoto

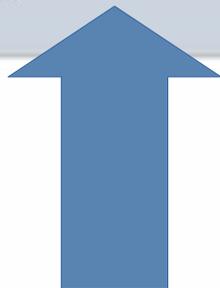
S A P R = "Sistema" Aeromobile a Pilotaggio Remoto
(APR+Radiocomando+Tablet)



regolamento ENAC

massa al
decollo < 25 Kg

- utilizzati dai
Tecnici



massa al
decollo > 25Kg

- operazioni
non tecniche

courtesy Topoprogram



Classi di APR

Si possono poi individuare delle sottoclassi sempre secondo il peso:

< 300g

> 300g {

- VL = VERY LIGHT da 300g a 4 Kg
- V = LIGHT da 4 a 25 Kg
- ~~H = HEAVY oltre i 25 Kg~~

courtesy Topoprogram



regolamento ENAC

operazioni critiche

- aree congestionate
- assembramenti di persone
- agglomerati urbani
- infrastrutture sensibili

operazioni NON critiche

- tutte quelle non critiche
- Aree rurali
- In assenza di assembramenti di persone

courtesy Topoprogram



regolamento ENAC

autorizzazione operazioni critiche

- necessaria autorizzazione ENAC
- presentare specifica pratica per il mezzo

dichiarazione operazioni NON critiche

- dichiarazione dell'operatore sul sito ENAC con attestazione dell'osservazione del regolamento

courtesy Topoprogram



regolamento ENAC

PILOTA

- scuola di volo teorica
- scuola di volo pratica
- certificato medico LAPL
- L'attestazione di pilota si deve rinnovare ogni 5 anni
- riconoscibile tramite giubbotto
- segnalare a ENAC eventuali incidenti

SAPR

- targhetta su APR e radiocomando
- sistemi di verifica quota e regole dell'aria
- deve essere coperto di assicurazione
- deve essere riconosciuto da ENAC

ORGANIZZAZIONE

- organizzazione tecnica ed operativa adeguata
- Manuale di volo
- manuali delle operazioni e procedure
- tipologia di operazioni
- analisi rischio
- registro di volo

NB Pilota ed Oganizzazione possono essere la stessa persona.

courtesy Topoprogram



regolamento ENAC

requisiti volo a vista "Vlos"

- 500 m raggio
- quota 120 m
- Non meno di 5 Km punto centrale aeroporti
- di giorno con controllo visivo
- almeno 50 m da persone

requisiti volo In zone interdette

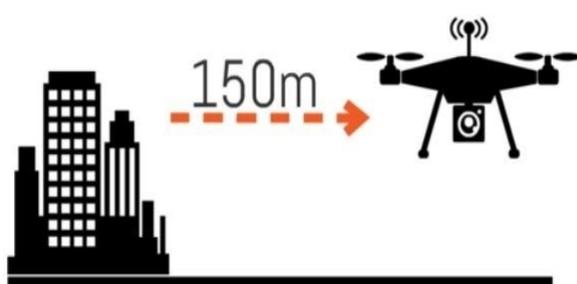
- solo su specifica autorizzazione dell'ENAC (NOTAM)
- “NOTAM è l'acronimo della dicitura inglese "NOtice To AirMen" e viene utilizzato dai piloti di aeromobili o elicotteri per essere aggiornati sulle ultime informazioni disponibili di un determinato aeroporto”

courtesy Topoprogram

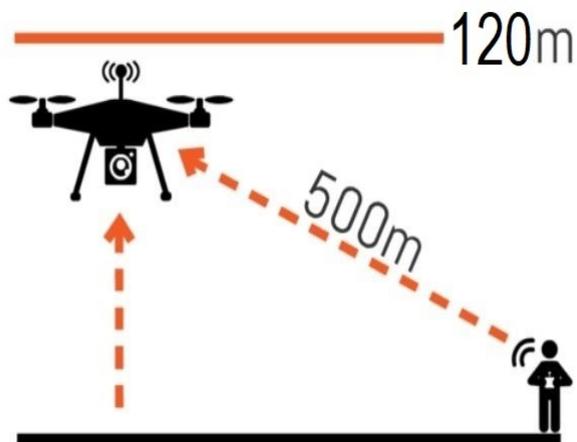




VLOS guida in linea diretta fra APR e Pilota



Volare a + 150 mt. da aree congestionate



Volare ad un raggio di 500 mt. dal Pilota ed a un'altezza massima di 120 mt.



