Peso, baricentro e inviluppo di volo

Manuale d'uso dell'applicazione e guida alle misure sul velivolo — edizione del 25/11/2026

> **Avvertenza.** L'applicazione è un ausilio di calcolo. I limiti ufficiali (masse, baricentro, velocità, fattori di carico) sono quelli del manuale di volo e della scheda dati del tipo. Ogni risultato va controllato prima di usarlo per il volo. I valori marcati «stima», «ipotesi», «indicativo» o «progetto» non sono validi per il volo.

Indice

1. Che cosa fa l'applicazione
2. Principi: datum, bracci, baricentro
3. Il percorso di lavoro e la procedura guidata
4. Attrezzatura e preparazione
5. Livellare il velivolo e riportare le misure al pavimento
6. La pesata con tre bilance
7. Misurare l'ala
8. Rilevare il profilo alare
9. Flap, alettoni e superfici mobili
10. Piani di coda
11. Fusoliera
12. Stazioni di carico e serbatoi
13. Elica e spinta statica
14. Dati di volo per la taratura
15. Dati da prendere dal manuale di volo
16. Le schede dell'applicazione
17. Documento stampabile
18. Metodi di calcolo e limiti
19. Utenti, velivoli e progetti
20. Errori frequenti
21. Conversioni di unità
22. Fogli di rilievo da stampare

1. Che cosa fa l'applicazione

L'applicazione raccoglie in una **scheda velivolo** tutti i dati di un aereo e ne ricava:

- **massa e baricentro a vuoto** dalla pesata (o, finché la pesata manca, da una stima per componenti, sempre segnalata);
- **verifica delle condizioni di carico** (pilota, passeggero, bagaglio, carburante) contro i limiti di baricentro e la massa massima, al decollo e all'atterraggio;
- **corda media aerodinamica (MAC)** e baricentro in % della MAC;
- **diagramma V-n** (inviluppo di manovra e di raffica) con i dati del manuale o della norma;
- **aerodinamica** dell'ala, dei profili e dei piani di coda: stallo, flap, stabilità statica, punto neutro, resistenza e potenza necessaria, efficacia dei comandi (con XFOIL);
- **decollo e atterraggio**: corsa a terra, distanza fino a 15 m, flap migliore, potenza minima, Vx e Vy;

- **taratura** del modello con i dati del manuale o del volo;
- **documento stampabile** (verbale di pesata con firme, limiti, scheda di carico, prestazioni, fonti dei dati) da salvare in PDF;
- **procedura guidata** per un aereo esistente o un progetto, con dimensionamento iniziale e modelli simili del catalogo e delle schede salvate;
- **archivio dei documenti** (manuale di volo, schede di rilevazione, schede dati) con **lettura con l'AI**: i dati trovati vengono proposti con pagina e citazione e scritti solo dopo la tua conferma;
- **scheda di rilevazione** da stampare o compilare sul tablet, con le misure da prendere sull'aereo.

> Tutte le grandezze sono nel **Sistema Internazionale**: metri, chilogrammi, secondi; le velocità si inseriscono in km/h. Se il manuale usa pollici, libbre o nodi, converti prima (vedi Conversioni); la lettura con l'AI converte da sola e mostra accanto il valore originale.

> In ogni scheda il pulsante ❓ **Guida** apre un aiuto breve: che cosa inserire, dove trovarlo (manuale, misura, documenti) e a quale capitolo di questo manuale rifarsi.

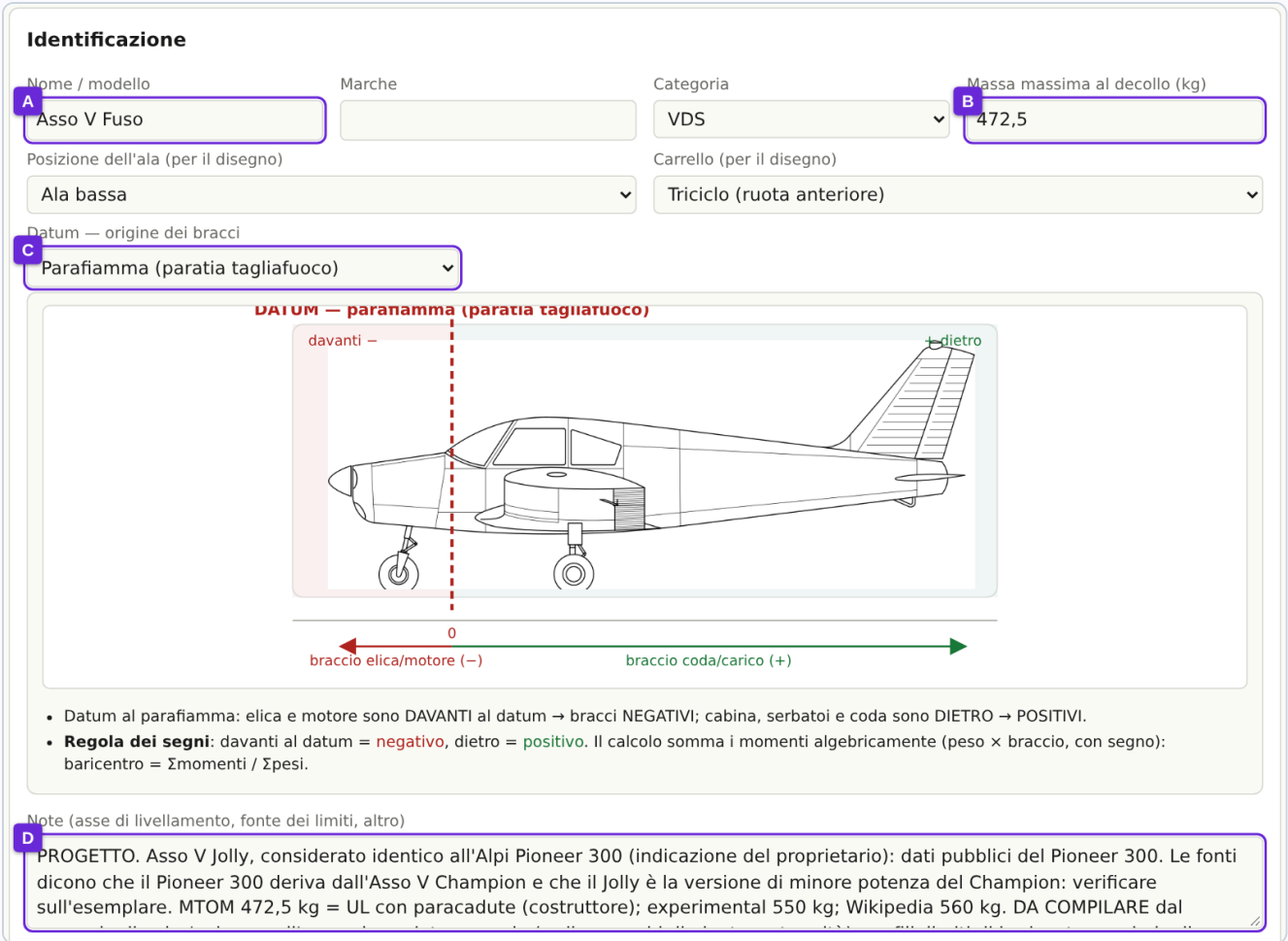
---

2. Principi: datum, bracci, baricentro

Il datum

Il **datum** è il piano verticale di riferimento da cui si misurano tutte le distanze lungo l'asse del velivolo. Lo stabilisce il costruttore nel manuale (per esempio il parafiamma, il piatto dell'elica, il bordo d'attacco dell'ala alla radice). **Usa sempre il datum del manuale**: così i limiti di baricentro del manuale si confrontano direttamente con i tuoi calcoli.

Nell'applicazione — scheda Identificazione



A nome del velivolo

B massa massima al decollo (MTOM) dal manuale, in kg

C datum del manuale: il disegno sotto mostra dove sta e la regola dei segni

D note: come hai livellato, da dove vengono i limiti, altre fonti

Il braccio e il segno

Il **braccio** di un oggetto è la distanza orizzontale tra il datum e il suo baricentro, misurata parallela all'asse longitudinale con il velivolo in assetto di livellamento.

- dietro il datum (verso la coda): braccio **positivo**;
- davanti al datum (verso il muso): braccio **negativo**.

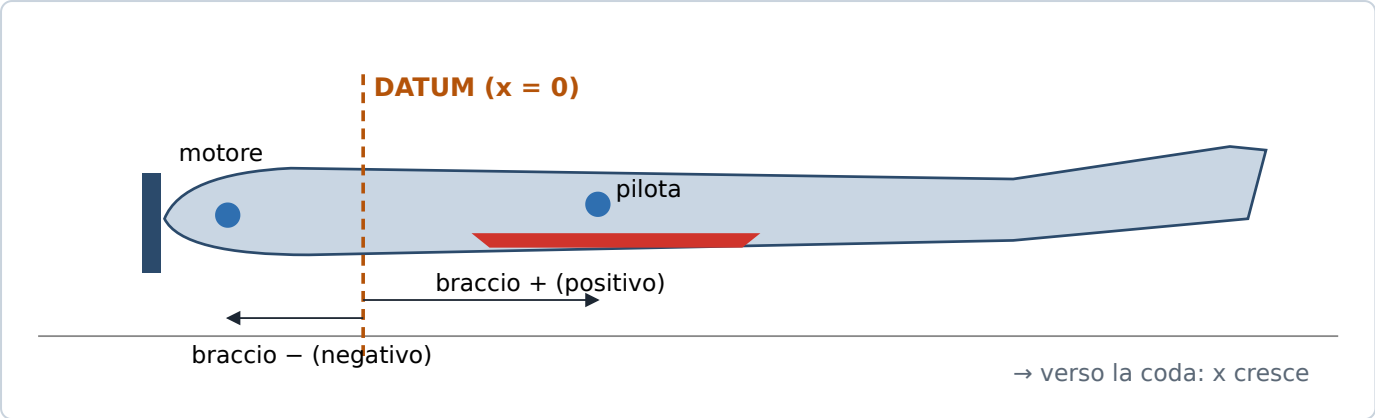


Figura 1 — Datum e segno dei bracci (esempio con datum al parafiamma).

Momento e baricentro

Il **momento** di un oggetto è massa × braccio (kg·m). Il baricentro di un insieme è la somma dei momenti divisa per la somma delle masse:

```
CG = Σ(massa × braccio) / Σ massa
```

Esempio: velivolo vuoto 288 kg a 0,808 m, pilota 80 kg a 1,100 m, passeggero 80 kg a 1,100 m.
Momenti: 288 × 0,808 = 232,7; 80 × 1,100 = 88,0; 80 × 1,100 = 88,0 → totale 408,7 kg·m su 448 kg → **CG = 0,912 m**.

Baricentro in % della MAC

La **corda media aerodinamica** (MAC) è la corda di un'ala rettangolare equivalente; il suo bordo d'attacco si chiama LEMAC. Il baricentro si esprime spesso in % della MAC:

```
%MAC = (CG − LEMAC) / MAC × 100
```

Con MAC 1,422 m e LEMAC 0,474 m: CG 0,912 m → (0,912 − 0,474) / 1,422 × 100 = **30,8 %**.

---

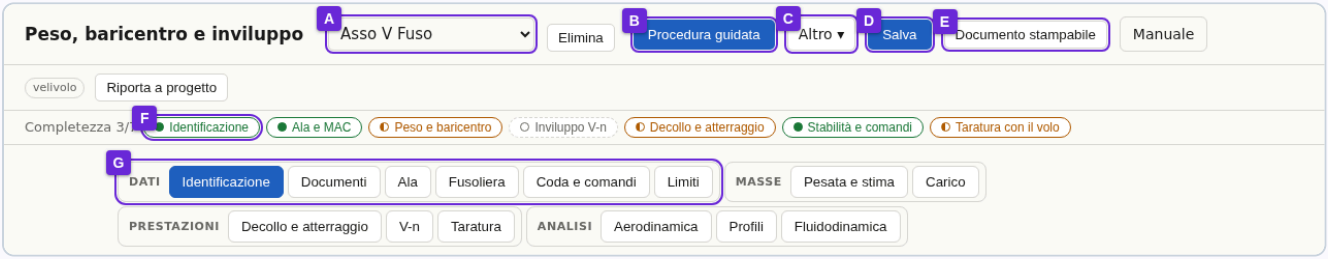
3. Il percorso di lavoro e la procedura guidata

Il modo consigliato è la **Procedura guidata** (pulsante blu in alto, paragrafo 3.1): chiede i dati nell'ordine giusto, li scrive nella scheda, la salva a ogni passo e registra da dove viene ogni dato. Chi preferisce può compilare direttamente le schede, in quest'ordine:

1. **Crea la scheda**: con la procedura guidata, oppure dal menu «Altro» (creazione rapida): «Crea vuoto», «Crea da modello» se il tipo è nel catalogo (dati pubblici, da verificare). Scegli «nuovo velivolo» per un aereo esistente, «nuovo progetto di aereo» per un aereo in definizione.
2. **Identificazione**: nome, marche, categoria, massa massima al decollo (MTOM) dal manuale, **datum** del manuale.

3. **Documenti**: carica il manuale di volo in PDF e fai leggere i dati all'AI (paragrafo 3.2); stampa la **scheda di rilevazione** da portare all'aereo per le misure dei passi seguenti.
4. **Limiti**: copia dal manuale la tabella dei limiti di baricentro (massa, limite anteriore, posteriore).
5. **Ala**: misura le sezioni della semiala (vedi capitolo 7) e calcola la MAC. Confrontala con la MAC del manuale se c'è.
6. **Pesata**: pesa il velivolo (vedi capitolo 6) e inserisci le letture.
7. **Carico**: inserisci stazioni (sedili, bagaglio) e serbatoi con i bracci del manuale; poi prova le condizioni di carico.
8. **V-n**: inserisci n1, n2, VC, VD, CL max e pendenza di portanza dal manuale o dalla norma.
9. **Fusoliera, Coda e comandi**: misure della fusoliera, dei piani di coda e delle superfici mobili; motore ed elica.
10. **Decollo e atterraggio** e **Taratura**: diametro dell'elica, dati del manuale e, se possibile, dati di volo.
11. **Salva** e produci il **Documento stampabile**.

Nell'applicazione — barra in alto



A elenco delle schede: scegli quella su cui lavorare

B «Procedura guidata»: crea una scheda nuova o completa quella aperta (paragrafo 3.1)

C «Altro»: creazione rapida senza procedura (vuota, da modello, da esempio) e, per il master, eliminazione di un modello del catalogo

D «Salva»: salva nel database (da premere spesso)

E «Documento stampabile» (capitolo 17)

Il pulsante «Manuale» apre questo documento.

F barra di completezza: un bollino per ogni calcolo, pieno verde = dati sufficienti, mezzo arancione = calcolo possibile ma con dati stimati o mancanti, vuoto = mancano dati. Passa sopra col mouse per l'elenco; un clic apre la scheda

G schede raggruppate: **Dati** (Identificazione, Documenti, Ala, Fusoliera, Coda e comandi, Limiti), **Masse** (Pesata e stima, Carico), **Prestazioni** (Decollo e atterraggio, V-n, Taratura), **Analisi** (Aerodinamica, Profili, Fluidodinamica)

> **Salva spesso.** Le modifiche restano nel browser finché non premi «Salva» (la procedura guidata salva da sola a ogni passo). Ogni salvataggio conserva la versione precedente nello storico del database.

3.1 La procedura guidata

Premi **Procedura guidata**. Si apre una finestra con tre scelte:

Nell'applicazione — avvio della procedura



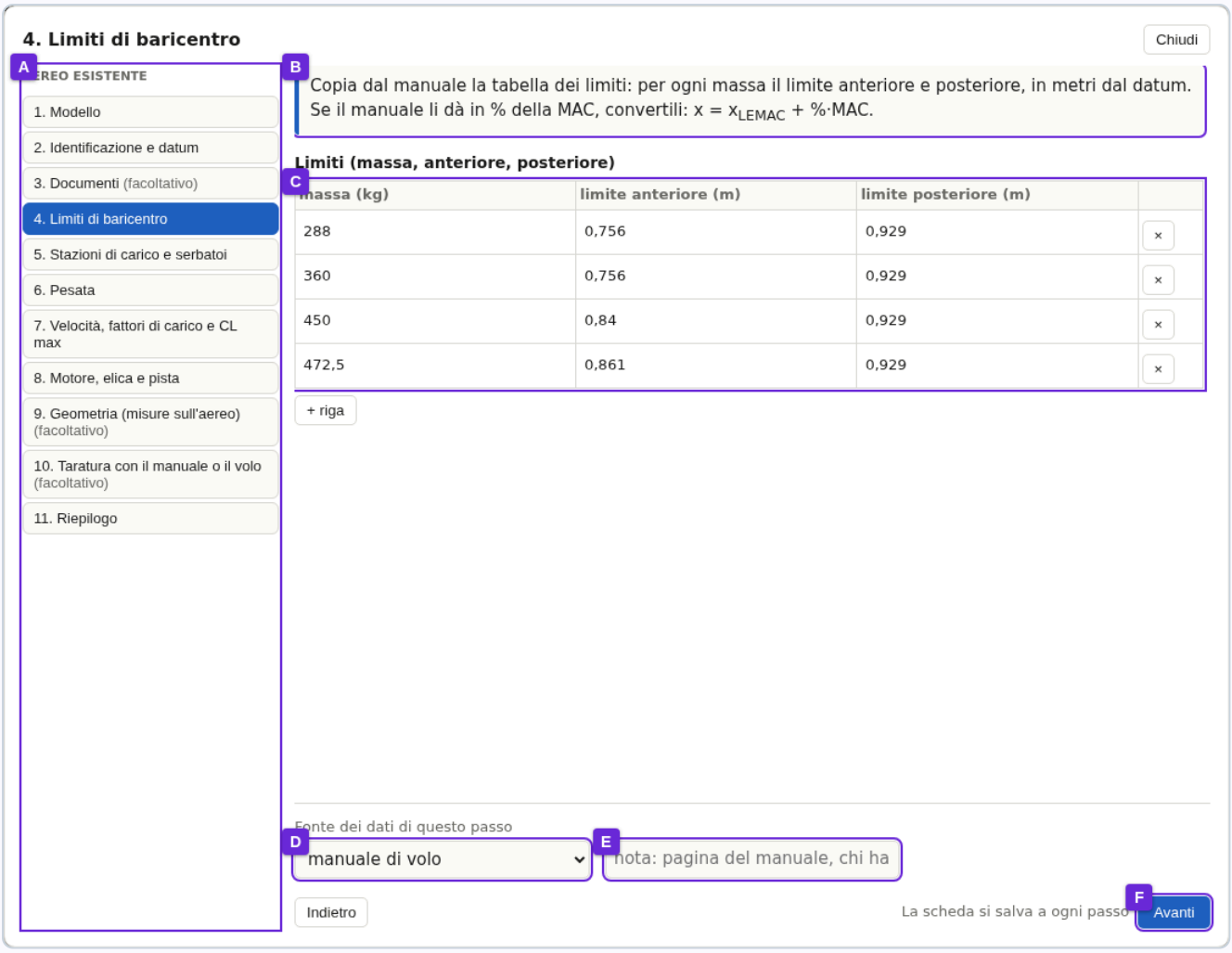
A **Aereo esistente**: nuova scheda per un aereo che vola già

B **Progetto di aereo**: nuova scheda per un aereo da progettare (fascia arancione, valori di progetto)

C **Continua / Completa** la scheda aperta: riparte dal passo dove ti eri fermato

Ogni passo ha a sinistra l'elenco dei passi (quelli fatti hanno il bordo verde: un clic ci torna), in alto la spiegazione, poi i campi e le tabelle, che sono gli stessi delle schede. In basso scegli la **fonte dei dati** del passo: manuale di volo, misura sull'aereo, dato pubblicato, indicato dal proprietario, stima, scelta di progetto; nella nota scrivi la pagina del manuale o chi ha misurato e quando. La fonte va nel registro della scheda e nel documento stampabile.

