

Considerazioni sul progetto aerodinamico dell'ala di un aeromodello ad elastico F1B.

Giorgio Callegari - NIKE - Milano

Premessa

Un aeromodello, concepito per le competizioni del volo libero, deve essere in grado di rimanere in aria il più a lungo possibile; obiettivo perseguibile mediante l'ottimizzazione delle due fasi: la salita, durante la quale il modello deve raggiungere la massima quota, in relazione alla energia disponibile da regolamento, e la planata, che, dal momento dell'arresto del propulsore per i modelli a motore o ad elastico, o del rilascio per i veleggiatori, fino al contatto con il suolo, deve durare il più a lungo possibile.

Sono molti i fattori che influenzano positivamente la planata, nel senso di minimizzare la sua velocità di discesa, quali: la bassa resistenza aerodinamica, l'aumento delle superfici portanti e la riduzione del peso, ove consentito dal regolamento, il basso momento d'inerzia e l'elevata stabilità, per ridurre le perdite di quota dovute alle perturbazioni, l'aerodinamica dell'ala.

In questa memoria si descrive la metodologia per il progetto aerodinamico dell'ala di un F1B, utilizzando i supporti più aggiornati oggi disponibili.

La scelta del tipo di modello è particolarmente interessante, essendo le sue prestazioni condizionate dalla limitazione imposta dal regolamento alle superfici portanti e, soprattutto, dai bassi valori del numero di Reynolds che ne caratterizzano il volo, specie in planata.

Metodologia adottata.

L'aeromodello F1B, preso a riferimento per questo studio, ha le seguenti caratteristiche:

- peso matassa, 30 gr nominali, limitazione di prossima introduzione,
- superfici portanti: ala 16.5 dmq, piano di quota 2,5 dmq,
- baricentro al 60%
- bracci di leva ed altri parametri ottimizzati secondo lo studio di E. Vasques, relativo alla stabilità longitudinale (vedere memoria presentata dall'Autore al Convegno 1997),
- apertura, corde e profilo alare scelti in base alla disponibilità di dati aerodinamici attendibili.
- elica diam. 640 mm e matassa lungh. 323 mm, calcolate secondo le teorie di Surace, per una scarica di 50 s circa.

Questi elementi sono rimasti invariati per tutti i casi esaminati nel corso della ricerca e sono riportati in forma completa nei rispettivi "files" (pagg. 14 - 19).

La simulazione del volo è stata ottenuta mediante utilizzazione del programma CLIMB/91 e di quelli relativi alla matassa ed al calcolo dell'elica in "off-design" di F. Surace, già descritti in occasione dei precedenti Convegni.

Su questa base, è stato condotto lo studio teorico relativo agli aspetti aerodinamici dell'ala, utilizzando il programma XFOIL sviluppato dal Prof. M. Drela, oggi utilizzabile anche su PC, grazie all'elaborazione operata da E. Vasques, ed i programmi di implementazione per la corretta designazione dei profili e per il calcolo del dimensionamento dei turbolatori messi a punto da Surace.

Questo tipo di metodologia ha permesso di sopperire alla nota carenza di dati relativi alle caratteristiche aerodinamiche dei profili alari a numeri di Reynolds molto bassi, tipici del volo dei modelli F1B ed F1G.

Indagini svolte

L'aerodinamica dell'ala, di superficie nota, si può considerare definita, in prima approssimazione, da tre caratteristiche fondamentali:

- il **profilo**
- la **forma in pianta**
- l'**allungamento**

caratteristiche sulle quali è stata sviluppata l'indagine, per ricercare la condizione di minima velocità di discesa, corrispondente al massimo del fattore di potenza (rapporto tra il coefficiente di portanza elevato a $3/2$ ed il coefficiente di resistenza)..

Per quanto riguarda il **profilo**, è stato adottato, per tutti i casi esaminati, un esemplare della serie dei Gard, abbastanza noti e frequentemente usati per i modelli F1B ed F1G; in particolare il Gard 7595, con elevato "mean camber" (6,56 %) e con spessore max. del 5,9%, ossia abbastanza sottile per garantire buone prestazioni ai bassi numeri di Reynolds, ma sufficiente per consentire possibili realizzazioni anche con allungamenti elevati.

Questo profilo, disegnato in base alle coordinate disponibili, è stato sottoposto alle necessarie correzioni di forma, utilizzando il già citato programma di "smoothing" di Surace, ottenendo una definizione più precisa, specie nella zona più critica del naso (pag. 6).

La nuova configurazione è stata sottoposta ad elaborazione con il programma XFOIL, ottenendo le polari adattabili con ottimo grado di approssimazione a tutte le alternative in esame, corrispondenti a valori di numero di Reynolds di 20.000, 23.000, 26.000, 29.000, 32.000, per profilo munito di turbolatore; i diagrammi e i dati relativi a quest'ultima situazione, che è quella di reale utilizzo sul modello, sono riportati nelle figure da pag. 7 a pag. 11.