Volare a + 50 mt. da Persone ed Agglomerati Urbani

Area Congestionata è una qualsiasi area utilizzata a fini residenziali, commerciali e ricreativi presente in città, paesi o insediamenti.

Sotto tale aspetto, dunque, un'area che non venga utilizzata, per il tempo delle operazioni di volo, per tali finalità potrebbe essere definibile come area non congestionata!!!!

Il concetto di “assembramento di persone” non è quello basato su un semplice calcolo matematico (esempio 1 persona ogni mq. e con più di 10 persone), ma, invece, quello di rapportare l’“assembramento di persone” al rischio di un'eventuale caduta dell'APR e quindi alle finalità di tale divieto.

Se un drone del peso di 80 grammi provvisto di paraeliche, vola a 5 m di altezza sopra un gruppo di persone e precipita qual'è il rischio di ferire delle persone?

La probabilità che precipiti proprio sopra il gruppo è molto alta, ma il danno che provocherebbe sarebbe basso.

Se, invece utilizzo un “trecentino” che vola a 150 m di altezza sopra un gruppo di persone e questo subisce un malfunzionamento, qual'è il rischio di ferire delle persone? La probabilità che precipiti proprio sopra il gruppo è molto bassa e probabilmente compierebbe una parabola, ma il danno che provocherebbe cadendo sopra il gruppo sarebbe alto.

NB persone non informate del volo!!!!!!

S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	
	Aree urbane.		Rilievi su cantieri in aree extraurbane e rilievi su infrastrutture lineari (e.g. autostrade, elettrodotti, ferrovie, gasdotti).		Riprese televisive/cinematografiche di eventi in aree extraurbane.		
APR	MOD \leq 2kg non "inoffensivi"	2kg<MOD \leq 4kg	4kg<MOD \leq 10kg	MOD \leq 4kg	4kg<MOD<25kg	MOD \leq 4kg	4kg<MOD<25kg
Prescrizioni tecniche							
Luci di Riconoscimento	anteriore/destra verde, anteriore/sinistra rossa e posteriore bianca nel caso di VLOS notturno						
Terminatore	NN	Terminatore	Terminatore indipendente e dissimilare dal sistema di Comando e controllo	NN	Terminatore indipendente e dissimilare dal sistema di Comando e controllo	NN	Terminatore indipendente e dissimilare dal sistema di Comando e controllo
Sistema di Comando e controllo dotato di:	NN	Recovery in caso di perdita Data Link	Recovery in caso di perdita Data Link e Sistema di Geofencing	NN	Recovery in caso di perdita Data Link e Sistema di Geofencing	Recovery in caso di perdita Data Link	Recovery in caso di perdita Data Link e Sistema di Geofencing
Limitazioni operative							
Condizioni di volo	VLOS						
Altezza massima	50m			150m VLOS diurno 50m VLOS notturno			
Distanza max orizz dal pilota	100m			500 m VLOS diurno 100 m VLOS notturno			
Vel max	5m/s						
Vel max vento	3m/s			5m/s			
Buffer	\geq 30m	\geq 50m		\geq 30m dalle infrastrutture	\geq 50m dalle infrastrutture	\geq 20m dai soggetti ripresi	
Buffer se Geofence attivo	\geq 15m	\geq 25m	\geq 15m	Non specificato			
Buffer con cavo	\geq 5m						
Funzione recovery in caso perdita Data Link	NA	Attiva		NA	Attiva		
Geofence	NA		Attivo	NA	Attivo	NA	Non specif



Scenari Standard

Gli scenari standard si suddividono per fasce di massa operativa al decollo, ovvero includente il payload, e per ambiente operativo come segue:

S01 - impiego di APR di massa operativa al decollo minore o uguale a 2 kg che non possiedono le caratteristiche di inoffensività di cui all'art. 12 in area urbana;

S02 - impiego di APR di massa operativa al decollo maggiore di 2 kg e minore o uguale a 4 kg in area urbana;