Nell'applicazione — un passo della procedura



A passi del percorso: bordo verde = fatto, blu = quello aperto, «facoltativo» si può saltare

B che cosa inserire e da dove prenderlo

C i dati, nelle stesse tabelle della scheda corrispondente

D fonte dei dati di questo passo

E nota sulla fonte (pagina del manuale, chi ha misurato, data)

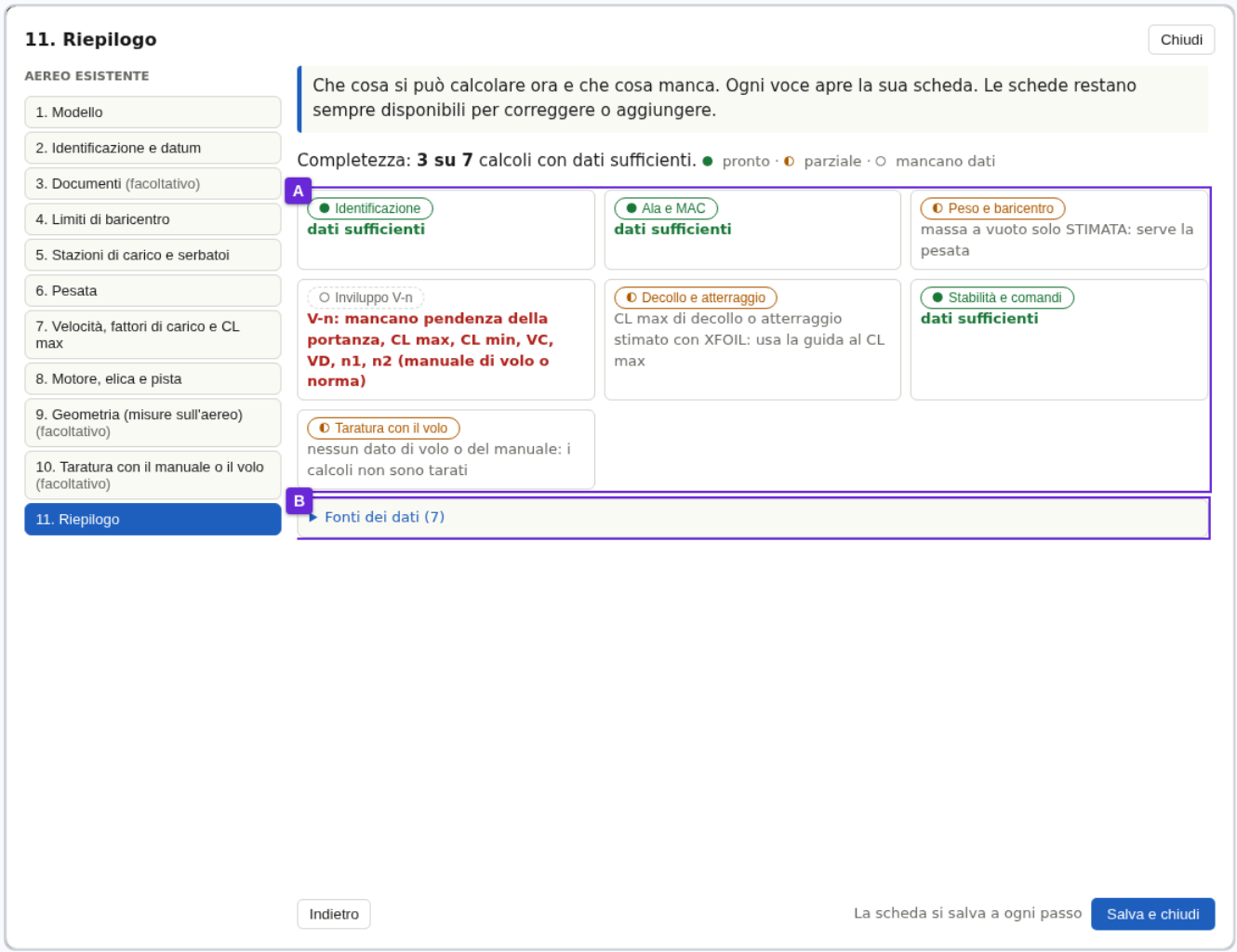
F «Avanti»: salva la scheda e passa al passo successivo («Chiudi» salva e interrompe: si riprende con «Continua»)

Percorso «Aereo esistente»

1. **Modello**: nome o marche, poi un modello del catalogo (cerca per nome), un modello generico per configurazione (ala alta/bassa, carrello, posti, serbatoi) o una scheda vuota. I dati del catalogo sono pubblicati, non del tuo esemplare.
2. **Identificazione e datum**: MTOM e datum dal manuale (capitolo 2).
3. **Documenti** (facoltativo): carica il manuale di volo e la scheda di rilevazione compilata; con la lettura dell'AI i passi successivi si trovano già compilati con i valori confermati (paragrafo 3.2).
4. **Limiti di baricentro** dal manuale.
5. **Stazioni di carico e serbatoi** con bracci e massimi del manuale (capitolo 12).

6. **Pesata** (capitolo 6). Se non è ancora pesato, indica la massa a vuoto nota: si usa la stima, segnalata ovunque.
7. **Velocità, fattori di carico e CL max**: n1, n2, VC, VD dal manuale o dalla norma; il pulsante «Guida al CL max…» ricava il CL max dalle velocità di stallo.
8. **Motore, elica e pista**: potenza, rendimento, diametro, VS0/VS1, flap di decollo e atterraggio.
9. **Geometria** (facoltativo): sezioni dell'ala, profili, flap con la figura dei tipi, misure principali della coda (capitoli 7–11).
10. **Taratura** (facoltativo): punti di volo e corsa di decollo del manuale (capitolo 14).
11. **Riepilogo**: lo stato di ogni calcolo e il registro delle fonti.

Nell'applicazione — riepilogo



A un riquadro per calcolo: in rosso i dati che mancano, in grigio quelli stimati o da completare; il bollino apre la scheda

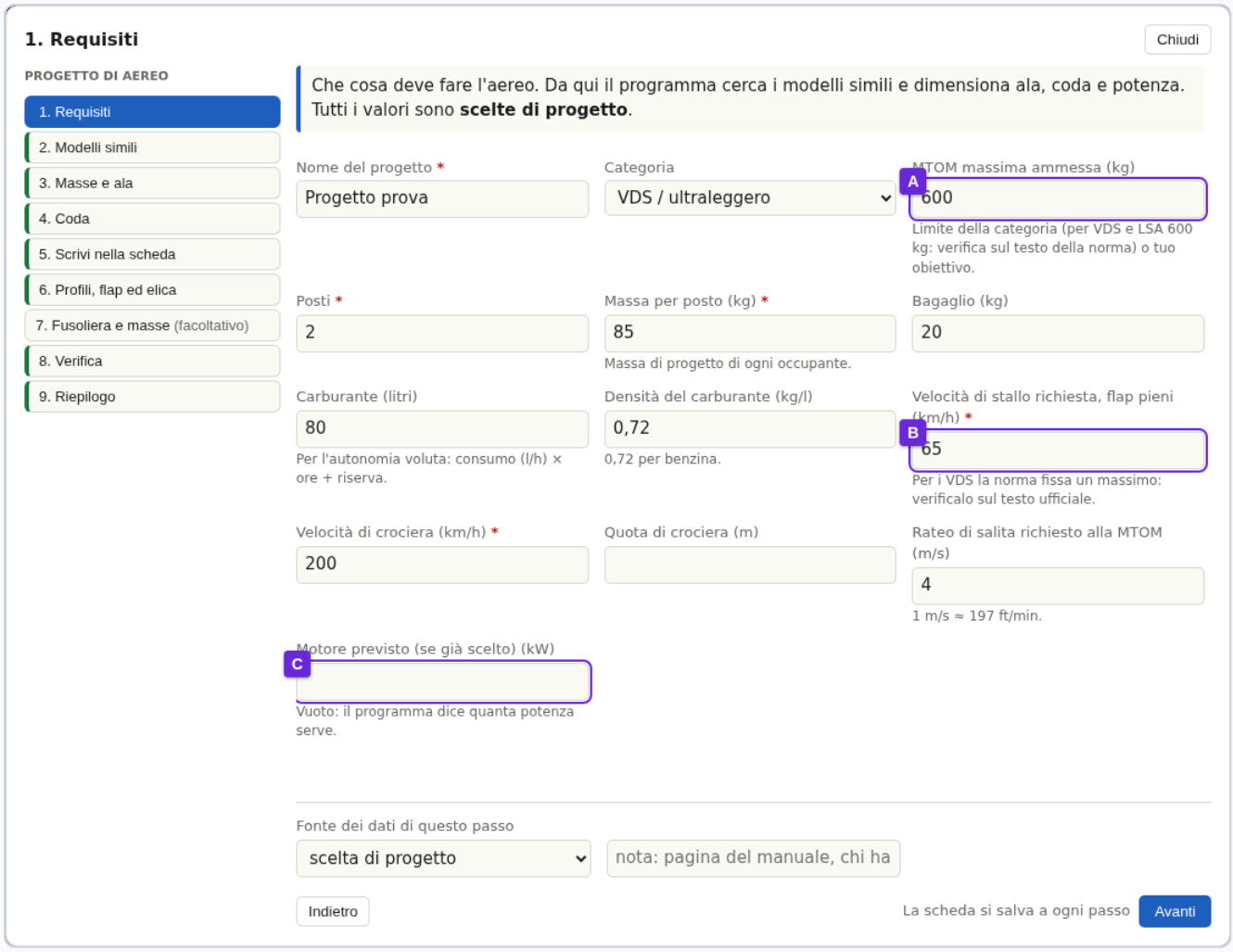
B registro delle fonti: per ogni dato la fonte, la nota e la data

Percorso «Progetto di aereo»

Tutti i valori di questo percorso sono **scelte di progetto**: il programma non mette valori predefiniti, mostra soltanto gli intervalli dei modelli simili o i campi tipici della letteratura, con la fonte.

1. **Requisiti**: categoria e MTOM ammessa, posti e massa per posto, bagaglio, carburante, velocità di stallo con flap pieni, crociera e quota, rateo di salita, motore se già scelto.
2. **Modelli simili**: i dodici modelli più vicini (massa, posti, crociera, potenza, carburante), presi dal catalogo e dalle tue schede salvate (la colonna «da» dice quale; le schede d'esempio con dati inventati non contano). Servono almeno due requisiti tra posti, crociera, MTOM massima, potenza e carburante. Per le schede salvate valgono i dati della scheda (MTOM, ala, motore, serbatoi) prima di quelli pubblicati. Togli la spunta a quelli che non c'entrano: minimo, mediana e massimo diventano i suggerimenti dei passi seguenti.
3. **Masse e ala**: frazione di massa a vuoto, CL max con flap pieni, allungamento, rastremazione, CD0, rendimento dell'elica, posizione dell'ala dal datum. «Calcola» dà MTOM, superficie, apertura, corde, MAC e potenza necessaria per crociera e salita; segnala se la MTOM supera il limite della categoria o se il motore non basta.
4. **Coda**: coefficienti di volume (Raymer tab. 6.4), bracci, allungamenti e rastremazioni (Raymer tab. 4.3) → superfici e dimensioni di stabilizzatore e deriva.
5. **Scrivi nella scheda**: MTOM, ala (bordo d'attacco dritto), coda, potenza, massa a vuoto stimata e CL max di atterraggio (come scelta di progetto). Chiede conferma se la scheda ha già un'ala.
6. **Profili, flap ed elica**.
7. **Fusoliera e masse** (facoltativo): stazioni, serbatoi, limiti di progetto; la fusoliera si disegna nella sua scheda.
8. **Verifica**: con il baricentro di progetto (% MAC) calcola punto neutro e margine statico, decollo e atterraggio alla MTOM. Ogni verifica resta nello storico, con la differenza rispetto alla precedente: cambia una scelta, torna a «Scrivi nella scheda», verifica di nuovo.
9. **Riepilogo**.

Nell'applicazione — requisiti

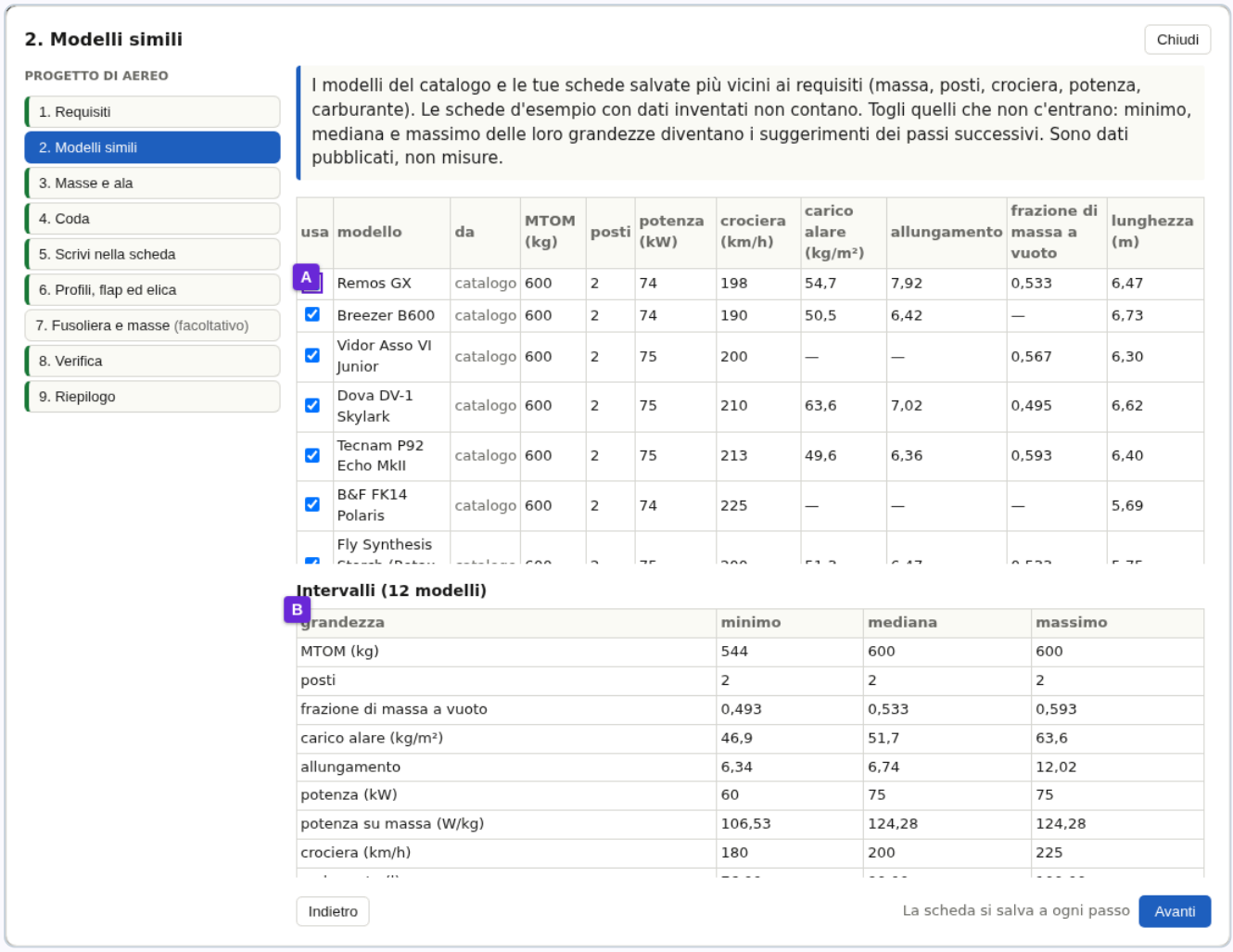


A MTOM ammessa: limite della categoria (da verificare sul testo della norma) o tuo obiettivo

B velocità di stallo richiesta con flap pieni: con il CL max scelto fissa la superficie alare

C motore previsto: se vuoto, il programma dice quanta potenza serve

Nell'applicazione — modelli simili



2. Modelli simili — Chiudi

PROGETTO DI AEREO

1. Requisiti
2. Modelli simili
3. Masse e ala
4. Coda
5. Scrivi nella scheda
6. Profili, flap ed elica
7. Fusoliera e masse (facoltativo)
8. Verifica
9. Riepilogo

I modelli del catalogo e le tue schede salvate più vicini ai requisiti (massa, posti, crociera, potenza, carburante). Le schede d'esempio con dati inventati non contano. Togli quelli che non c'entrano: minimo, mediana e massimo delle loro grandezze diventano i suggerimenti dei passi successivi. Sono dati pubblicati, non misure.

usa	modello	da	MTOM (kg)	posti	potenza (kW)	crociera (km/h)	carico alare (kg/m²)	allungamento	frazione di massa a vuoto	lunghezza (m)
☐	Remos GX	catalogo	600	2	74	198	54,7	7,92	0,533	6,47
☑	Breezer B600	catalogo	600	2	74	190	50,5	6,42	—	6,73
☑	Vidor Asso VI Junior	catalogo	600	2	75	200	—	—	0,567	6,30
☑	Dova DV-1 Skylark	catalogo	600	2	75	210	63,6	7,02	0,495	6,62
☑	Tecnam P92 Echo MkII	catalogo	600	2	75	213	49,6	6,36	0,593	6,40
☑	B&F FK14 Polaris	catalogo	600	2	74	225	—	—	—	5,69
☑	Fly Synthesis Storch (Rotax	catalogo	600	2	75	200	51,3	6,47	0,533	5,75

Intervalli (12 modelli)