La **forma in pianta**, presa come base, è quella corrispondente ad una semiala a sviluppo monotrapezoidale, con rapporto di rastremazione di 0,8 (corda di estremità uguale all'80%

di quella alla radice), tratto centrale piano fino al 60% della semiapertura, ed estremità rialzata; questa forma è stata ripetuta in affinità per i quattro valori di allungamento considerati; il diedro di estremità è stato mantenuto sempre costante e pari a 120 mm.

Ha fatto seguito una ricerca su forme in pianta che, a pari valore di allungamento, presentano diverse rastremazioni: in particolare vengono presentati i risultati comparativi riferiti al caso estremo di rapporto di rastremazione uguale a 1 (ala rettangolare), ed a quello pari a 0.6, anch'esso da considerare come limite prudenziale in senso opposto, per evitare corde di estremità troppo piccole, almeno per l'allungamento considerato, tali da creare problemi di stabilità e di N.R. troppo bassi.

Tutti questi tipi di ala presentano, ovviamente, la medesima superficie proiettata.

Sono stati considerati quattro valori di **allungamento**, corrispondenti alle aperture alari proiettate di 1600, 1800, 2000, 2200 mm. Per l'indagine su ali con differenti rastremazioni, è stata scelta l'apertura di 1800 mm.

Per maggiore comprensione, si riassumono i tipi di ala esaminati (pag. 12):

- 1° - apertura alare 1600 mm; allungamento 15,6, rapporto rastremazione 0,8; corde e rispettivi numeri di Reynolds, centrale 114 mm, 32.000, diedro 100,06 mm, 29.000, estremità 91 mm, 26.000;
- 2° - apertura alare 1800 mm, allungamento 19,6, rapporto rastremazione 0,8, corde e N.R., centrale 102 mm, 29.000, diedro 89,4 mm, 26.000, estremità 81 mm, 23.000;
- 3° - apertura alare 2000 mm, allungamento 24,2, rapporto rastremazione 0,8, corde e N.R., centrale 92 mm, 26.000, diedro 80,6 mm, 23.000, estremità 73 mm, 20.000;
- 4° - apertura alare 2200 mm, allungamento 29,2, rapporto rastremazione 0,8, corde e N.R., centrale 83 mm, 23.000, diedro 73,4 mm, 20.000, estremità 67 mm, 20.000;
- 5° - apertura alare 1800 mm, allungamento 19,6, rapporto rastremazione 1 (ala rettangolare), corda costante 91,6 mm, N.R. 26.000: confronto con 2°;
- 6° - apertura alare 1800 mm, allungamento 19,6, rapporto rastremazione 0,6, corde e N.R., centrale 114 mm, 32.000, diedro 86,7 mm, 26.000, estremità 68,5, 20.000: confronto con 2°.

Questi sei tipi di ala sono stati applicati in sequenza al modello base, configurato per i rimanenti elementi come specificato più sopra, ottimizzandone con CLIMB/91 le prestazioni.

Analisi dei risultati

Per maggiore chiarezza, a pag. 13, tabelle 1 e 2, sono riportati i dati comparativi che caratterizzano le varie soluzioni considerate, con riferimento alle grandezze più significative, quali: quota raggiunta a termine salita, tempo di scarica, durata totale del volo.

Dalla lettura di tabella 1, ove sono raffrontate ali affini (tutte con rapporto di rastremazione di 0,8), con allungamenti diversi, si evidenzia un miglioramento della prestazione totale, più sensibile passando dalla apertura alare di 1600 mm a quella di 1800 mm, meno importante quando si va da 1800 mm a 2000 mm, praticamente nullo oltre quest'ultimo valore.

In tabella 2, si può invece leggere l'influenza del fattore di rastremazione (a pari apertura) sulla durata del volo: tra i casi estremi considerati vi è infatti una differenza sui tempi di volo rispettivi di circa 16 secondi, corrispondente al 5%.

Dall'esame più dettagliato dei "files" relativi alle varie ipotesi di modello (pagg. 14 - 19), si possono ricavare molte informazioni interessanti, tra le quali da notare che i tempi di scarica e le quote raggiunte sono in pratica costanti (53 s e 94 m rispettivamente) e che le durate di volo, ovviamente, variano, ma superano sempre i 300 s.

Conclusioni

Quanto sopra detto non rappresenta il risultato definitivo della ricerca teorica del "migliore modello F1B", ma vuole evidenziare le notevoli potenzialità delle metodologie oggi disponibili, in grado di fornire indirizzi progettuali importanti.