S03 - impiego di APR di massa operativa al decollo maggiore di 4 kg e minore o uguale a 10 kg in area urbana;

S04 - impiego di APR di massa operativa al decollo minore o uguale a 4 kg che non possiedono le caratteristiche di inoffensività di cui all'art. 12 in area extraurbana su cantieri o infrastrutture lineari quali ad es. autostrade, elettrodotti, ferrovie, gasdotti;

S05 - impiego di APR di massa operativa al decollo maggiore di 4 kg e minore di 25 kg in area extraurbana su cantieri o infrastrutture lineari quali ad es. autostrade, elettrodotti, ferrovie, gasdotti;

S06 - impiego di APR di massa operativa al decollo minore o uguale a 4 kg che non possiedono le caratteristiche di inoffensività di cui all'art. 12 in area extraurbana per riprese televisive cinematografiche;

S07 - per impiego di APR di massa operativa al decollo maggiore di 4 kg e minore di 25 kg in area extraurbana per riprese televisive Cinematografiche.

Tutti gli scenari standard non prevedono il sorvolo di persone nell'area delle operazioni a meno che non siano indispensabili alle operazioni e addestrate allo scopo. Gli scenari Extraurbani (da S04 a S07) prevedono la possibilità di effettuare voli notturni ma con range VLOS ridotto rispetto a quanto concesso per le operazioni diurne.

I voli notturni possono essere effettuati anche negli scenari urbani (da S01 a S03) a patto che l'APR abbia installate le luci di riconoscimento: anteriore destra verde, anteriore sinistra rossa e posteriore bianca.



TOPOGRAFIA DA DRONE

Tipi di APR

Gli APR < 300g:

- Il pilota non deve avere la patente
- tutte le operazioni critiche vengono considerate NON critiche
- Si devono rispettare tutte le limitazioni e norme ENAC



Dji Mavic Mini

Pieghevole, 249 gr. di peso, dotato di gimbal camera stabilizzato su 3 assi con risoluzione di 2,7 K e in grado di volare fino ad un massimo di 30 minuti.



NOVITA' DI QUESTI GIORNI

Definizioni “Inoffensivo”

Gli APR devono essere costruiti con materiali a bassissima densità con caratteristiche di alta deformabilità, in modo tale da assorbire plasticamente o elasticamente l'urto senza trasferire l'energia totalmente al bersaglio.

Materiali accettabili sono: polistirolo espanso non denso e similari, carta e irrigidimenti sottili in balsa, velature gonfiate (dirigibili), incollaggi e cuciture (evitando i collegamenti metallici).

E' necessario prevenire il contatto di eliche e rotori utilizzati per il sostentamento e la propulsione dell'APR, contro persone in caso di urto. A questo scopo i componenti rotanti dovrebbero essere intubati e/o protetti utilizzando materiale morbido (paraeliche).

La possibilità di garantire il fermo delle parti rotanti al momento dell'urto non è considerato fattore di mitigazione.