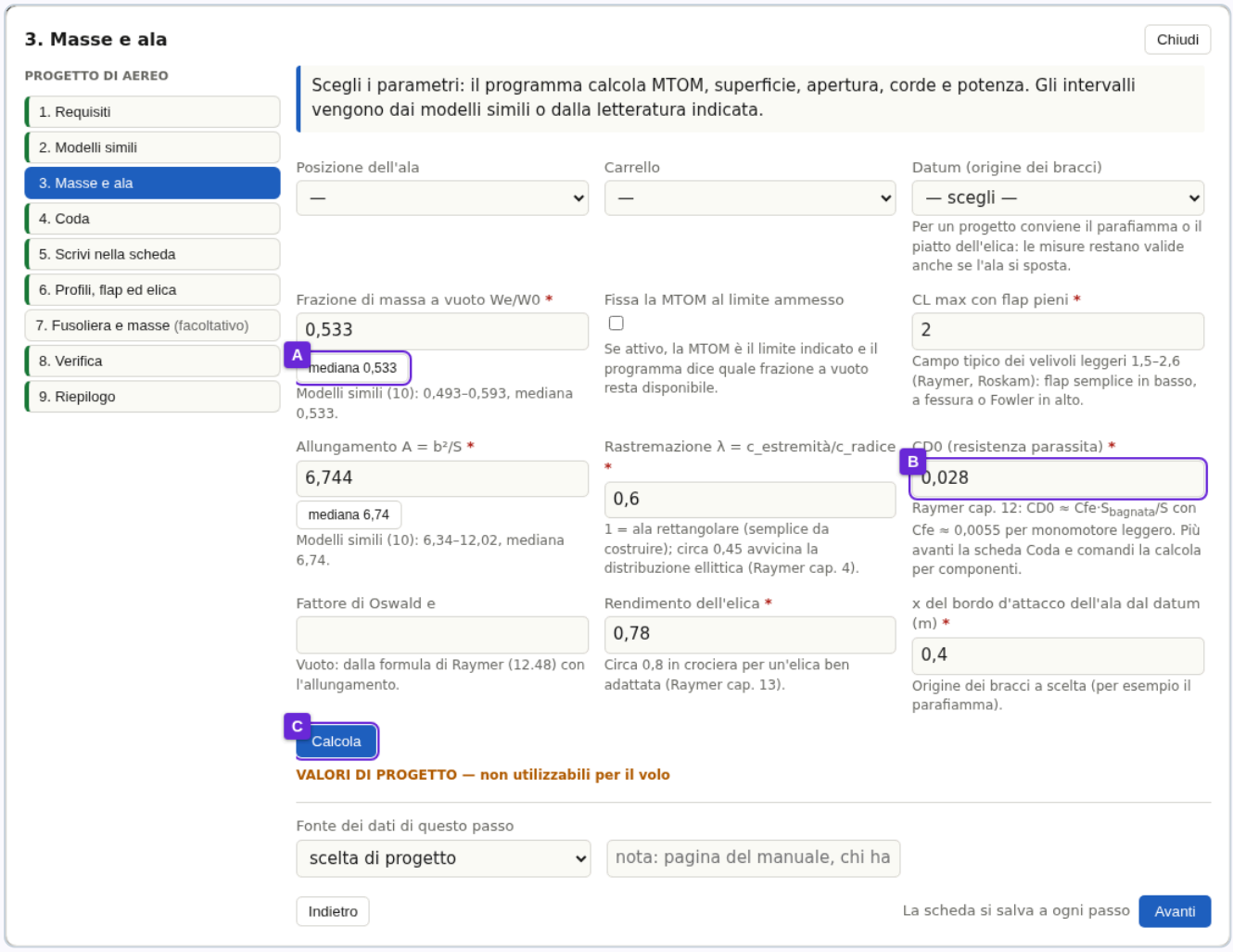
grandezza	minimo	mediana	massimo
MTOM (kg)	544	600	600
posti	2	2	2
frazione di massa a vuoto	0,493	0,533	0,593
carico alare (kg/m²)	46,9	51,7	63,6
allungamento	6,34	6,74	12,02
potenza (kW)	60	75	75
potenza su massa (W/kg)	106,53	124,28	124,28
crociera (km/h)	180	200	225

Indietro — La scheda si salva a ogni passo — Avanti

A spunta: il modello entra negli intervalli

B minimo, mediana e massimo dei modelli spuntati

Nell'applicazione — masse e ala



A «mediana»: copia nel campo la mediana dei modelli simili (resta una tua scelta, modificabile)

B sotto ogni campo l'intervallo dei simili o il campo tipico con la fonte

C «Calcola»: risultati qui sotto

3. Masse e ala

Chiudi

PROGETTO DI AEREO

- 1. Requisiti
- 2. Modelli simili
- 3. Masse e ala
- 4. Coda
- 5. Scrivi nella scheda
- 6. Profili, flap ed elica
- 7. Fusoliera e masse (facoltativo)
- 8. Verifica
- 9. Riepilogo

0,533.

Allungamento A = b²/S *

6,744

mediana 6,74

Modelli simili (10): 6,34–12,02, mediana 6,74.

Rastremazione λ = c_estremità/c_radice *

0,6

1 = ala rettangolare (semplice da costruire); circa 0,45 avvicina la distribuzione ellittica (Raymer cap. 4).

CD0 (resistenza parassita) *

0,028

Raymer cap. 12: CD0 ≈ Cfe·$S_{bagnata}$/S con Cfe ≈ 0,0055 per monomotore leggero. Più avanti la scheda Coda e comandi la calcola per componenti.

Fattore di Oswald e

Vuoto: dalla formula di Raymer (12.48) con l'allungamento.

Rendimento dell'elica *

0,78

Circa 0,8 in crociera per un'elica ben adattata (Raymer cap. 13).

x del bordo d'attacco dell'ala dal datum (m) *

0,4

Origine dei bracci a scelta (per esempio il parafiamma).

Calcola

VALORI DI PROGETTO — non utilizzabili per il volo

Carico utile	190 kg + carburante 58 kg
MTOM	**530 kg** (a vuoto 283 kg)
Superficie alare	**13,02 m²** (carico alare 40,7 kg/m²)
Apertura	9,37 m
Corde radice / estremità	1,737 / 1,042 m
MAC	1,418 m a y = 2,15 m
Oswald e	0,847
Potenza per la crociera	53,4 kW all'albero
Potenza per la salita	40,7 kW a Vy ≈ 83 km/h
Potenza necessaria	**53,4 kW** (101 W/kg)
Stabilizzatore	2,43 m², apertura 3,12 m, corde 0,97 / 0,58 m, x b.a. 4,36 m
Deriva	1,25 m², altezza 1,37 m, corde 1,22 / 0,61 m, x b.a. 4,42 m

Bordo d'attacco dell'ala dritto (nessuna freccia): il bordo d'attacco della MAC è a x = 0.400 m dal datum.

Fonte dei dati di questo passo

scelta di progetto

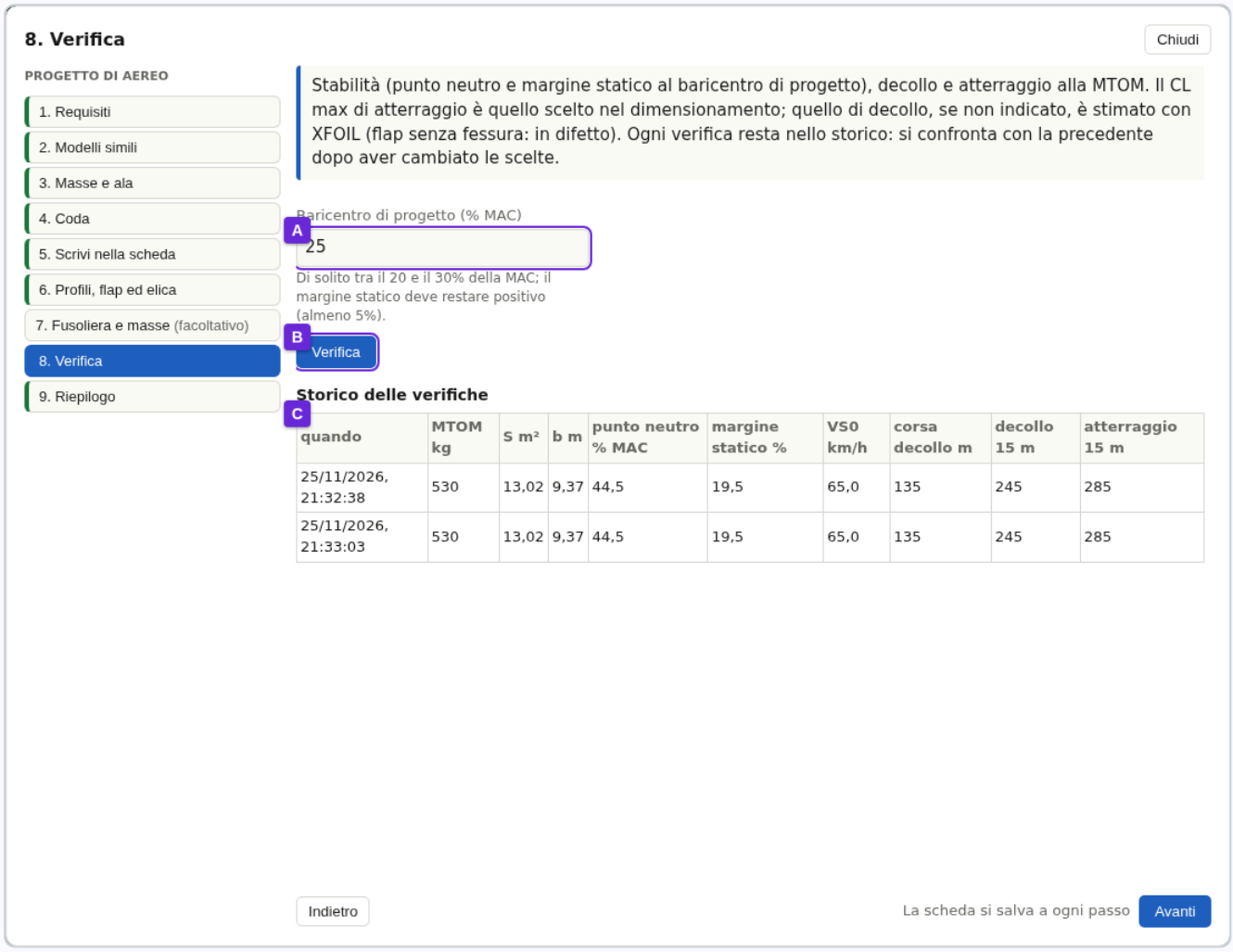
nota: pagina del manuale, chi ha

Indietro

La scheda si salva a ogni passo

Avanti

Nell'applicazione — verifica



A baricentro di progetto in % della MAC

B «Verifica»: stabilità, decollo e atterraggio (con XFOIL se serve: qualche secondo)

C storico: tra parentesi la variazione rispetto alla verifica precedente

> **Il dimensionamento è un punto di partenza.** Le formule (Raymer, capitoli 3, 4, 6 e 12) danno l'ordine di grandezza giusto; i valori veri vengono dalle schede (resistenza per componenti, stabilità con la fusoliera, AVL) e, sull'aereo costruito, dalle misure e dal volo.

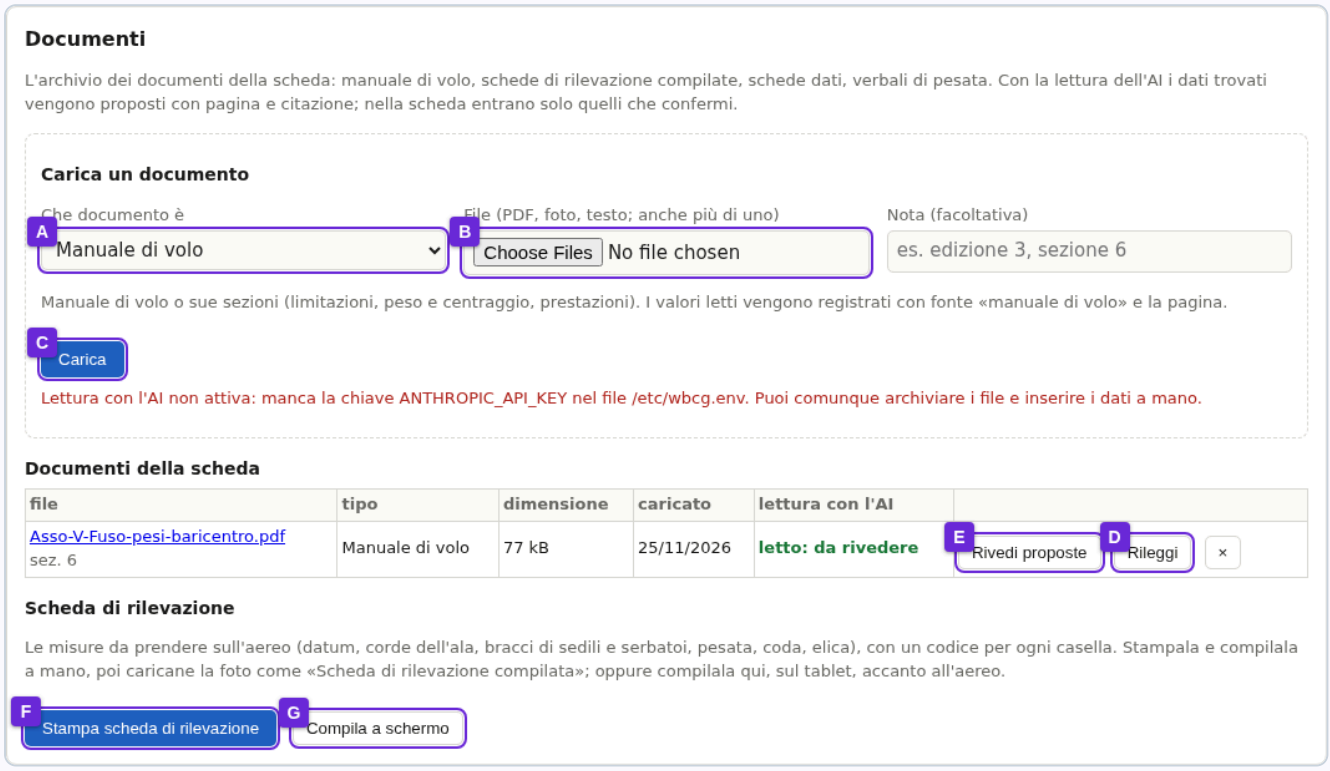
3.2 Documenti, scheda di rilevazione e lettura con l'AI

La scheda **Documenti** (gruppo Dati, e passo 3 della procedura «Aereo esistente») raccoglie i file del velivolo. Al caricamento si sceglie il tipo, che decide come vengono letti e quale fonte viene registrata:

Tipo	Che cosa è	Fonte registrata
Manuale di volo	il manuale o le sue sezioni (limitazioni, peso e centraggio, prestazioni), in PDF	manuale di volo, con la pagina

Scheda di rilevazione compilata	la foto o la scansione della scheda di rilevazione stampata dal programma e compilata a mano	misura sull'aereo
Altro documento	schede dati, verbali di pesata, articoli, disegni	dato pubblicato (modificabile)

Nell'applicazione — scheda Documenti



A tipo di documento

B file: PDF, foto (JPEG, PNG) o testo; anche più file insieme, fino a 30 MB ciascuno

C «Carica»: il file resta archiviato con la scheda (il nome apre il file)

D «Leggi con AI»: invia il file al servizio Claude e ne estrae i dati

E «Rivedi proposte»: i valori trovati, da confermare

F stampa la scheda di rilevazione

G compila la stessa scheda a schermo, sul tablet

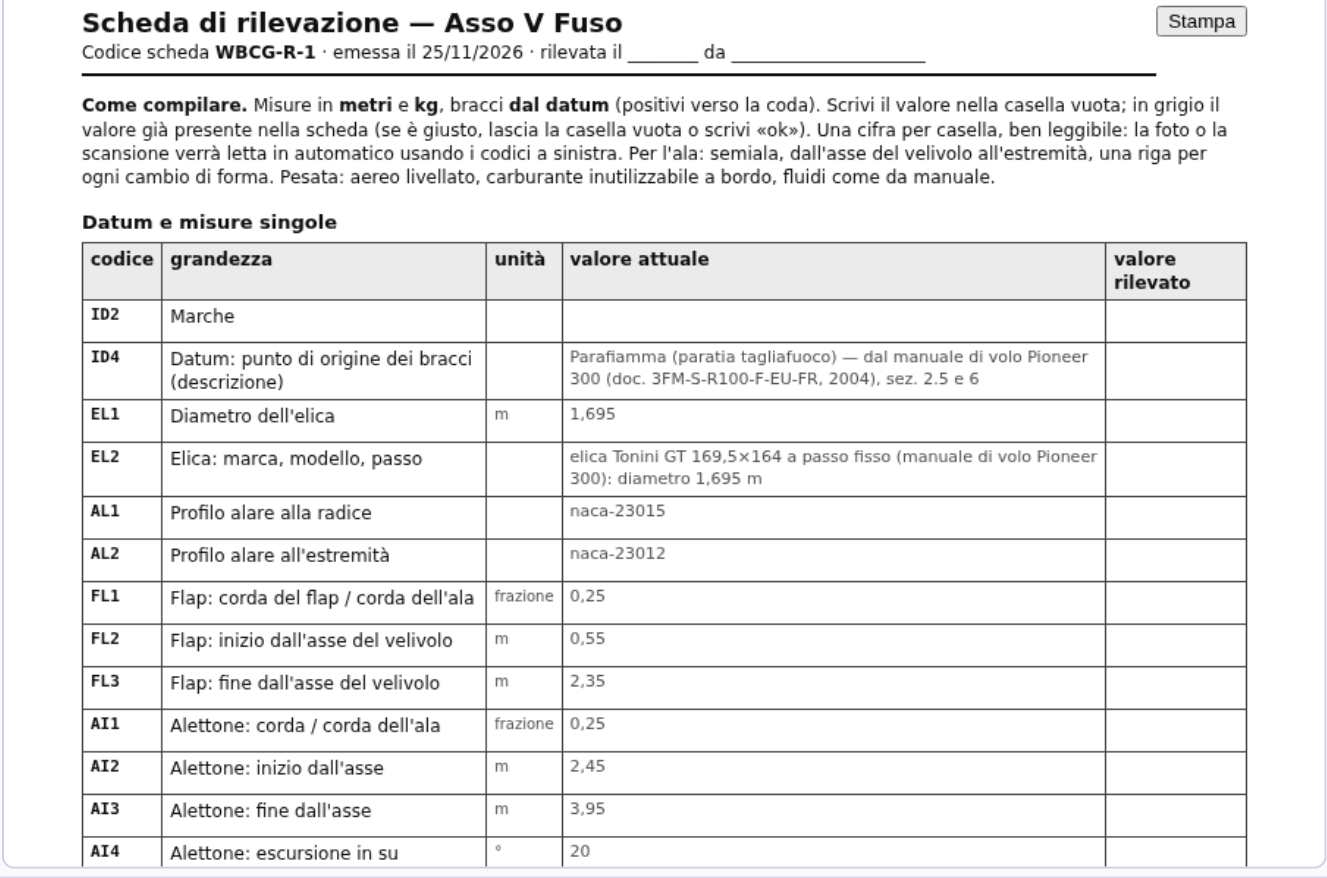
La scheda di rilevazione

Elenca le misure da prendere sull'aereo: datum, corde dell'ala per sezioni, flap e alettoni, coda, elica, bracci di sedili e serbatoi, appoggi della pesata, sezioni della fusoliera. Ogni casella ha un **codice** (es. `CH2`, oppure `ST2` = riga 2 delle stazioni) e accanto, in grigio, il valore già presente nella scheda. Le misure si scrivono in metri e kg, con i bracci dal datum (capitoli 4–13 per il modo di prenderle). Torna nel programma in due modi:

- **a mano**: si compila il foglio e se ne carica la foto come «Scheda di rilevazione compilata»; la lettura con l'AI usa i codici per rimettere ogni valore al suo posto e ignora i numeri grigi stampati («ok» conferma il valore vecchio);

- **a schermo**: «Compila a schermo» apre gli stessi campi e tabelle; «Salva la rilevazione» scrive i dati cambiati con fonte «misura sull'aereo», data ed esecutore.

Nell'applicazione — scheda di rilevazione stampata



Scheda di rilevazione — Asso V Fuso Stampa

Codice scheda **WBCG-R-1** · emessa il 25/11/2026 · rilevata il _____ da _____

Come compilare. Misure in **metri** e **kg**, bracci **dal datum** (positivi verso la coda). Scrivi il valore nella casella vuota; in grigio il valore già presente nella scheda (se è giusto, lascia la casella vuota o scrivi «ok»). Una cifra per casella, ben leggibile: la foto o la scansione verrà letta in automatico usando i codici a sinistra. Per l'ala: semiala, dall'asse del velivolo all'estremità, una riga per ogni cambio di forma. Pesata: aereo livellato, carburante inutilizzabile a bordo, fluidi come da manuale.

Datum e misure singole

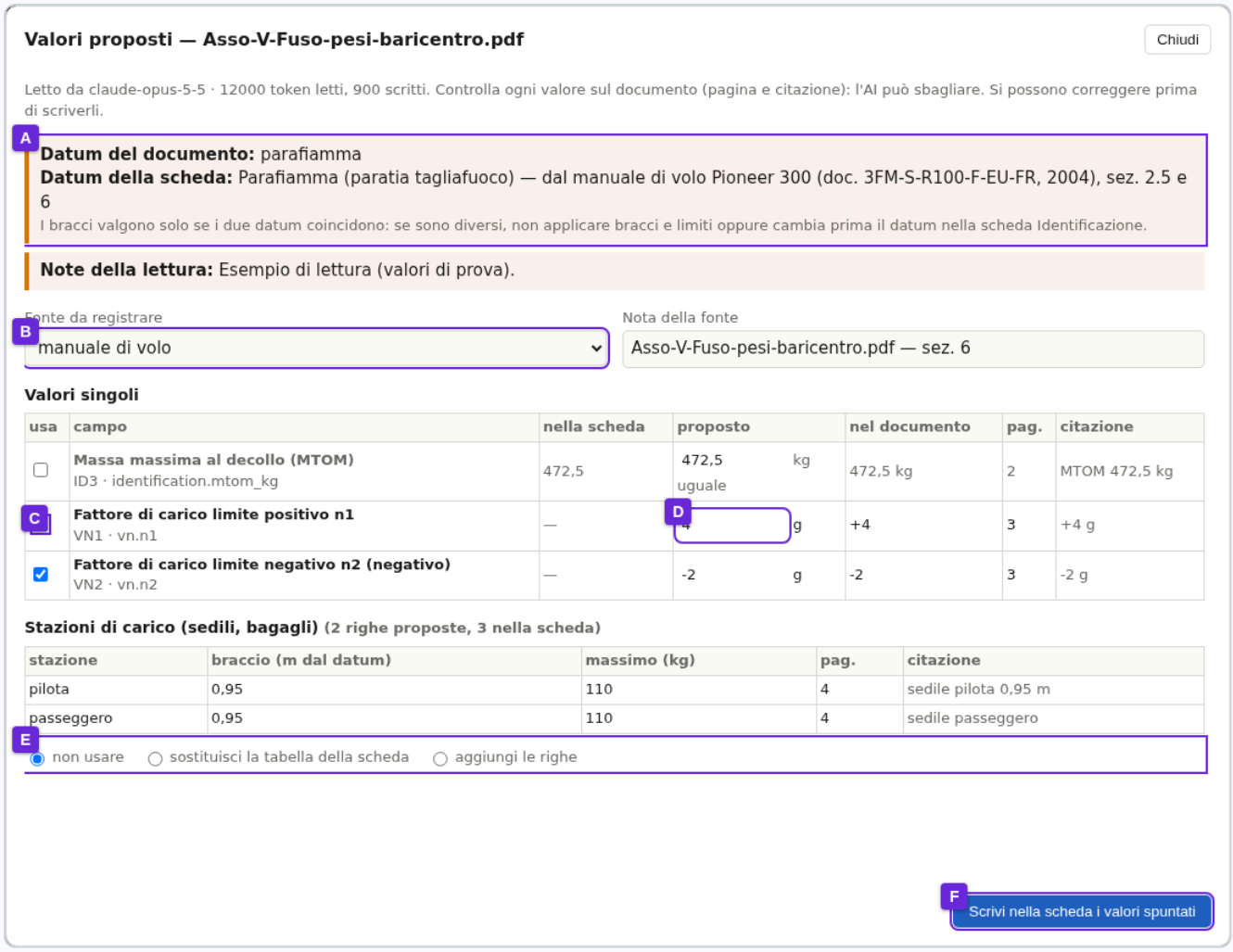
codice	grandezza	unità	valore attuale	valore rilevato
ID2	Marche			
ID4	Datum: punto di origine dei bracci (descrizione)		Parafiamma (paratia tagliafuoco) — dal manuale di volo Pioneer 300 (doc. 3FM-S-R100-F-EU-FR, 2004), sez. 2.5 e 6	
EL1	Diametro dell'elica	m	1,695	
EL2	Elica: marca, modello, passo		elica Tonini GT 169,5×164 a passo fisso (manuale di volo Pioneer 300): diametro 1,695 m	
AL1	Profilo alare alla radice		naca-23015	
AL2	Profilo alare all'estremità		naca-23012	
FL1	Flap: corda del flap / corda dell'ala	frazione	0,25	
FL2	Flap: inizio dall'asse del velivolo	m	0,55	
FL3	Flap: fine dall'asse del velivolo	m	2,35	
AI1	Alettone: corda / corda dell'ala	frazione	0,25	
AI2	Alettone: inizio dall'asse	m	2,45	
AI3	Alettone: fine dall'asse	m	3,95	
AI4	Alettone: escursione in su	°	20	

La lettura con l'AI e la revisione

«Leggi con AI» invia il file al servizio Claude di Anthropic (il programma lo chiede prima: il documento esce dal server). La lettura dura da qualche secondo a qualche minuto e costa qualche centesimo per documento, di più per un manuale intero. Il risultato resta salvato: si può rivedere più volte senza rileggere. All'AI è chiesto di riportare **solo** valori scritti nel documento, con pagina e citazione, convertendo soltanto le unità (pollici, libbre, nodi, hp…) e lasciando nella colonna «nel documento» il valore originale. Non stima e non completa i dati mancanti: lo dice nelle note.

Nessun valore entra nella scheda senza conferma. Nella revisione:

Nell'applicazione — revisione dei valori proposti



A datum del documento e datum della scheda: i bracci valgono solo se coincidono

B fonte e nota registrate per ogni valore (la pagina si aggiunge da sola)

C spunta: il valore viene scritto; i valori uguali a quelli della scheda sono già tolti

D il valore proposto si può correggere prima di scriverlo

E tabelle (limiti, stazioni, serbatoi, pesata, ala, fusoliera): non usare, sostituire o aggiungere le righe

F scrive i valori spuntati, registra le fonti e salva la scheda

> **Controlla sul documento.** L'AI può leggere male una cifra, confondere IAS e CAS o prendere la VNE per VD: la colonna «pag.» e la citazione servono a verificarlo. I limiti di baricentro dati in % della MAC non vengono convertiti: sono riportati nelle note. Per i dati senza valore predefinito (n1, n2, VC, VD, CL max) la conferma resta tua.

Attivazione (una volta, sul server): la libreria `anthropic` per Python e la chiave `ANTHROPIC_API_KEY` nel file `/etc/wbcg.env`. Senza, l'archivio e la scheda di rilevazione funzionano e la lettura resta spenta.

4. Attrezzatura e preparazione

Attrezzatura

Attrezzo	A cosa serve	Note
Tre bilance a piattaforma	pesata	portata adeguata (la ruota anteriore e ciascuna principale), taratura in corso di validità: annota la scadenza nel verbale
Livella digitale o a bolla (≥ 60 cm), inclinometro digitale	livellamento, svergolamento, diedro, escursioni dei comandi	risoluzione 0,1°; azzera l'inclinometro su una superficie piana
Filo a piombo (2–3)	riportare punti del velivolo sul pavimento	indispensabile per misurare bracci e corde con precisione
Metro a nastro da 8–10 m, metro rigido, squadra grande	distanze	misura sempre sul pavimento, tra segni, mai «in aria» sulla curva della fusoliera
Distanziometro laser (facoltativo)	distanze lunghe	controlla con il nastro
Nastro di carta, gesso, pennarello	segni sul pavimento	numera i segni come nei fogli di rilievo
Cartoncino rigido, dima a pettine (profilometro)	rilievo del profilo e delle sezioni	vedi capitolo 8
Dinamometro o cella di carico (≥ 300 kgf), cinghia di ritenuta	spinta statica dell'elica	vedi capitolo 13: procedura con rischi, segui le regole di sicurezza
Cunei, spessori, martinetti/sollevatori	livellamento e pesata	pesa a parte cunei e piastre sulle bilance: sono la **tara**

Preparazione del velivolo per la pesata

- Al chiuso, senza correnti d'aria, su pavimento piano.
- Velivolo pulito e asciutto, con tutto l'equipaggiamento installato secondo l'elenco del manuale.
- **Carburante**: il peso a vuoto comprende di solito il carburante inutilizzabile (il manuale del Pioneer 300 lo indica). Svuota i serbatoi fino all'inutilizzabile, oppure pesa con carburante noto e toglilo nella tabella «Fluidi da togliere».

- **Olio**: di solito al livello pieno (secondo il manuale); se non lo è, aggiungi la differenza in «Fluidi da aggiungere».
- Liquido di raffreddamento e altri fluidi secondo il manuale.
- Sedili nella posizione indicata dal manuale, flap retratti, comandi al neutro, tettuccio chiuso, nessun oggetto a bordo.

---

5. Livellare il velivolo e riportare le misure al pavimento

Livellamento

Il manuale indica i **punti di livellamento** (per esempio una guida del tettuccio, il longherone del pavimento, due viti sulla fiancata). Il velivolo è livellato quando:

- **in senso longitudinale**: la livella sui punti indicati segna 0° (agisci gonfiando/sgonfiando gli pneumatici, con spessori sotto le ruote, o sollevando il ruotino);
- **in senso trasversale**: le due ali hanno la stessa altezza da terra in punti simmetrici (per esempio sotto le estremità alari o sotto il longherone).

Annota nel campo **Note** della scheda Identificazione come hai livellato (punti e strumento): servirà per ripetere la pesata.

Riportare un punto sul pavimento

1. Appendi il filo a piombo al punto (per esempio il centro del datum, l'asse della ruota, il bordo d'attacco).
2. Quando il piombo è fermo, segna sul pavimento il punto sotto la punta con una croce sul nastro di carta.
3. Traccia sul pavimento la **linea d'asse** del velivolo (dai punti sotto il muso e sotto la coda, per esempio il centro dell'ogiva e il centro del timone).
4. Riporta perpendicolarmente all'asse tutti i punti: la distanza dal datum è la distanza lungo l'asse tra la proiezione del datum e la proiezione del punto.

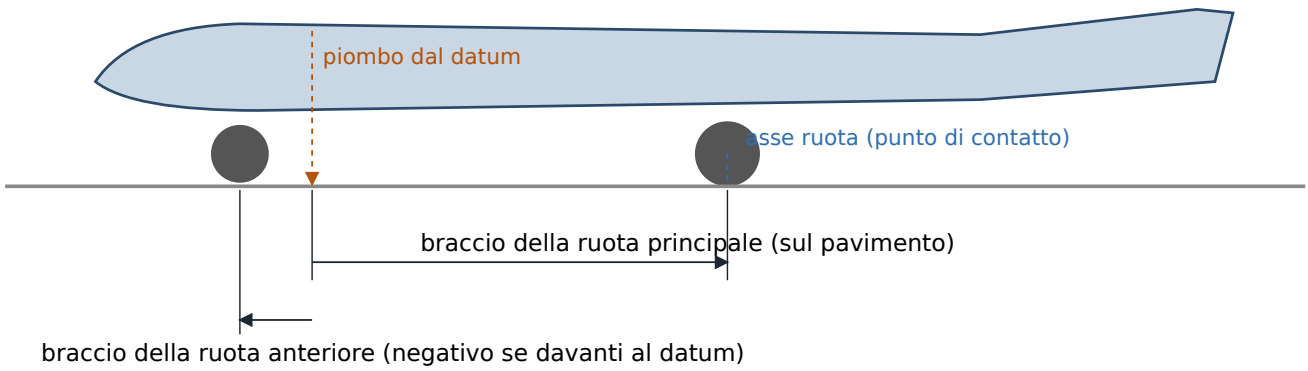


Figura 2 — Si misura sul pavimento, tra le proiezioni dei punti, lungo la linea d'asse.

> **Precisione.** Un errore di 1 cm sul braccio di una ruota principale che porta 200 kg sposta il baricentro di circa 0,7 cm su 290 kg. Misura ogni distanza due volte, da due persone diverse se possibile.

---

6. La pesata con tre bilance

Procedura

1. Prepara il velivolo (capitolo 4) e posiziona le tre bilance sotto le ruote, ben centrate. Se le bilance hanno uno spessore, metti spessori uguali sotto le ruote mancanti per non inclinare il velivolo.
2. Azzera le bilance a vuoto. Pesa e annota a parte cunei, piastre e spessori che restano sulle bilance: è la **tara** di ciascuna bilancia.
3. Porta il velivolo sulle bilance, togli i freni (per non caricare lateralmente le piattaforme), metti i cunei, **livella** (capitolo 5).
4. Leggi le tre bilance. Fai scendere il velivolo, riportalo sopra e ripeti: almeno **tre letture** per bilancia. Se differiscono di più di 0,5 kg cerca la causa (vento, contatti, bilancia non centrata). Usa la media.
5. Con il velivolo ancora livellato, misura i **bracci** delle ruote: centro del punto di contatto di ciascuna ruota (al centro dell'asse ruota, con il piombo) rispetto al datum.
6. Annota carburante e olio presenti, data, chi ha eseguito, scadenza della taratura delle bilance.

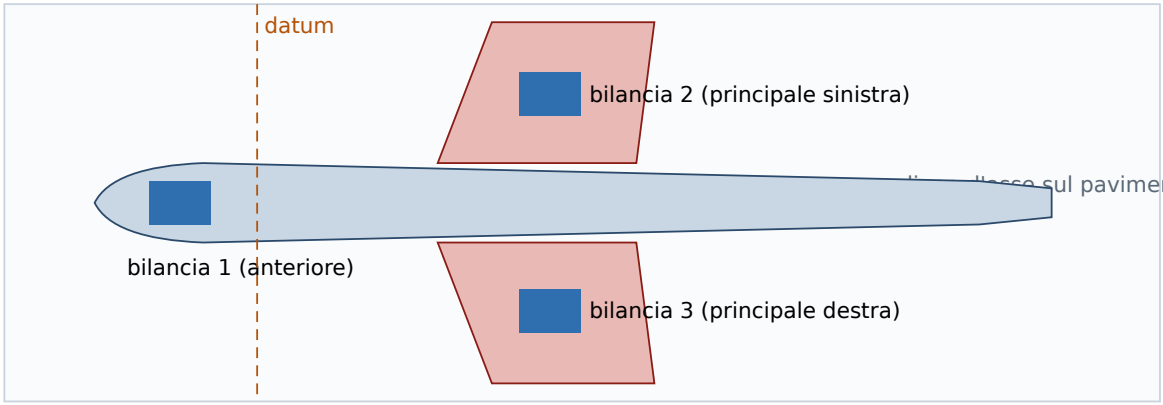


Figura 3 — Disposizione delle bilance (triciclo). Con il biciclo la terza bilancia va sotto il ruotino di coda.

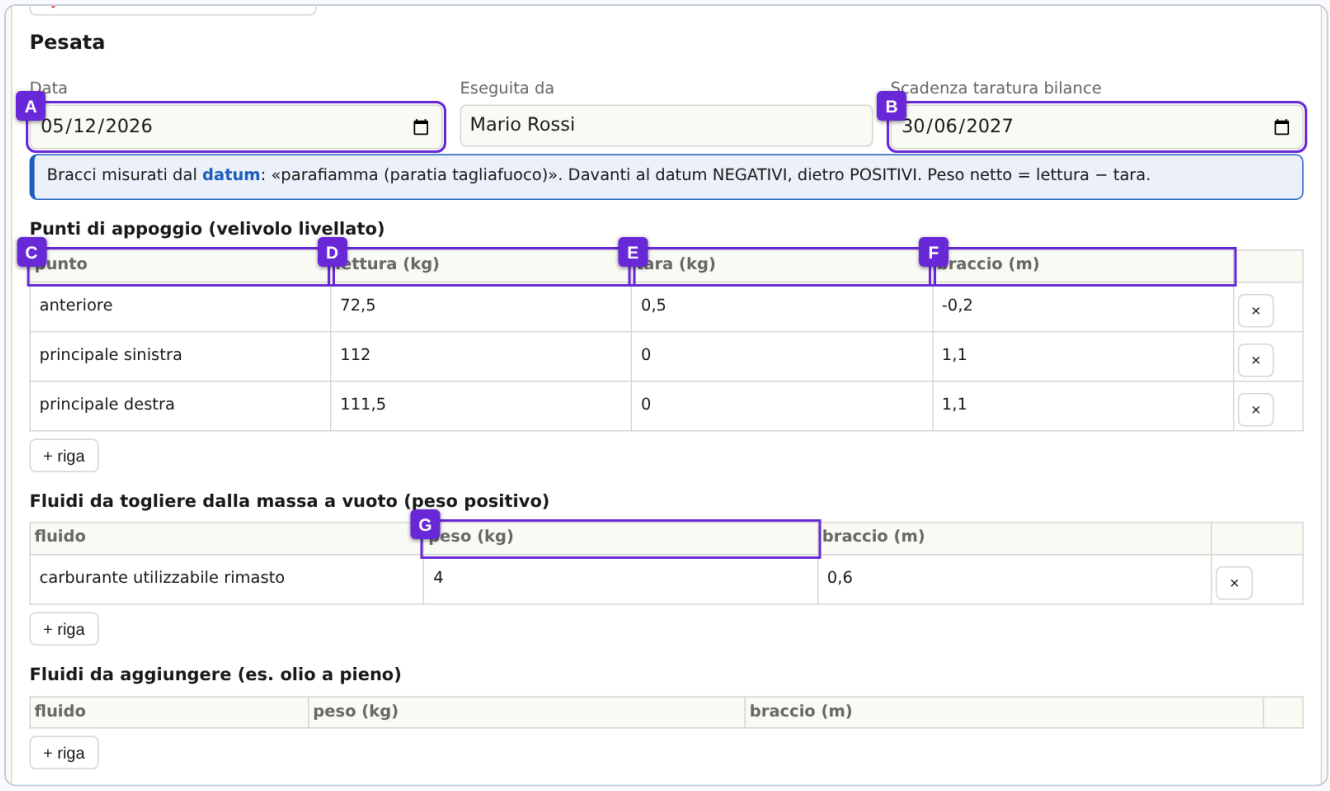
Inserimento nella scheda Pesata

Campo	Che cosa scrivere
punto	nome della ruota: «anteriore», «principale sinistra», «principale destra» (o «coda»)
lettura (kg)	media delle letture della bilancia
tara (kg)	cunei, piastre, spessori rimasti sulla bilancia
braccio (m)	distanza dal datum del punto di contatto della ruota (negativa se davanti al datum)
Fluidi da togliere	carburante utilizzabile rimasto nei serbatoi, oggetti presenti per errore: peso (positivo) e braccio. Vengono sottratti.
Fluidi da aggiungere	per esempio l'olio mancante per arrivare al pieno, se il peso a vuoto lo prevede: peso e braccio.

Il programma calcola: peso netto = lettura − tara; massa a vuoto = somma dei pesi netti − fluidi tolti + fluidi aggiunti; baricentro = somma dei momenti / massa.

Esempio verificabile a mano (lo stesso delle figure sotto, valori d'esempio): anteriore 72,5 kg (tara 0,5) a −0,200 m; principali 112,0 e 111,5 kg (tara 0) a 1,100 m; carburante utilizzabile rimasto 4,0 kg a 0,600 m, da togliere.
Pesi netti 72,0 + 112,0 + 111,5 = 295,5 kg; meno 4,0 kg di carburante = **291,5 kg**.
Momenti: 72,0 × (−0,200) = −14,40; 223,5 × 1,100 = 245,85; −4,0 × 0,600 = −2,40. Totale 229,05 kg·m → **CG a vuoto = 229,05 / 291,5 = 0,786 m**, cioè (0,786 − 0,474) / 1,422 = 21,9 % della MAC.