Scenario Critico

1- Cavo di Vincolo





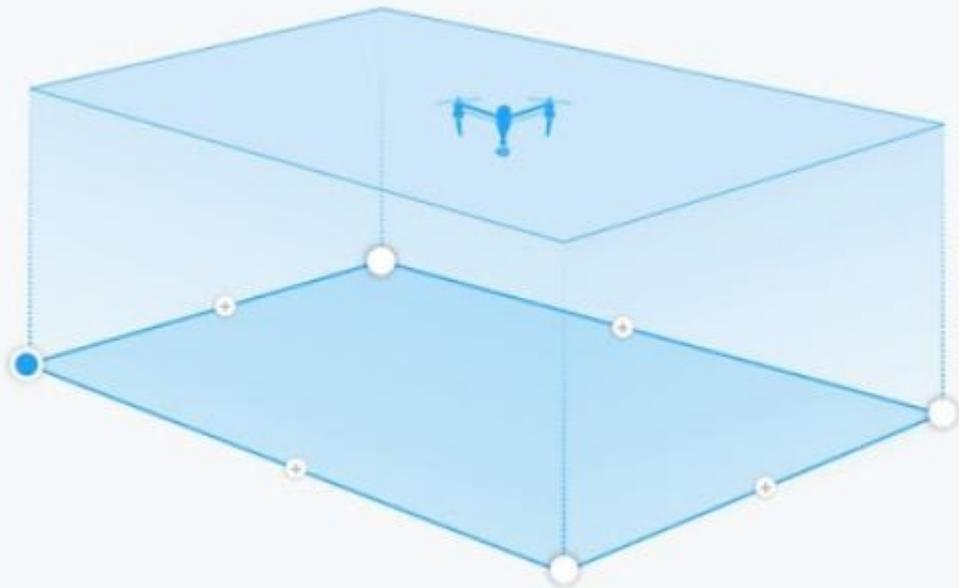
Scenario Critico

2 – Terminatore di volo
con Paracadute

VOL
DI
UNTI
DA DR



Geofencing “Gabbia virtuale”



Le attuali normative prevedono delle limitazioni di volo in alcune aree, fra cui per esempio tutte quelle zone vicino ad aeroporti o strutture “sensibili” tipo carceri o centrali elettriche.



Dji ha introdotto un suo Geofencing che non è altro che un database che indica ai piloti di droni se l'area in cui stanno per decollare ha limitazioni o interdizioni al volo. La principale funzionalità del sistema è quella di favorire un utilizzo consapevole dei droni, facendo rispettare il più possibile le attuali normative vigenti.

Il Geofencing Dji ha suddiviso lo spazio aereo in quattro zone:

Zona Verde: sono tutte quelle zone generalmente libere al volo;

Zona Verde Avanzata: sono le zone anch'esse generalmente libere al volo, ma nelle quali verrà richiesta – da parte della App DjiGo – l'autorizzazione da parte dell'utente per poter volare;

Zona Gialla: sono quelle zone dove sono attive delle restrizioni al volo per esempio vicino ad una superficie aeroportuale. Gli utenti saranno avvisati con un apposito messaggio e



..... per volare dovranno sbloccare l'app tramite un account Dji verificato.

Zona Rossa Proibita: sono quelle zone colorate in rosso dove il volo è espressamente vietato. Il drone in questo caso non potrà volare, in quanto via firmware sono interdette le modalità di decollo.

Qualora si abbiano regolari autorizzazioni al volo è necessario inviare tale documentazione alla casella dedicata flysafe@dji.com al fine di poter sbloccare il volo.