Nell'applicazione — scheda Pesata



A data della pesata (ed «Eseguita da» accanto)

B scadenza della taratura delle bilance

C punto: nome della ruota, una riga per bilancia

D lettura: media delle letture della bilancia (kg)

E tara: cunei e piastre rimasti sulla bilancia (kg)

F braccio della ruota dal datum (m, negativo se davanti)

G fluidi da togliere (carburante utilizzabile rimasto): peso positivo e braccio

Valori d'esempio. Sotto, con «Calcola massa e baricentro a vuoto»:

Nell'applicazione — risultato della pesata



Stima per componenti

Finché non hai pesato, puoi compilare la tabella «Stima del peso a vuoto per componenti» (motore, elica, ala, fusoliera, impianti… con massa e braccio). Il programma la usa **solo se non ci sono letture di bilancia** e la segnala come **STIMA** ovunque, anche nel documento stampato. Nel campo «Totale noto» puoi mettere il peso a vuoto dichiarato per controllo.

7. Misurare l'ala

Si descrive la **semiala** con una serie di **sezioni** dalla radice all'estremità: in ogni sezione servono tre numeri.

Grandezza	Definizione	Come si misura
y (m)	distanza della sezione dall'asse del velivolo	sul pavimento, perpendicolare alla linea d'asse, tra l'asse e la proiezione della sezione
x bordo d'attacco (m)	distanza dal datum del bordo d'attacco della sezione	piombo dal bordo d'attacco (il punto più avanzato del profilo), distanza dal datum lungo l'asse
corda (m)	distanza tra bordo d'attacco e bordo d'uscita, parallela all'asse	piombo anche dal bordo d'uscita; corda = x bordo d'uscita − x bordo d'attacco

Quali sezioni: la radice (dove l'ala esce dalla fusoliera, oppure sull'asse prolungando i bordi: indica quale nelle note), ogni punto in cui cambia la forma in pianta (cambio di rastremazione, inizio del tratto rastremato) e l'estremità (escluse le estremità rialzate, che si inseriscono a parte in «Coda e comandi»).

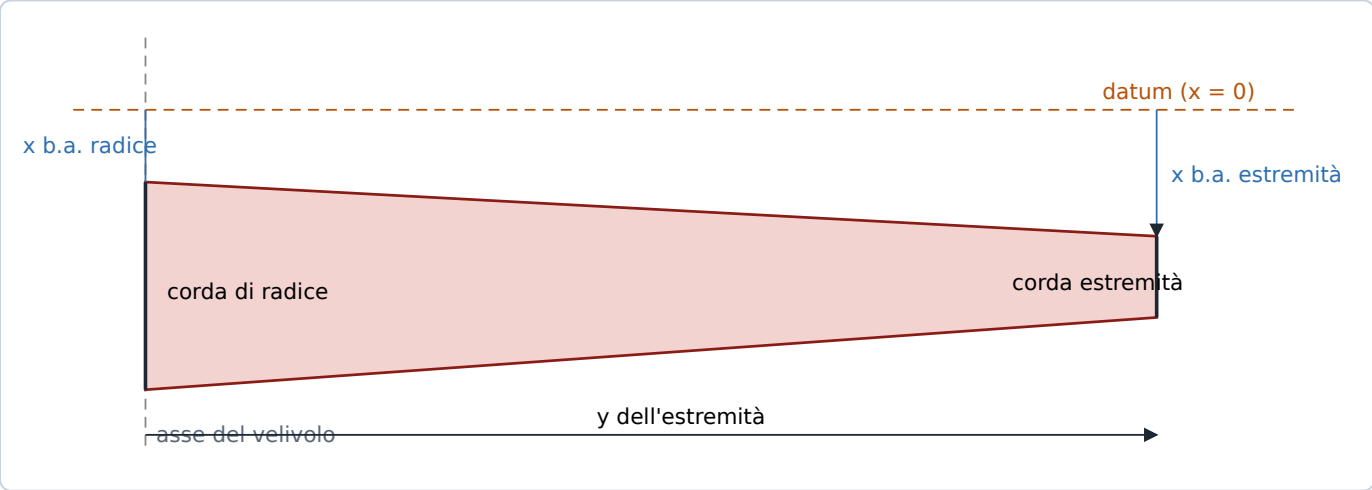
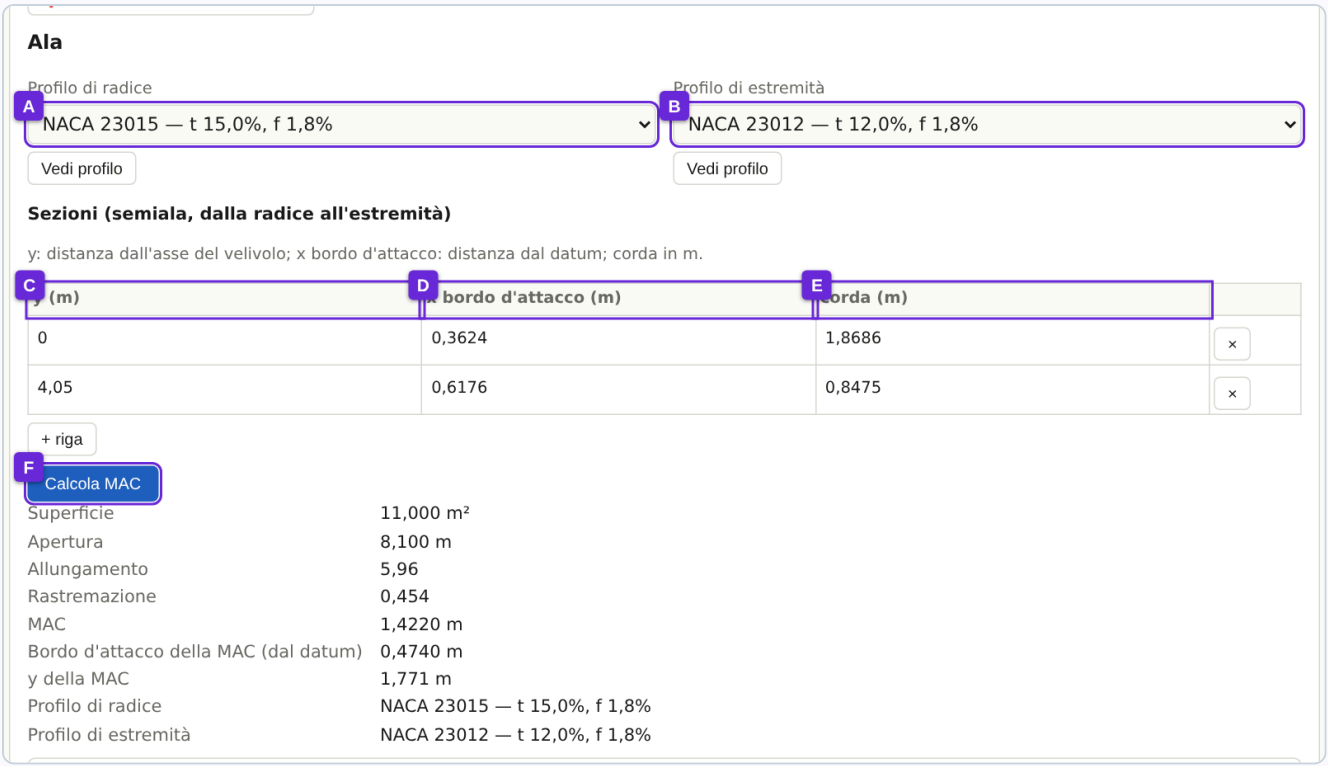


Figura 4 — Semiala vista dall'alto: per ogni sezione y, x del bordo d'attacco e corda.

Nell'applicazione — scheda Ala



- **A** profilo di radice (dalla libreria)
- **B** profilo di estremità
- **C** y della sezione dall'asse del velivolo (m)
- **D** x del bordo d'attacco dal datum (m)
- **E** corda (m)
- **F** «Calcola MAC»: superficie, apertura, MAC e LEMAC da confrontare con il manuale

Una riga per sezione, dalla radice all'estremità («+ riga» per aggiungerne). Le sezioni agli estremi di flap e alettoni le aggiunge il programma da solo.

Svergolamento e diedro

- **Svergolamento**: appoggia una dima o un regolo sulla corda (dal bordo d'attacco al bordo d'uscita, sul ventre se è piano, oppure con due distanziali che riproducono la corda) alla radice e all'estremità; leggi l'angolo con l'inclinometro. Svergolamento = angolo all'estremità − angolo alla radice (negativo se l'estremità ha meno incidenza, come di solito). Annotalo nelle note: il calcolo attuale considera l'ala senza svergolamento.
- **Diedro**: misura l'altezza da terra del bordo d'attacco alla radice e all'estremità (velivolo livellato in senso trasversale). Diedro = arctan[(h estremità − h radice) / (y estremità − y radice)]. Esempio: 0,18 m su 3,5 m → arctan(0,0514) = 2,9°.

Dopo aver inserito le sezioni premi **Calcola MAC**: superficie, apertura, allungamento, rastremazione, MAC e LEMAC. Se il manuale indica MAC e LEMAC, confrontali: una differenza di qualche millimetro è normale; centimetri indicano un errore di misura o un datum diverso.

8. Rilevare il profilo alare

Il profilo serve per il cl max, la resistenza, i comandi e la fluidodinamica. In ordine di preferenza:

1. **Dal costruttore** (nome del profilo, per esempio NACA 23015): sceglilo dalla libreria nella scheda Ala.
2. **Coordinate in formato .dat** (Selig o Lednicer, per esempio dal database UIUC): caricale nella scheda Profili.
3. **Rilievo sull'ala**:
   - con una **dima a pettine** (profilometro) premuta su dorso e ventre in una zona senza nervature sporgenti, ricopiando la sagoma su cartoncino;
   - oppure con un regolo appoggiato sotto la corda e misurando, ogni 5 % di corda (più fitto nel primo 10 %), l'altezza del dorso e del ventre rispetto al regolo.

   Inserisci i punti nella **tabella progressiva** della scheda Profili (x, y dorso, y ventre) nell'unità scelta (mm, cm, m o x/c). Il programma normalizza sulla corda.

Premi **Analizza profilo**: spessore massimo e posizione, curvatura, raggio del bordo d'attacco, disegno. Puoi salvarlo come **progetto di profilo** e chiederne la pubblicazione in libreria.

Nell'applicazione — scheda Profili



A libreria dei profili (NACA, Clark Y…)

B unità delle coordinate rilevate (mm, cm, m o x/c)

C file .dat da caricare

D tabella progressiva: x, y del dorso, y del ventre

E «Analizza profilo»

> Rileva il profilo alla radice e all'estremità: molti velivoli cambiano profilo o spessore lungo l'apertura.

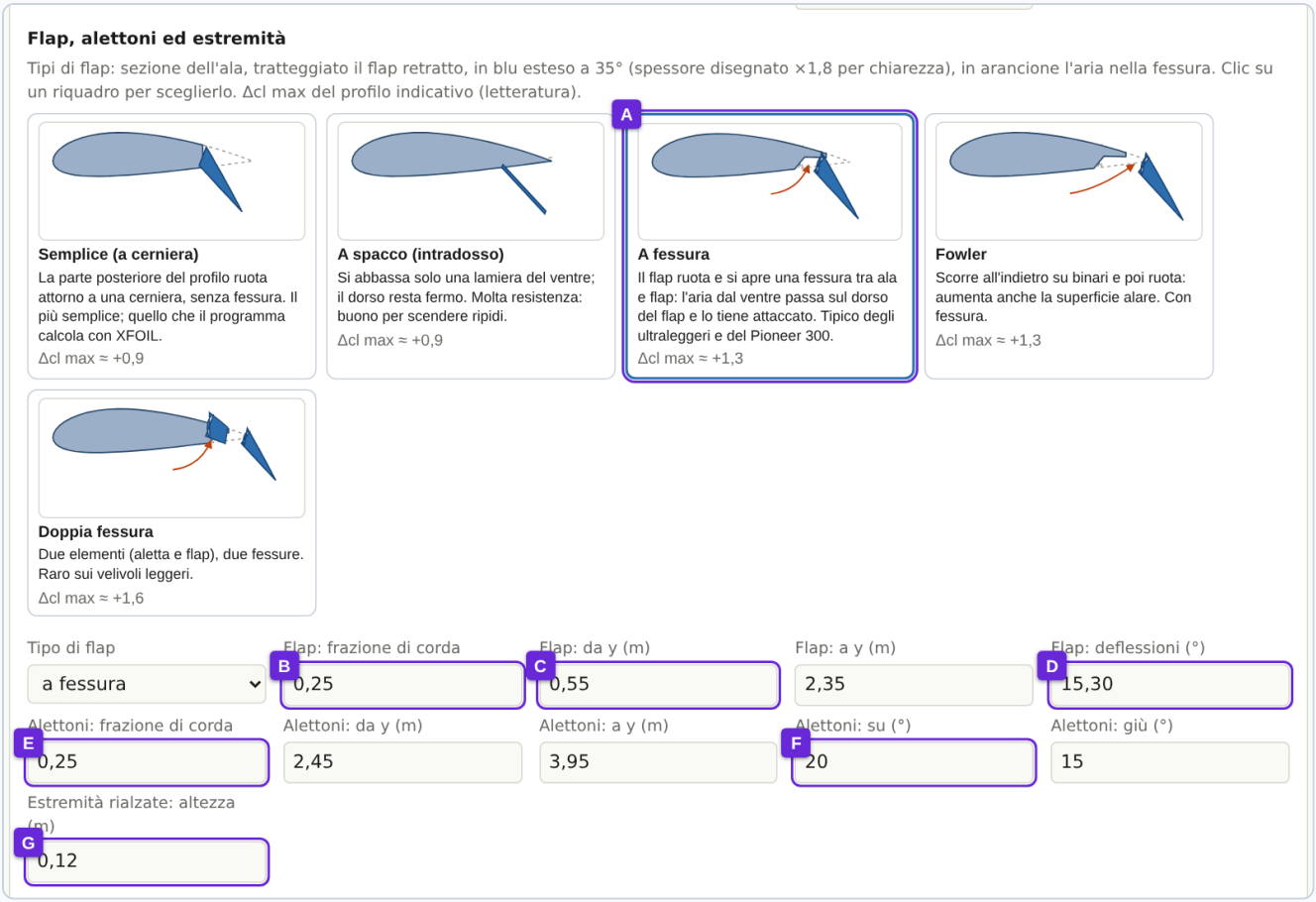
---

9. Flap, alettoni e superfici mobili

Geometria

Grandezza	Come si misura
frazione di corda	corda della parte mobile (dalla cerniera al bordo d'uscita) divisa per la corda dell'ala in quel punto. Esempio: 0,30 m su 1,20 m = 0,25.
da y / a y	distanza dall'asse del velivolo dell'inizio e della fine della parte mobile
tipo di flap	semplice, a spacco, a fessura, Fowler, doppia fessura: nella scheda Coda e comandi c'è un aiuto con i disegni. Per i flap a fessura annota larghezza della fessura e sovrapposizione.
deflessioni	dal manuale (posizioni dei flap, escursioni dei comandi) o misurate

Nell'applicazione — scheda Coda e comandi, riquadro «Flap, alettoni ed estremità»



A tipo di flap: clic sul disegno che corrisponde al tuo

B flap: frazione di corda (corda mobile / corda dell'ala)

C flap: da y (inizio) e, accanto, a y (fine)

D flap: deflessioni in gradi, separate da spazi (es. 15 30)

E alettoni: frazione di corda (poi da y, a y)

F alettoni: escursione su e, accanto, giù (°)

G estremità rialzate: altezza (m), 0 se piane

Misurare un'escursione

Con l'inclinometro: appoggialo sulla superficie mobile, azzeralo al neutro, porta il comando a fondo corsa e leggi l'angolo.

In millimetri (molti manuali danno le escursioni così): misura in linea retta lo spostamento **d** del bordo d'uscita tra neutro e fondo corsa, e la corda della parte mobile **c** (cerniera–bordo d'uscita). L'angolo è:

$$\delta = 2 \cdot \arcsin\left(d / (2 \cdot c) \right)$$

Esempio: d = 100 mm, c = 300 mm → 2 · arcsin(0,1667) = **19,2°**.

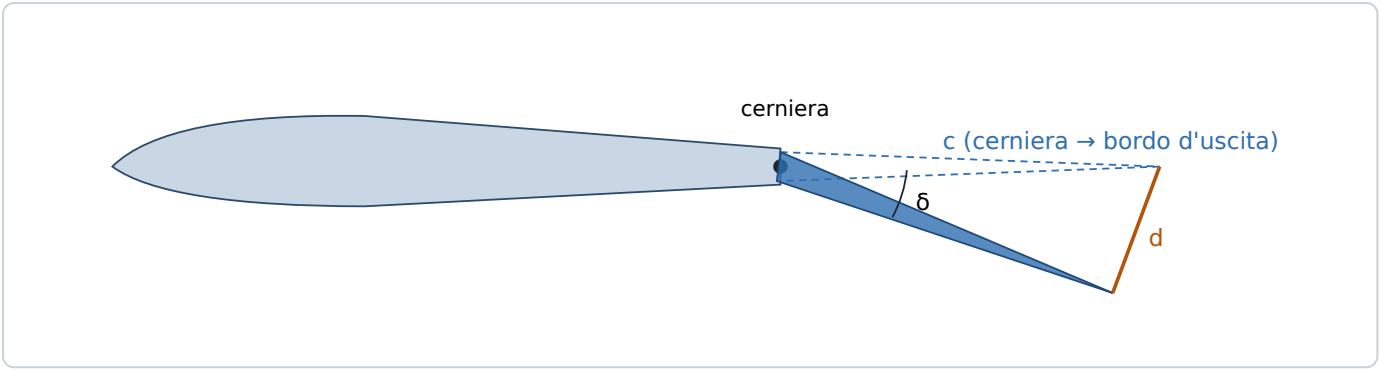


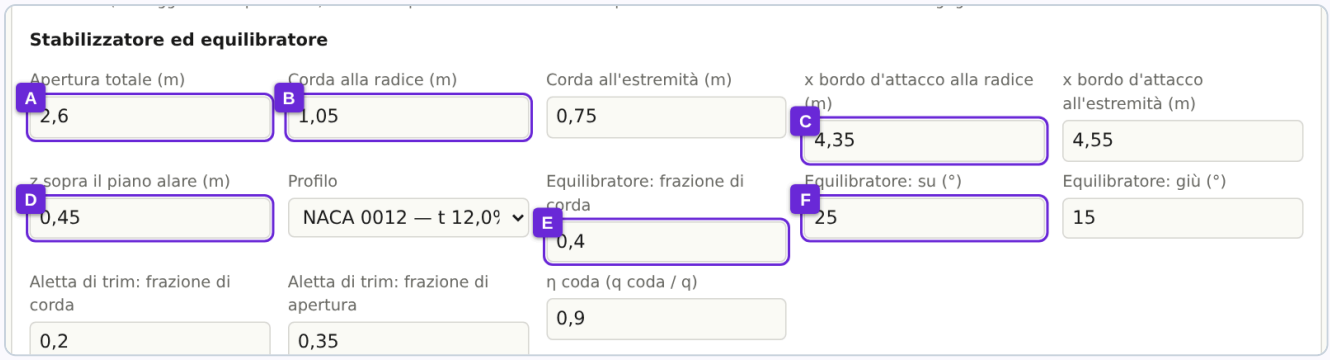
Figura 5 — Escursione dalla distanza d percorsa dal bordo d'uscita.

10. Piani di coda

Tutte le x sono distanze dal datum; le z sono quote sopra il **piano della corda di radice dell'ala** (la retta bordo d'attacco – bordo d'uscita alla radice, prolungata): misura l'altezza da terra del punto e sottrai l'altezza da terra del piano alare in quella posizione.

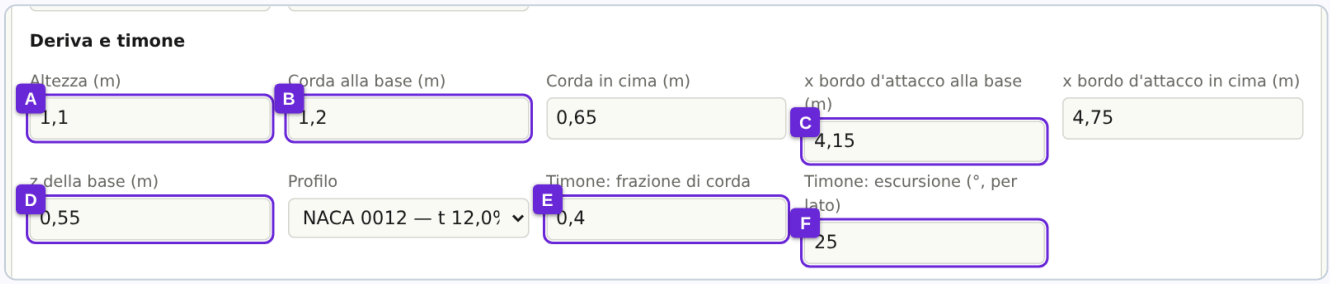
Superficie	Misure
Stabilizzatore	apertura totale (da estremità a estremità); corda alla radice (sull'asse, prolungando i bordi) e all'estremità; x del bordo d'attacco alla radice e all'estremità; z; profilo (spesso simmetrico, NACA 0009–0012)
Equilibratore	frazione di corda; escursione su e giù in gradi (capitolo 9); aletta di trim: frazione di corda e di apertura
Deriva	altezza (dalla base sulla fusoliera alla cima); corda alla base e in cima; x del bordo d'attacco alla base e in cima; z della base
Timone	frazione di corda; escursione per lato
η coda	rapporto tra pressione dinamica in coda e all'infinito: non si misura in hangar; se manca il programma usa 0,9 (valore tipico, segnalato)

Nell'applicazione — scheda Coda e comandi, stabilizzatore



- **A** apertura totale
- **B** corda alla radice (e, accanto, all'estremità)
- **C** x del bordo d'attacco alla radice (e all'estremità)
- **D** z sopra il piano alare
- **E** equilibratore: frazione di corda
- **F** equilibratore: escursione su (e giù) in gradi

Nell'applicazione — scheda Coda e comandi, deriva



- **A** altezza della deriva
- **B** corda alla base (e in cima)
- **C** x del bordo d'attacco alla base (e in cima)
- **D** z della base
- **E** timone: frazione di corda
- **F** timone: escursione per lato (°)

La vista «di fianco» e «dall'alto» nella scheda Coda e comandi si aggiorna mentre scrivi: controlla che i disegni corrispondano all'aereo vero.

11. Fusoliera

La fusoliera si descrive con sezioni trasversali. Per ogni sezione:

Campo	Significato
N.	numero progressivo, automatico: è lo stesso che compare nei disegni accanto al punto
punto	a che cosa si riferisce la sezione: «punta dell'ogiva», «parafiamma», «cruscotto», «schienali», «attacco della deriva», «fine della fusoliera»…

x	distanza dal datum
larghezza, altezza	dimensioni esterne massime della sezione
z	quota del centro della sezione sopra il piano della corda di radice dell'ala (con ala bassa è positiva)

Come misurare: scegli 8–12 sezioni, più fitte nel muso e dove la forma cambia. Per ciascuna: segna la x sul pavimento con il piombo; misura la larghezza con due squadre appoggiate ai fianchi (distanza tra le squadre); misura altezza da terra del punto più alto e più basso; z = (alto + basso)/2 − altezza del piano alare. Dai a ogni sezione il nome del punto: nei disegni vedrai il numero esattamente dove si trova.

Nell'applicazione — scheda Fusoliera

Fusoliera

Sezioni trasversali lungo l'asse. **x**: distanza dal datum (positiva verso la coda), come i bracci. **Larghezza** e **altezza**: dimensioni esterne massime della sezione. **z**: quota del centro della sezione sopra il piano della corda di radice dell'ala (positiva verso l'alto; ala bassa → z positivo). **Punto**: a cosa si riferisce la sezione (per esempio punta dell'ogiva, parafiamma, schienali, attacco della deriva); il numero **N.** è quello che compare nei disegni. Forma della sezione: superellisse, esponente 2 = ellisse, 2,5–4 = rettangolo con angoli sempre più vivi.

FORMA INDICATIVA generata da tre misure: correggi la tabella con le misure vere e togli la spunta.

Esponente della sezione

2,5

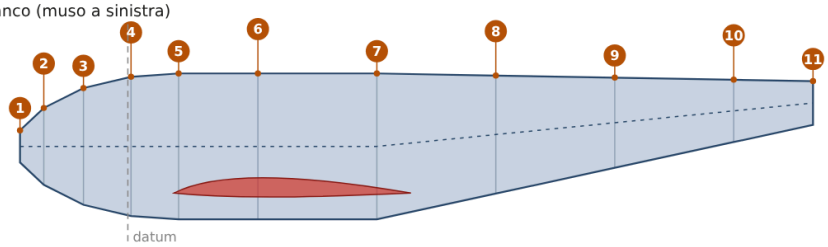
forma indicativa (non misurata)

A N.	B punto (a cosa si riferisce)	C x dal datum (m)	D larghezza (m)	altezza (m)	E z centro sopra l'ala (m)	
1	punta dell'ogiva dell'elica — indicativo	-0,85	0,189	0,253	0,368	×
2	ogiva / cofano motore — indicativo	-0,6625	0,5531	0,6058	0,368	×
3	cofano motore — indicativo	-0,35	0,84	0,92	0,368	×
4	parafiamma (datum) — indicativo	0,025	1,0016	1,097	0,368	×
5	cruscotto, inizio cabina — indicativo	0,4	1,05	1,15	0,368	×
6	cabina, zona dei sedili — indicativo	1,025	1,05	1,15	0,368	×
7	fine cabina, dietro il bagagliaio — indicativo	1,9625	1,05	1,15	0,368	×
8	cono di coda — indicativo	2,9	0,798	0,9305	0,4613	×
9	cono di coda — indicativo	3,8375	0,546	0,7109	0,5546	×
10	coda: stabilizzatore e deriva — indicativo	4,775	0,294	0,4914	0,6479	×
11	fine della fusoliera — indicativo	5,4	0,126	0,345	0,7101	×

+ riga

Ridisegna

F Di fianco (muso a sinistra)



A N.: numero automatico, è quello dei disegni

B punto: a che cosa si riferisce la sezione

C x dal datum (m)

D larghezza (e, accanto, altezza) esterne (m)

E z del centro sopra il piano alare (m)

F disegni: ogni numero è nella posizione esatta della sezione

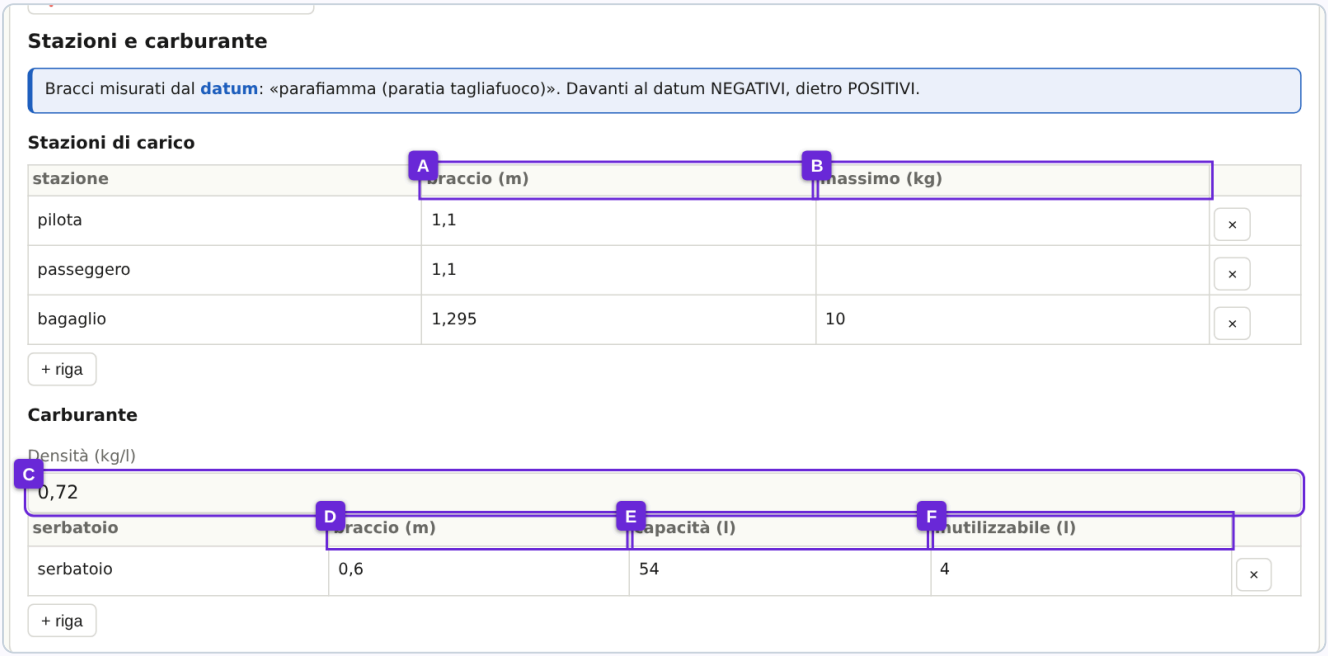
Nella figura la forma è ancora quella indicativa dell'Asso V: va sostituita con le misure.

Se non hai ancora le misure, «Genera forma indicativa» costruisce una forma da lunghezza, larghezza e altezza: è marcata **indicativa** e va sostituita.

12. Stazioni di carico e serbatoi

- **Stazioni** (sedili, bagaglio): nome, braccio, carico massimo. Usa i bracci del manuale: il braccio di un sedile è convenzionale (baricentro di una persona seduta), non si misura sul sedile. Se il manuale non lo dà, l'uso comune è circa a metà della seduta, verso lo schienale; segnalalo come ipotesi.
- **Serbatoi**: nome, braccio (baricentro del carburante, dal manuale), capacità e carburante inutilizzabile in litri; densità del carburante (0,72 kg/l per benzina avio e auto).
- Nella **Condizione di carico** inserisci le masse e i litri; puoi indicare anche il carburante all'atterraggio. Il programma verifica massa massima, limiti di baricentro e carico massimo delle stazioni, e disegna il punto nell'inviluppo.

Nell'applicazione — scheda Carico, stazioni e serbatoi



A braccio della stazione (sedile, bagaglio) dal manuale

B carico massimo della stazione (kg)

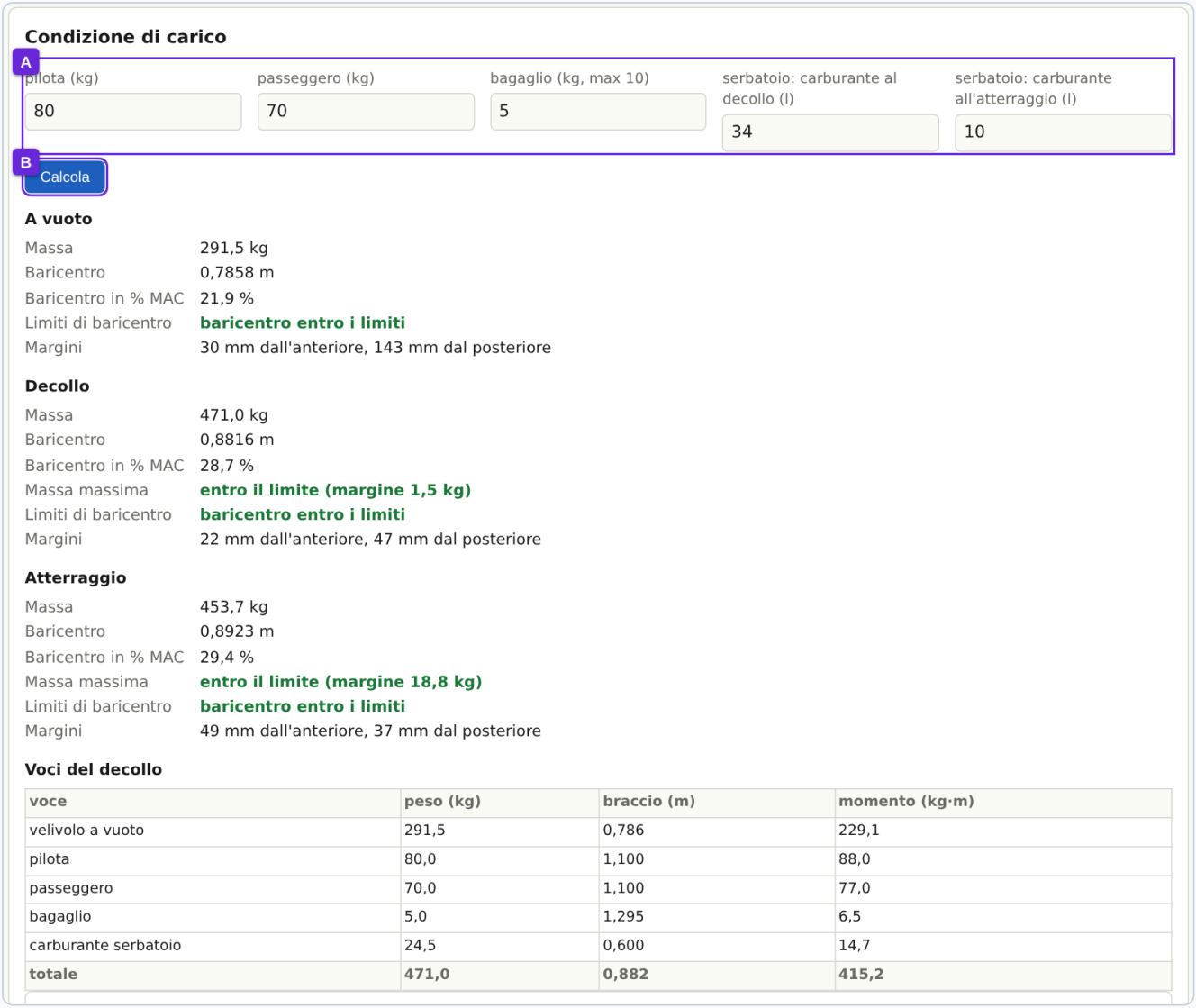
C densità del carburante (kg/l)

D braccio del serbatoio

E capacità (l)

F carburante inutilizzabile (l)

Nell'applicazione — scheda Carico, condizione di carico



A masse di pilota, passeggero, bagaglio e litri al decollo e all'atterraggio

B «Calcola»: verifiche e punto sul grafico dei limiti

Valori d'esempio: velivolo a vuoto 291,5 kg (figura della pesata), 80 + 70 kg, 5 kg di bagaglio, 34 l.

13. Elica e spinta statica

Diametro e passo: spesso sono scritti sulla pala o nel manuale (per esempio Tonini GT 169,5 × 164: diametro 169,5 cm). Altrimenti misura il diametro da punta a punta.

Spinta statica (velivolo trattenuto, motore al massimo)

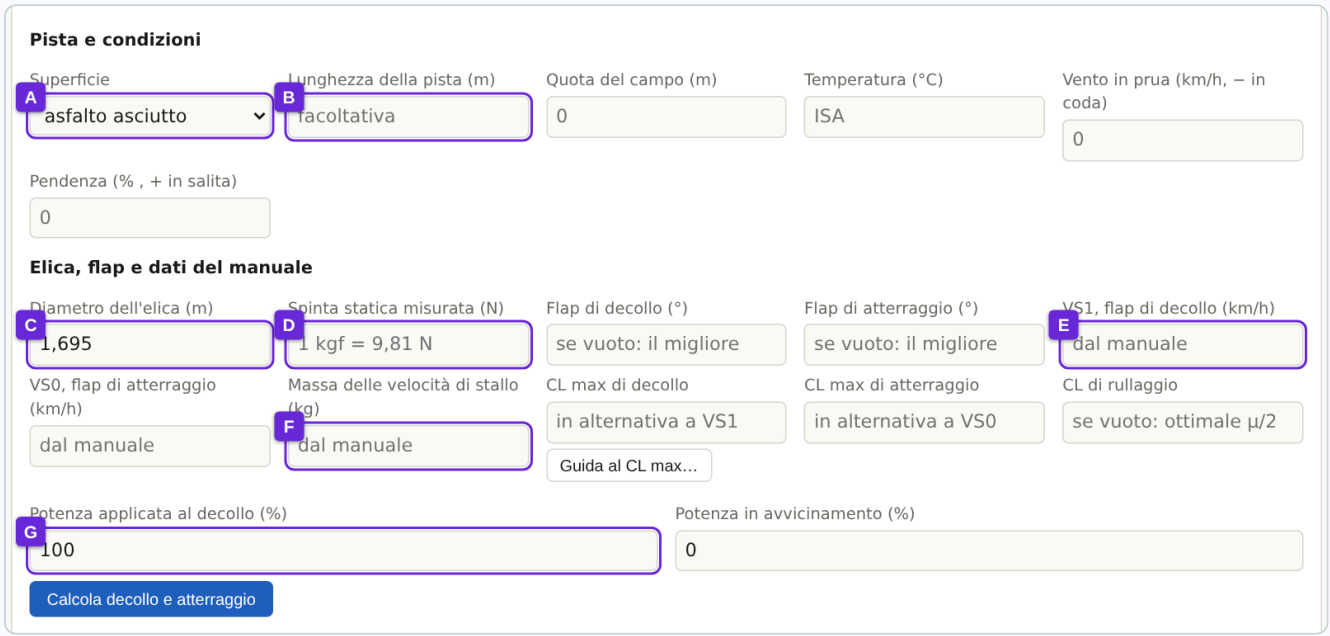
È il dato che più cambia la corsa di decollo calcolata: il modello senza misura la sovrastima per le eliche a passo fisso.

> **Sicurezza.** Prova con motore acceso al massimo: area libera davanti e dietro, nessuno nel piano dell'elica, pilota qualificato ai comandi, freni pronti, estintore, cinghia e dinamometro adatti al carico con margine (almeno il doppio della spinta attesa), punto di ancoraggio solido. Interrompi a qualsiasi anomalia.

1. Vento calmo (sotto 5 km/h), su asfalto; annota temperatura e quota del campo.
2. Collega il dinamometro tra un punto di traino robusto del velivolo e un ancoraggio fisso, allineato con l'asse, all'altezza più vicina possibile all'asse dell'elica.
3. Velivolo sulle ruote, freni rilasciati (la cinghia trattiene), motore scaldato.
4. Motore al massimo per pochi secondi: leggi la forza stabilizzata e i **giri**.
5. Ripeti tre volte e fai la media. In newton: kgf × 9,81.