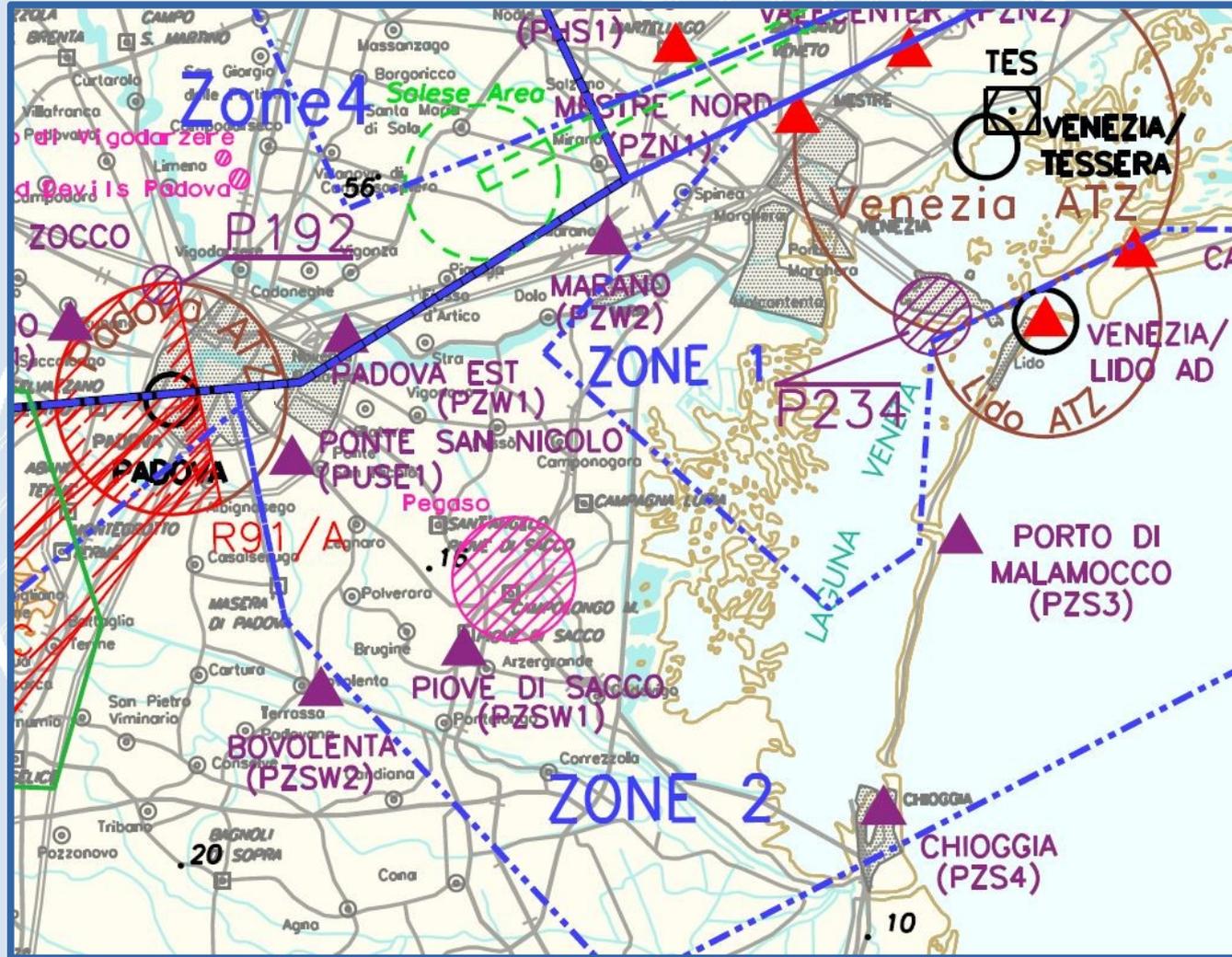
GRAFIA DA DR



Ma il Geofencing lo possiamo impostare anche noi in modo da non “oltrepassare” dei limiti di proprietà o per non avvicinarci troppo ad ostacoli pericolosi.