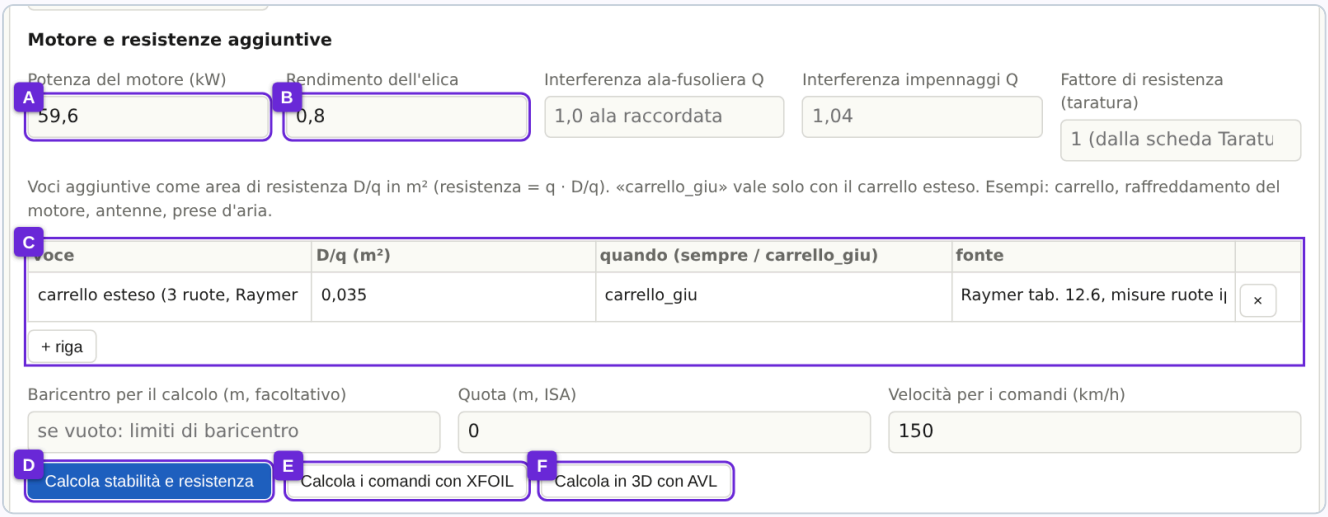
Inserisci il valore in «Decollo e atterraggio → Spinta statica misurata». In alternativa la scheda **Taratura** ricava la spinta statica dalla corsa di decollo del manuale.

Nell'applicazione — scheda Decollo e atterraggio



- **A** superficie della pista
- **B** lunghezza della pista (per la verifica)
- **C** diametro dell'elica (m)
- **D** spinta statica misurata (N = kgf × 9,81)
- **E** VS1 dal manuale (e, accanto, VS0, oppure i CL max)
- **F** massa a cui valgono le velocità di stallo
- **G** potenza applicata al decollo (%)

Nell'applicazione — scheda Coda e comandi, motore



A potenza del motore (kW = hp × 0,7457)

B rendimento dell'elica (se non noto lo ricava la Taratura)

C resistenze aggiuntive (carrello, raffreddamento…) come D/q in m²

D «Calcola stabilità e resistenza»

E «Calcola i comandi con XFOIL»

F «Calcola in 3D con AVL»

---

14. Dati di volo per la taratura

Facoltativi, ma rendono le prestazioni calcolate molto più affidabili. Vanno raccolti solo in condizioni sicure e nei limiti del manuale.

Volo livellato stabilizzato (2–4 punti a velocità diverse)

1. Aria calma, quota costante (±50 ft) per almeno un minuto con velocità stabile.
2. Annota: velocità indicata (km/h), giri motore, quota (altimetro su 1013 hPa = quota pressione), temperatura esterna, carburante a bordo (per la massa).
3. Potenza all'albero: dalla curva di potenza del motore ai giri letti (manuale del motore). Con elica a passo fisso il motore segue la curva dell'elica. Se non hai la curva, scrivi la % di potenza stimata, che è meno precisa.

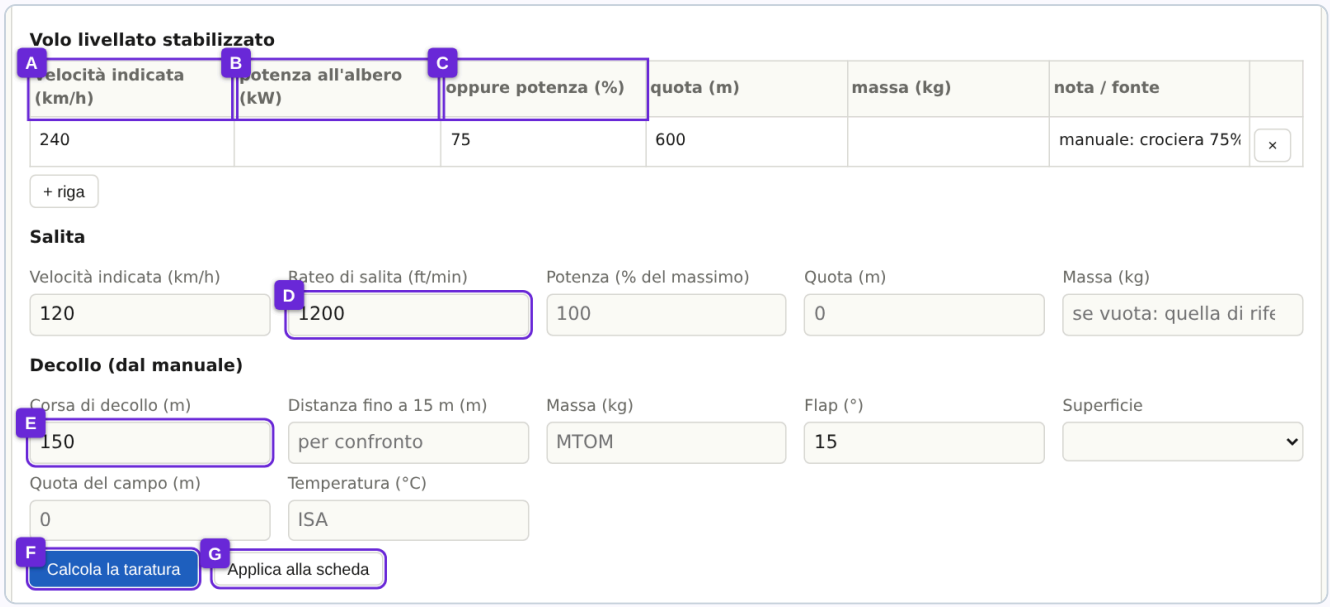
Salita

1. A piena potenza e velocità costante (per esempio Vy), cronometra il tempo per salire 1000 ft (per esempio da 1000 a 2000 ft).
2. Rateo = 1000 / secondi × 60 (ft/min). Esempio: 50 s → 1200 ft/min.
3. Annota velocità, quota media, temperatura, massa.

Nella scheda **Taratura** inserisci i punti: il programma calcola il fattore di resistenza e il rendimento dell'elica che spiegano i tuoi dati, mostra lo scarto prima e dopo e, con «Applica

alla scheda», li usa in tutti i calcoli.

Nell'applicazione — scheda Taratura



- **A** velocità indicata del punto di volo livellato (km/h)
- **B** potenza all'albero in kW (dalla curva del motore)
- **C** oppure potenza in %
- **D** rateo di salita (ft/min)
- **E** corsa di decollo del manuale (m)
- **F** «Calcola la taratura»
- **G** «Applica alla scheda», poi «Salva»

Valori d'esempio.

15. Dati da prendere dal manuale di volo

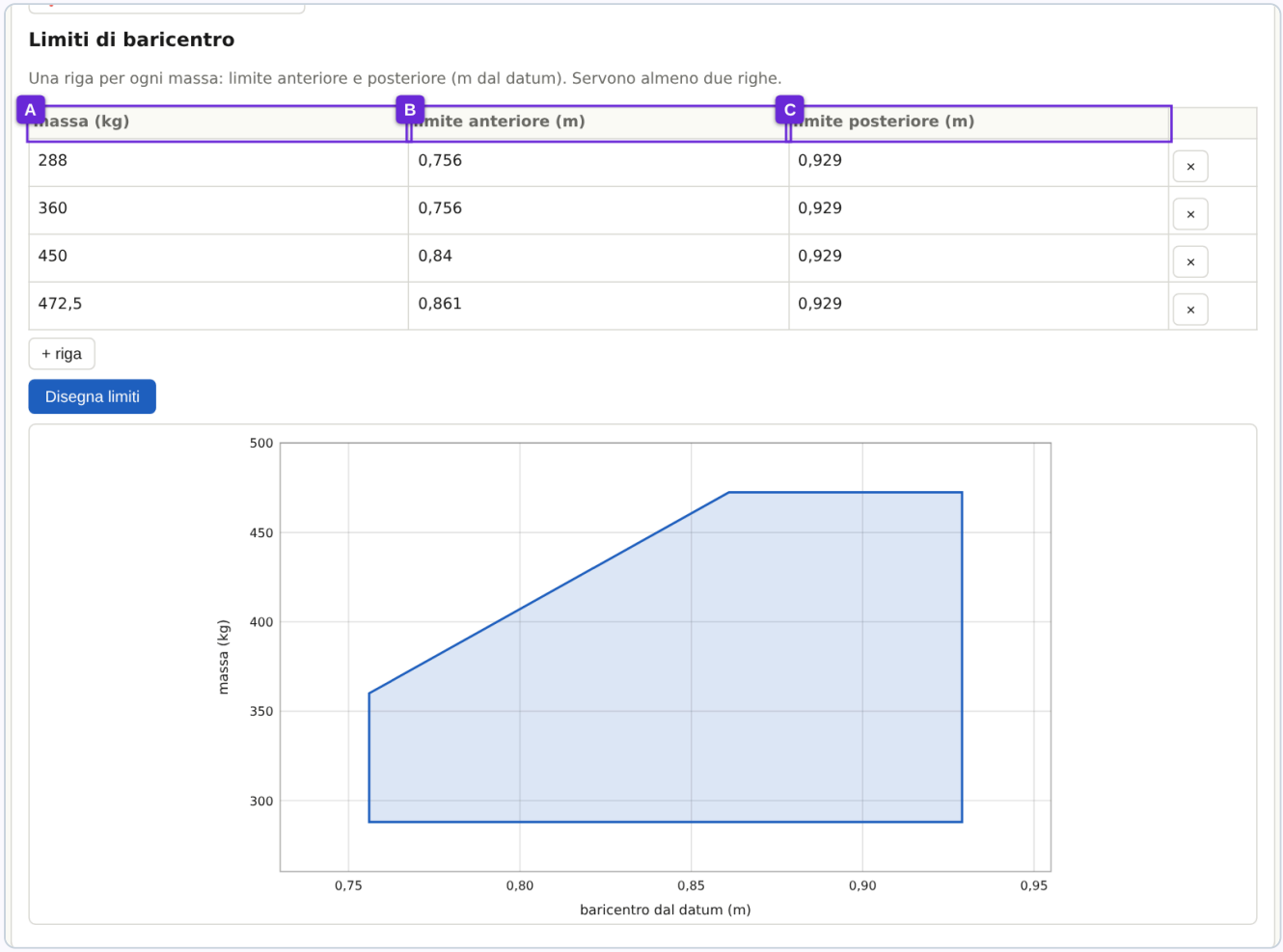
Alcuni valori **non hanno un valore predefinito** nel programma e non vengono mai inventati: se mancano, il calcolo relativo non si fa e il programma dice che cosa manca.

Se hai il manuale in PDF, caricalo nella scheda **Documenti** come «Manuale di volo» e usa **Leggi con AI** (paragrafo 3.2): i valori della tabella qui sotto vengono proposti con pagina e citazione. Controllali sul manuale prima di confermarli, in particolare n1, n2, VC, VD e le velocità di stallo (CAS o IAS, massa, flap).

Dato	Dove si usa
MTOM, limiti di baricentro (tabella massa – anteriore – posteriore), datum	Identificazione, Limiti, Carico
bracci di sedili, bagaglio, serbatoi; carico massimo bagaglio; capacità e carburante inutilizzabile	Carico
n1, n2 (fattori di carico di manovra), **VC, VD**, **CL max**, pendenza di portanza	V-n

VS0, VS1 con la massa a cui valgono (o CL max di decollo e di atterraggio): usa la «Guida al CL max»	Decollo e atterraggio, V-n
posizioni dei flap, escursioni dei comandi	Coda e comandi
distanze di decollo e atterraggio, rateo di salita, velocità di crociera	Taratura
potenza del motore	Coda e comandi (motore)

Nell'applicazione — scheda Limiti



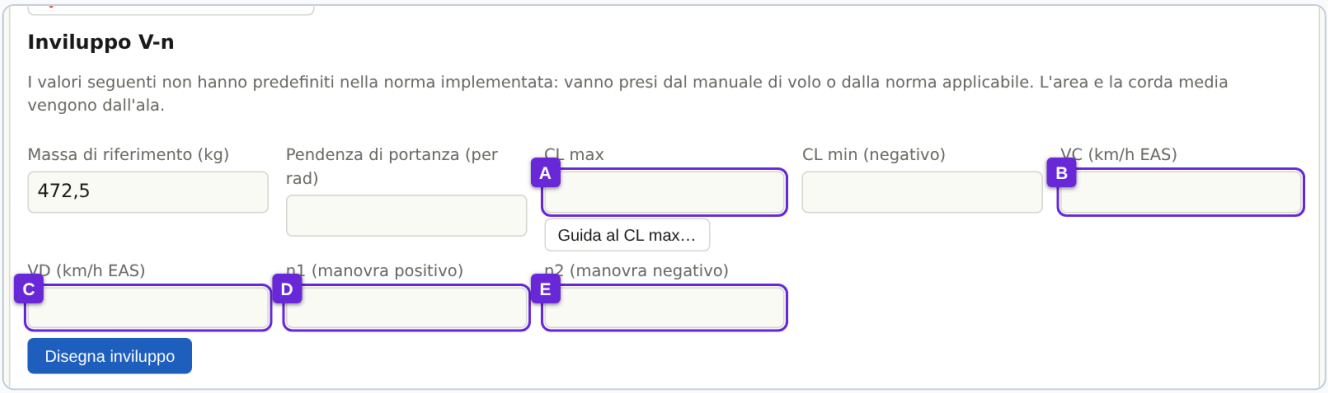
A massa (kg): una riga per ogni massa della tabella del manuale

B limite anteriore (m dal datum)

C limite posteriore (m dal datum)

I limiti in % della MAC si convertono così: x = LEMAC + % × MAC / 100. «Disegna limiti» mostra l'inviluppo.

Nell'applicazione — scheda V-n



- **A** CL max (e CL min)
- **B** VC (km/h EAS)
- **C** VD (km/h EAS)
- **D** n1, manovra positivo
- **E** n2, manovra negativo

Massa di riferimento e pendenza di portanza vanno nella stessa scheda.

Guida al CL max

Il CL max si ricava dalla velocità di stallo: $CL_{max} = 2 \cdot m \cdot g / (\rho_0 \cdot S \cdot VS^2)$ con VS in velocità calibrata/equivalente (m/s), m la massa a cui vale, S la superficie alare, $\rho_0 = 1{,}225$ kg/m³. Esempio: 472,5 kg, 11 m², VS0 = 63 km/h = 17,50 m/s → $2 \cdot 472{,}5 \cdot 9{,}807 / (1{,}225 \cdot 11 \cdot 306{,}25) =$ **2,246**.

Nelle schede **V-n** e **Decollo e atterraggio** il pulsante **«Guida al CL max…»** apre una procedura in tre passi:

1. **Fonte**: manuale di volo (la più affidabile), prova in volo, dati pubblicati, stima di calcolo (solo per progetti o confronto).
2. **Dati**, con le istruzioni per quella fonte: per ogni configurazione (flap retratti, di decollo, di atterraggio) velocità di stallo, unità (km/h, nodi, mph), tipo (CAS, IAS, EAS) e massa. Per la prova in volo una riga per ogni stallo (almeno tre per configurazione: il programma fa la media e segnala letture troppo diverse).
3. **Risultato**: CL max per configurazione, confronto con il campo tipico dei velivoli leggeri, velocità di stallo che ne risultano alla massa massima (da confrontare con il manuale), avvisi. Poi scegli dove inserirlo (V-n, decollo, atterraggio, posizione dei flap) e premi «Inserisci nella scheda». La fonte resta annotata e compare nel documento stampabile.

> Prova in volo degli stalli: almeno 3000 ft sul terreno, zona libera, motore al minimo, decelerazione di circa 1 nodo al secondo; se non hai esperienza, con un istruttore.

Se il manuale non dà n1, n2, VC, VD, prendili dalla norma applicabile (CS-VLA, CS-LSA/ASTM F2245, regole VDS) **verificando il testo ufficiale**.

16. Le schede dell'applicazione

Barra in alto

- **menu dei velivoli**: apre una scheda. **Elimina** la cancella (chiede conferma).
- **Procedura guidata**: paragrafo 3.1.
- **Documenti** (gruppo Dati): archivio dei file, lettura con l'AI, scheda di rilevazione; paragrafo 3.2.
- **Altro**: nuovo velivolo / nuovo progetto + **Crea vuoto**, **Crea da modello** (dal catalogo di modelli con dati pubblici), **Crea da esempio** (dati di esempio INVENTATI, solo per provare: non usarli per un velivolo vero).
- **Barra di completezza** (sotto la fascia del tipo): per ogni calcolo dice se i dati bastano; un clic apre la scheda.
- **Salva**: salva la scheda nel database. **Documento stampabile**: vedi capitolo 17.
- Nome utente ed **Esci**: chiudono la sessione su questo dispositivo. La scheda **Account**, in fondo all'elenco, c'è solo per i master (capitolo 19).
- In ogni scheda, ❓ **Guida** apre l'aiuto della scheda.
- Fascia arancione: la scheda è un **progetto**; «Conferma come velivolo» la rende definitiva (gli eventuali dati mancanti vengono elencati come avviso).