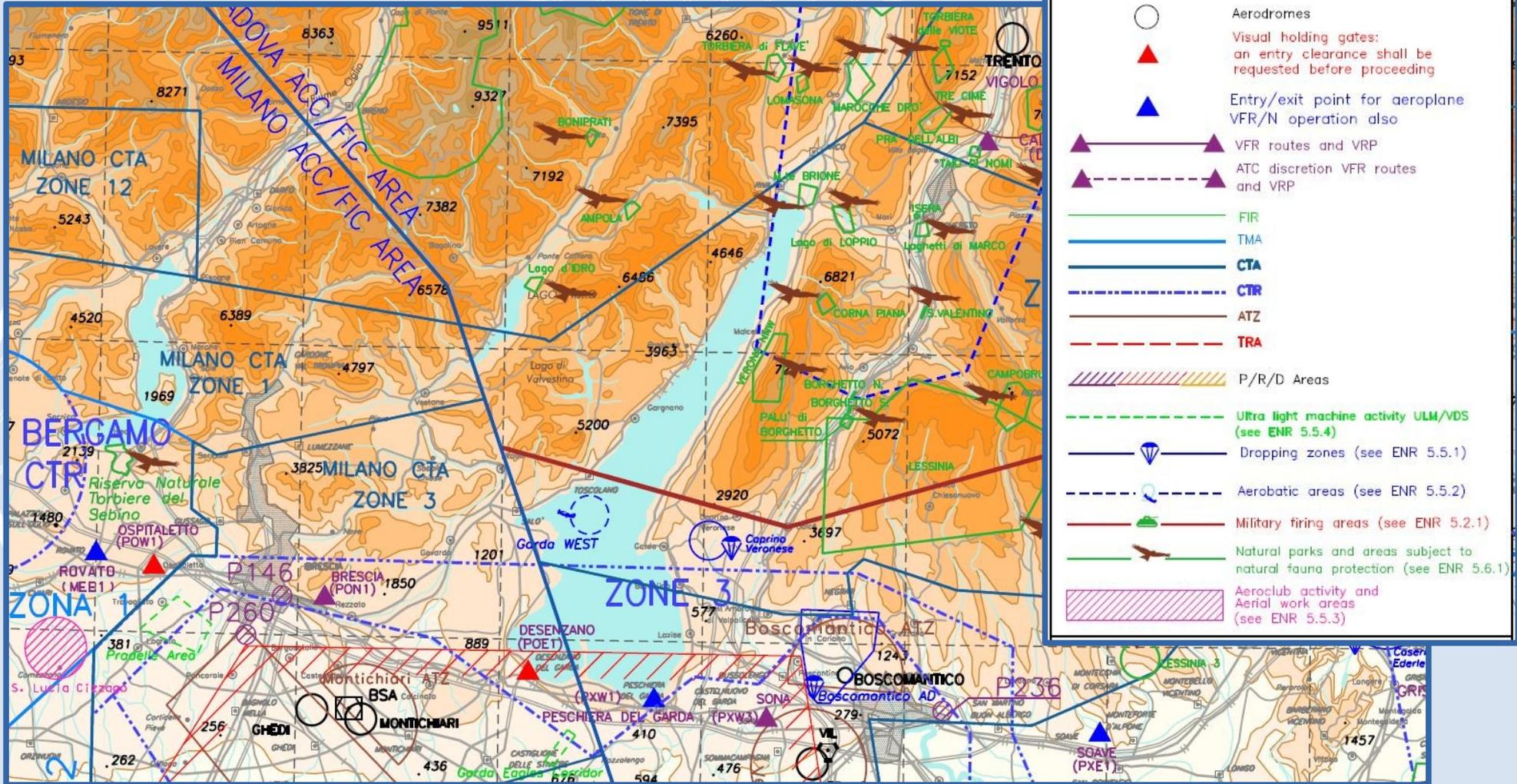


Cartografia ENAV

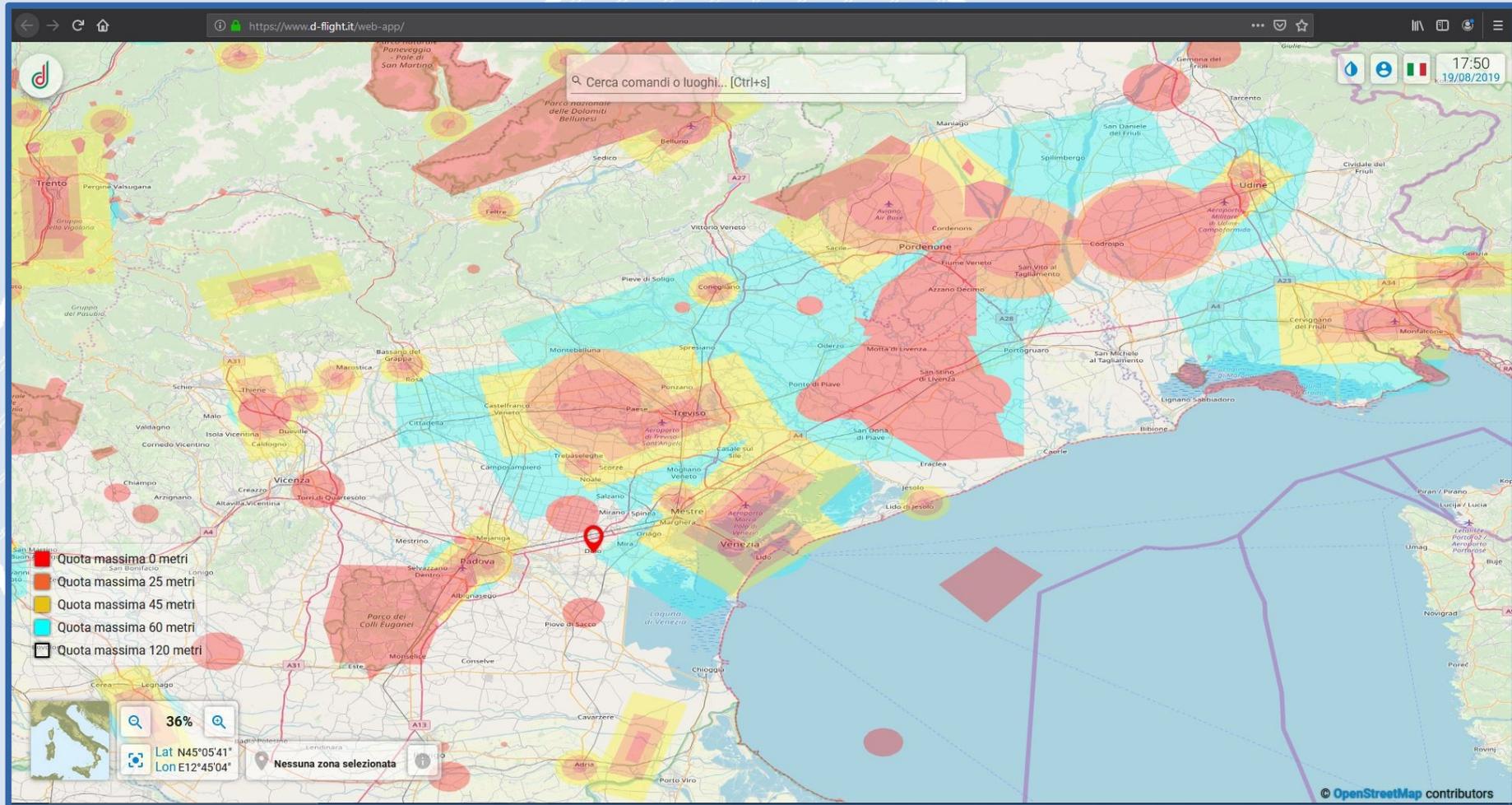


LEGEND	
	Aerodromes
	Visual holding gates: an entry clearance shall be requested before proceeding
	Entry/exit point for aeroplane VFR/N operation also
	VFR routes and VRP
	ATC discretion VFR routes and VRP
	FIR
	TMA
	CTA
	CTR
	ATZ
	TRA
	P/R/D Areas
	Ultra light machine activity ULM/VDS (see ENR 5.5.4)
	Dropping zones (see ENR 5.5.1)
	Aerobatic areas (see ENR 5.5.2)
	Military firing areas (see ENR 5.2.1)
	Natural parks and areas subject to natural fauna protection (see ENR 5.6.1)
	Aeroclub activity and Aerial work areas (see ENR 5.5.3)

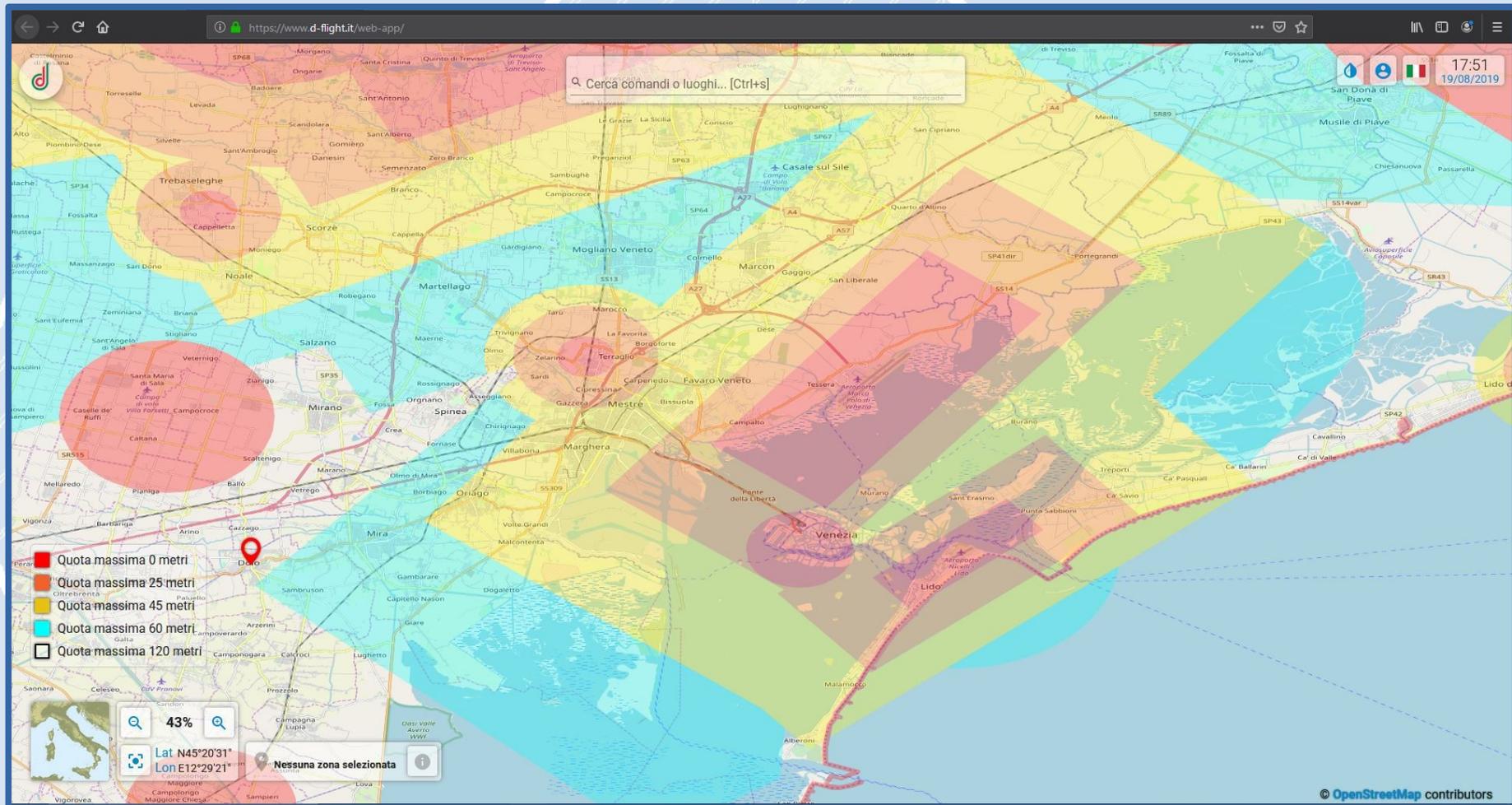
Cartografia ENAV



Cartografia sito d-flight.it



Cartografia sito d-flight.it



Prossimamente.....

- * Cade l'obbligo di visita aeromedica specialistica ma vengono previsti specifici requisiti psicofisici per il pilota remoto (vedremo).
- * Si autorizza l'uso del sito D-flight come cartografia approvata e vieta i voli senza autorizzazione specifica all'interno di aree ove sono in corso interventi di risposta alle Emergenze (Protezione Civile e Vigili del Fuoco).
- * Gli APR sopra ai 250 grammi vanno registrati su D-Flight e il pilota deve essere in possesso di un attestato di competenza conseguito con [corso ed esame online](#).
- * Obbligo dal primo luglio 2020 del dispositivo elettronico di identificazione per gli APR (**Transponder**).
- * Sarà permesso il volo in VLOS notturno solo con adeguati installazioni luminose non necessariamente di tipo aeronautico.
- * L'obbligo del giubbotto ad alta visibilità con la scritta "Pilota di APR" è specifico solo per le operazioni critiche.
- * Per le operazioni non critiche sarà sufficiente l'attestato di competenza, l'assicurazione e la registrazione sul portale D-Flight.
- * Nelle operazioni critiche rimane l'obbligo di una dichiarazione per scenari standard o di una autorizzazione ad hoc.
- * Per le operazioni in aree urbane non si possano utilizzare APR con peso superiore a 10 kg salvo non siano dotati di un sistema di controllo omologato secondo gli standard progettuali EUROCAE ED-12 livello D e di un **sistema di terminazione del volo che consenta una moderata esposizione ai danni da impatto**.
- * Nessuna variazione significativa per le concessioni di operazioni sempre non critiche per gli APR con peso uguale o inferiore a 300 g con parti rotanti protette da impatto accidentale e velocità massima inferiore a 60 km/h. **Insomma, per i trecentini non cambia nulla.**