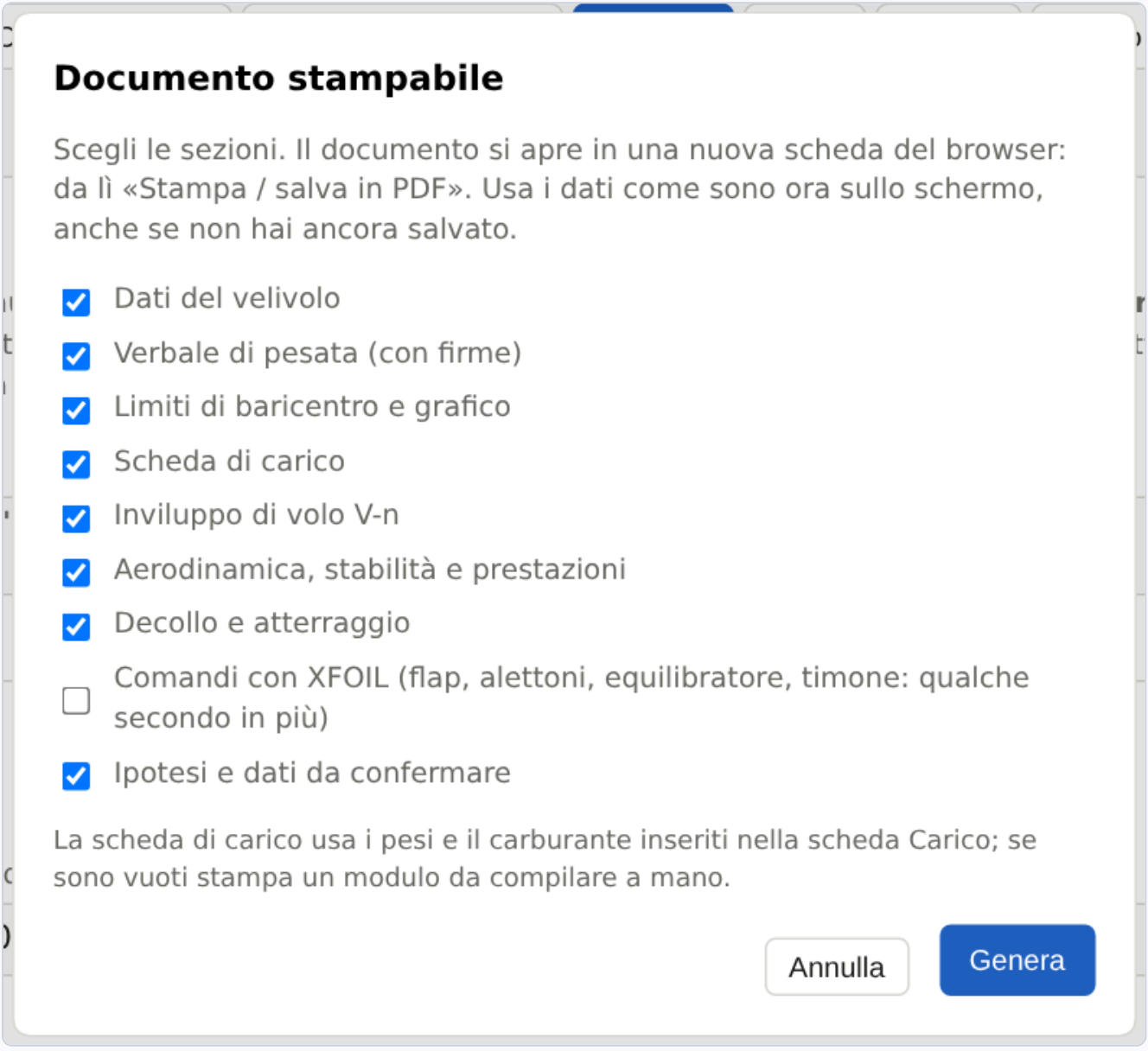
Scheda	Contenuto	Pulsanti e risultati
Identificazione	nome, marche, categoria, MTOM, ala alta/bassa, carrello, datum, note	disegno del datum e della regola dei segni
Documenti	file del velivolo (manuale di volo, schede di rilevazione compilate, altro), con tipo e nota	**Leggi con AI**, **Rivedi proposte** (valori con pagina e citazione, da spuntare), **Stampa scheda di rilevazione**, **Compila a schermo**
Ala	profilo di radice e di estremità, sezioni della semiala	**Calcola MAC**: superficie, apertura, allungamento, MAC, LEMAC, disegno in pianta
Fusoliera	sezioni numerate con nome, esponente della sezione	viste di fianco e dall'alto con i numeri dei punti, legenda; forma indicativa; resistenza della fusoliera

Coda e comandi	stabilizzatore, equilibratore, deriva, timone, flap (con aiuto grafico dei tipi), alettoni, estremità, motore, resistenze aggiuntive	**Calcola stabilità e resistenza**: punto neutro, margine statico, volumi di coda, Cnβ, resistenza per componenti, potenza necessaria, velocità massima. **Calcola i comandi con XFOIL**: CL max con flap, velocità di stallo, rollio, equilibratore necessario, timone. **Calcola in 3D con AVL**: ala e coda insieme, confronto con le formule, derivate, equilibrio a varie velocità.
Decollo e atterraggio	pista (superficie, lunghezza, quota, temperatura, vento, pendenza), elica, flap, dati del manuale, potenza applicata	corsa e distanza fino a 15 m per carico di volo e MTOM, flap migliore (★), confronto potenza applicata / piena, potenza minima, grafico distanza-potenza, atterraggio, Vx e Vy
Taratura	volo livellato, salita, decollo dal manuale	valori tarati, scarti prima/dopo, «Applica alla scheda»
Limiti	tabella dei limiti di baricentro	**Disegna limiti**: inviluppo massa–baricentro
Pesata e stima	data, esecutore, scadenza taratura, punti di appoggio, fluidi, stima per componenti	**Calcola massa e baricentro a vuoto** (in m e % MAC), verifica
Carico	stazioni, serbatoi, densità, condizione di carico	**Calcola**: massa e baricentro al decollo e all'atterraggio, verifiche, punto sul grafico
V-n	massa, pendenza di portanza, CL max/min, VC, VD, n1, n2	**Disegna inviluppo**: manovra e raffica, VS, VA
Aerodinamica	massa, cl max e pendenza del profilo, tipo di flap	linea portante: distribuzione di carico, punto di inizio stallo, CL max dell'ala, velocità di stallo con i vari flap, polare
Profili	libreria, file .dat, tabella progressiva	analisi e disegno del profilo; progetti di profilo e richieste di pubblicazione
Fluidodinamica	profilo, incidenza, vista 2D/3D	campo di flusso animato, pressioni, polari; XFOIL (resistenza, stallo); turbolatori
Account (solo master)	cambio della propria password, utenti	**Cambia password**, **Esci da tutti i dispositivi**, elenco utenti con ultimo accesso, **Crea utente** (password provvisoria)

17. Documento stampabile

Il pulsante **Documento stampabile** apre una finestra in cui scegli le sezioni: dati del velivolo, verbale di pesata (con spazi per le firme), limiti con grafico, scheda di carico (calcolata dalla scheda Carico, o modulo vuoto da compilare a mano), V-n, aerodinamica e prestazioni, decollo e atterraggio, comandi XFOIL, fonti dei dati e dimensionamento (registro delle fonti: per ogni dato manuale, misura, dato pubblicato o stima, con la nota, il documento e la pagina da cui viene; requisiti e scelte di progetto), ipotesi da confermare. Premi **Genera**, poi **Stampa / salva in PDF** e nella finestra di stampa scegli «Salva come PDF».

Nell'applicazione — finestra «Documento stampabile»



Le sezioni senza dati mostrano il motivo invece dei risultati; i progetti hanno la fascia «PROGETTO — non valido per il volo».

18. Metodi di calcolo e limiti

Calcolo	Metodo	Limiti
Lettura dei documenti	Claude (Anthropic) su PDF o foto, risposta strutturata su un elenco chiuso di campi, con pagina e citazione	proposte da verificare; nessun valore scritto senza conferma; niente conversione dei limiti in % MAC
Massa e baricentro	somma dei momenti; limiti interpolati per massa	esatto quanto le misure
MAC	integrazione delle sezioni trapezie	ala senza svergolamento e diedro nel calcolo
V-n	manovra e raffica secondo le formule della norma	dati da manuale o norma; manca VB e la riduzione delle raffiche con la quota
Ala	linea portante (Prandtl)	ala diritta, flusso attaccato
Profilo, flusso	metodo a pannelli (non viscoso); XFOIL per resistenza e stallo	XFOIL: solo 2D, un elemento (flap a fessura calcolati come semplici), CL max incerto vicino allo stallo
Coda, stabilità	DATCOM, Raymer (punto neutro, downwash, fusoliera di Munk)	stime di progetto: con i dati veri ±3–5 % di MAC sul punto neutro
Ala e coda in 3D	AVL (reticolo di vortici, Drela e Youngren, MIT): derivate di stabilità e dei comandi, punto neutro, equilibratore per l'equilibrio, rollio	non viscoso e lineare (niente stallo); fusoliera aggiunta con Munk; serve il diedro e lo svergolamento veri per Clβ e spirale
Resistenza e potenza	per componenti (Raymer cap. 12)	senza raffreddamento, prese, giunti: usa le voci aggiuntive e la taratura
Decollo e atterraggio	integrazione della corsa (Raymer cap. 17), elica a disco attuatore, ostacolo 15 m	senza effetto suolo e senza margini di sicurezza; spinta statica da misurare

Taratura	minimi quadrati sul bilancio di potenza; bisezione sulla corsa	buona quanto i dati di volo
Dimensionamento (procedura guidata)	MTOM = (carico utile + carburante)/(1 − We/W0); S = 2mg/(ρ0·VS²·CLmax); b = √(A·S), corde e MAC dell'ala trapezia; potenza = (D·V + W·RC)/η con polare parabolica (Oswald di Raymer); coda con i coefficienti di volume (Raymer cap. 3, 4, 6, 12)	stima iniziale: bordo d'attacco dritto, nessuna fusoliera nella polare; i valori veri vengono dalle schede e dalla verifica
Modelli simili	distanza pesata sui logaritmi di massa, posti, crociera, potenza e carburante dai dati pubblicati del catalogo e dalle schede salvate	dati pubblicati, non misure; la potenza è letta dal testo del motore

Ogni calcolo è verificato da test automatici con valori controllati a mano. Le formule e le fonti sono richiamate nelle note sotto i risultati.

---

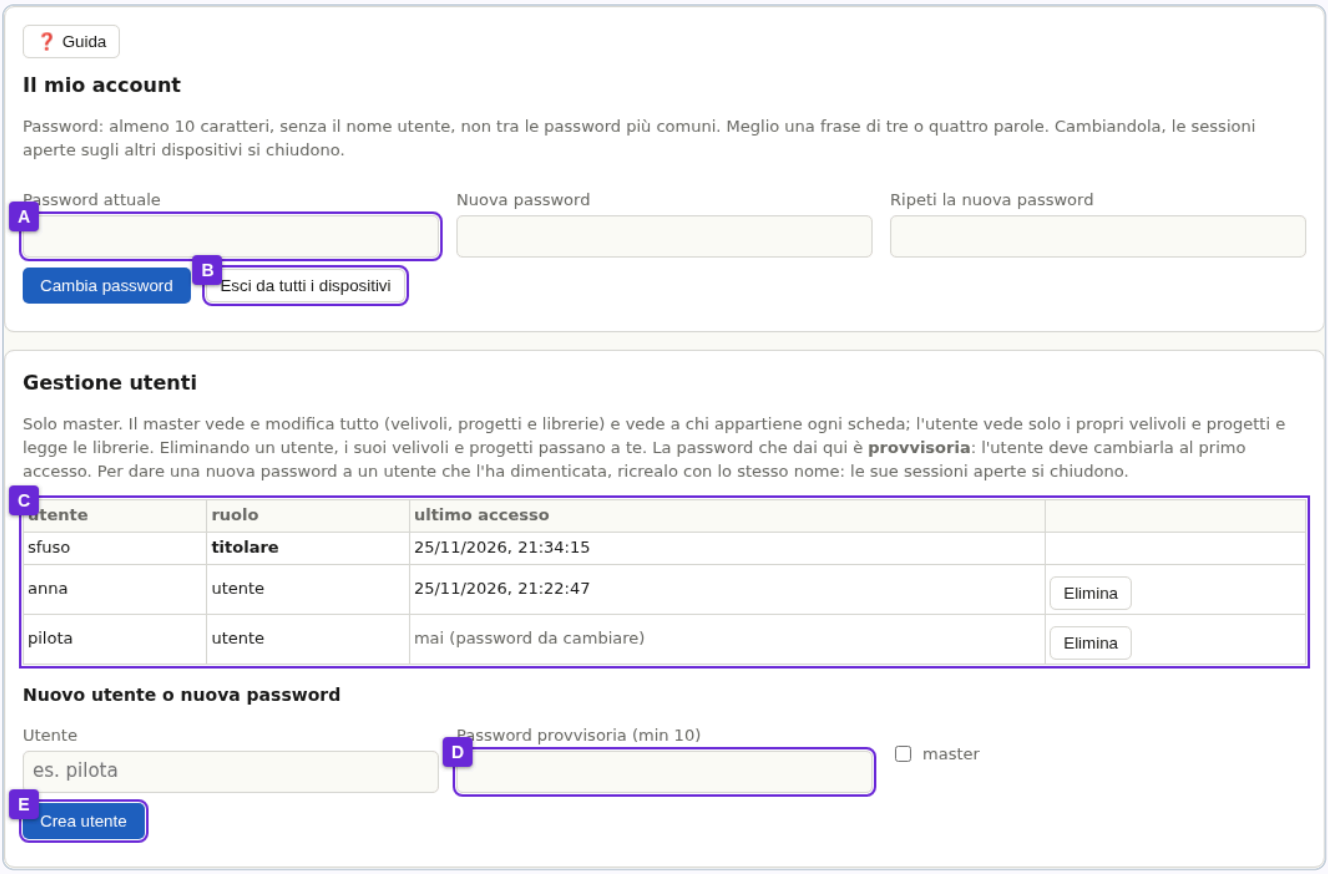
19. Utenti, velivoli e progetti

- Si entra con utente e password. La scheda **Account** (l'ultima dell'elenco) c'è **solo per i master**: lì si cambia la propria password e si creano gli utenti. Gli utenti scelgono la propria password nella schermata obbligatoria del primo accesso; se la dimenticano, il master ne dà una nuova provvisoria.
- Il **titolare** è un master che dall'interfaccia nessuno può eliminare, declassare o cambiare: è l'account sempre disponibile del gestore. Si crea e, se serve, si reimposta solo sul server: `cd /opt/wbcg && sudo -u wbcg /usr/bin/python3 -m wbcg.adduser <nome> --owner` (chiede la password due volte, senza mostrarla).
- L'utente **master** vede e modifica tutto, crea gli utenti, approva i profili in libreria, gestisce il catalogo. Un **utente** vede solo le proprie schede e i propri progetti di profilo.
- **Velivolo**: aereo definito. **Progetto**: aereo in definizione, evidenziato in arancione e con i risultati marcati «valori di progetto».
- Le librerie (catalogo dei modelli e profili) sono in lettura per tutti.
- **Area di un nuovo utente**: al primo accesso contiene solo la sua copia della scheda d'esempio («ESEMPIO FITTIZIO», dati inventati per provare). Da lì crea le proprie schede: dalla procedura guidata, da un modello del catalogo (menu «Altro» → «Crea da modello»: i modelli li vedono tutti), vuote o da esempio. Le schede degli altri utenti non le vede; se elimina l'esempio non torna, ma ne può creare un altro con «Crea da esempio».

Password e sicurezza dell'accesso

- **Regole**: almeno 10 caratteri, senza il nome utente, non tra le password più comuni. Meglio una frase di tre o quattro parole (es. «cielo sereno sopra Bergamo»).
- **Password provvisoria**: quella data dal master a un nuovo utente va cambiata al primo accesso; finché non la cambia l'utente non può fare altro. Lo stesso vale per le password vecchie che non rispettano le regole.
- **Tentativi sbagliati**: dopo 5 tentativi falliti per lo stesso utente l'accesso si blocca per 15 minuti (anche 10 tentativi dallo stesso indirizzo, o 30 in un'ora da indirizzi diversi). I tentativi falliti finiscono nel registro del server.
- **Sessioni**: durano 7 giorni. Cambiando la password le sessioni sugli altri dispositivi si chiudono; «Esci da tutti i dispositivi» (scheda Account) le chiude tutte. Un utente eliminato perde subito l'accesso.
- **Password dimenticata**: il master ricrea l'utente con lo stesso nome e una password provvisoria; i suoi dati restano.
- **Lettura con l'AI**: al massimo 20 documenti al giorno per utente (100 per il master).

Nell'applicazione — scheda Account (solo master)



A cambio della propria password (attuale, nuova, ripetuta)

B chiude le sessioni su tutti i dispositivi, compreso questo

C utenti con ruolo e ultimo accesso; il titolare non ha «Elimina»

D password provvisoria del nuovo utente (o nuova password per chi l'ha dimenticata)

E crea l'utente

Nell'applicazione — primo accesso con password provvisoria



20. Errori frequenti

Sintomo	Causa probabile
baricentro a vuoto fuori di decine di centimetri	segno del braccio della ruota anteriore sbagliato; datum diverso da quello del manuale; tara dimenticata
MAC diversa dal manuale	radice misurata in un punto diverso (sull'asse o alla fusoliera); y misurate lungo il bordo invece che perpendicolari all'asse
letture delle bilance che cambiano	freni tirati, ruote non centrate, correnti d'aria, velivolo non livellato
«manca …» in un risultato	il dato obbligatorio non c'è: il programma non lo inventa. Inseriscilo dal manuale
valori in pollici o libbre	converti prima di inserire (capitolo 21)
modifiche perse	non hai premuto Salva prima di cambiare scheda o chiudere (la procedura guidata, la revisione dei documenti e la rilevazione a schermo salvano da sole)
«troppi tentativi falliti: riprova tra … minuti»	5 password sbagliate per lo stesso utente: aspetta 15 minuti. Se l'hai dimenticata, chiedi al master una password provvisoria
«devi prima cambiare la password»	password provvisoria o che non rispetta le regole: scegline una nuova nella schermata che compare

uscito da solo dal programma	sessione scaduta (7 giorni), password cambiata da un altro dispositivo o «Esci da tutti i dispositivi»: rientra
«Lettura con l'AI non attiva»	sul server manca la libreria o la chiave: lo dice il messaggio stesso (paragrafo 3.2)
lettura finita in «errore»	file troppo grande o troppo lungo (carica solo le sezioni utili), formato non leggibile (servono PDF, JPEG/PNG o testo) o servizio non raggiungibile: riprova più tardi
«raggiunto il limite di … letture»	massimo 20 letture con l'AI al giorno per utente (100 per il master)
valore letto dall'AI sbagliato	non spuntarlo, o correggilo nella revisione; confronta sempre pagina e citazione

21. Conversioni di unità

Da	A	Moltiplica per
pollici (in)	m	0,0254
piedi (ft)	m	0,3048
libbre (lb)	kg	0,45359
lb·in (momento)	kg·m	0,011521
nodi (kt)	km/h	1,852
mph	km/h	1,609
hp	kW	0,7457
kgf	N	9,80665
galloni USA	l	3,785
ft/min	m/s	0,00508

22. Fogli di rilievo da stampare

Il programma stampa anche una **scheda di rilevazione** già intestata al velivolo, con i valori attuali e i codici di casella per la lettura automatica (paragrafo 3.2).

Stampa queste pagine e portale in hangar. Velivolo: _____ Marche: _____ Data: ___/___/_____ Rilievo di: _____

A. Pesata

Datum: _____ Livellamento (punti e strumento): _____

Bilance: modello _____ scadenza taratura ___/___/_____ Carburante a bordo: _____ l Olio: pieno sì / no

Ruota	Lettura 1	Lettura 2	Lettura 3	Media (kg)	Tara (kg)	Braccio (m)
anteriore / coda						
principale sinistra						
principale destra						

Fluido da togliere / aggiungere	Peso (kg)	Braccio (m)

B. Ala (semiala destra; ripetere a sinistra per controllo)

Sezione	y dall'asse (m)	x bordo d'attacco (m)	x bordo d'uscita (m)	corda (m)	angolo corda (°)	h b.a. da terra (m)
radice						
estremità						

Profilo (nome o rilievo allegato): _____ Estremità rialzate: altezza _____ m

C. Superfici mobili

Superficie	da y (m)	a y (m)	corda mobile (m)	corda ala/piano (m)	escursioni (° o mm)	tipo / fessura
flap						

alettone						
equilibratore						
timone						
trim						

D. Piani di coda

	apertura / altezza (m)	corda radice/base (m)	corda estremità/cima (m)	x b.a. radice (m)	x b.a. estremità (m)	z (m)	profilo
stabilizzatore							
deriva							

E. Fusoliera

N.	Punto (a cosa si riferisce)	x (m)	larghezza (m)	h alto da terra (m)	h basso da terra (m)	z centro (m)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Altezza da terra del piano della corda di radice: al bordo d'attacco _____ m, al bordo d'uscita _____ m

F. Elica e spinta statica

Elica: _____ diametro _____ m passo _____ Campo: quota _____ m temperatura _____ °C vento _____ km/h

Prova	Giri	Forza (kgf)	Note
1			

2			
3			

G. Dati di volo

Massa al decollo _____ kg, carburante _____ l

Tipo	Velocità ind. (km/h)	Giri	Quota (ft, 1013)	Temp. (°C)	Tempo per 1000 ft (s)	Note
livellato					—	
livellato					—	
livellato					—	
salita						

Fine del manuale. Per segnalare errori o chiarimenti rivolgersi all'amministratore dell'applicazione.