Infatti XFOIL e relativi programmi di implementazione citati, sembrano in grado di fornire dati molto concreti sulla aerodinamica dei profili adatti alle nostre realizzazioni; i risultati teorici che derivano dal loro utilizzo appaiono congruenti con la pratica, stimolando quindi il progettista a promuovere ulteriori e più approfondite ricerche.

A questo proposito, pare opportuna qualche considerazione, derivante dalla ancora scarsa esperienza maturata.

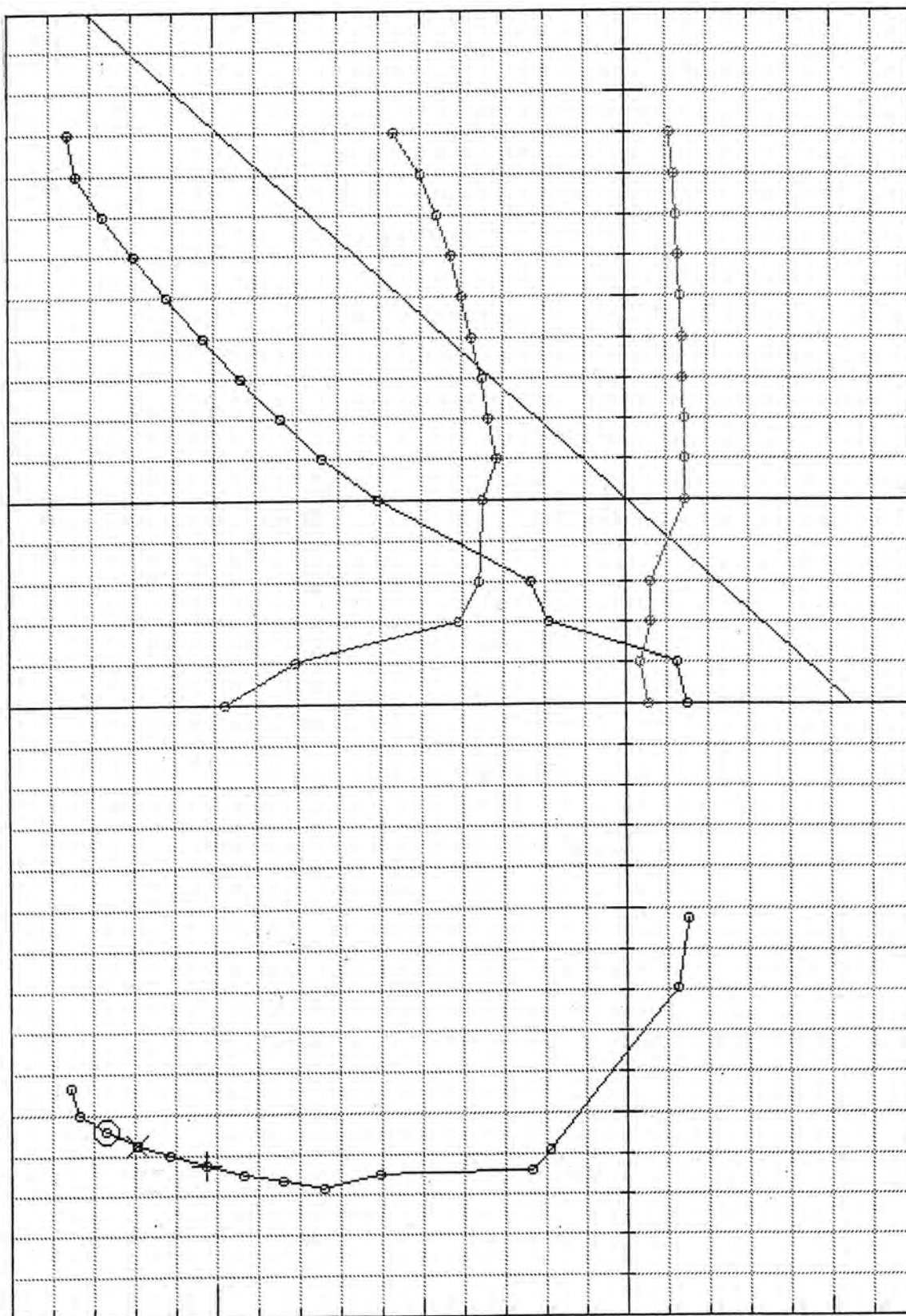
- Il profilo scelto ha dimostrato un comportamento più che buono, anche nell'impiego a numeri di Reynolds molto bassi; XFOIL è comunque in grado di disegnare profili diversi e di fornire le rispettive polari, a valori di N.R. anche più bassi di quelli richiamati sopra, con l'obiettivo di ricercarne altri, con prestazioni ancora migliori.
- Appare premiante l'aumento dell'allungamento alare; il cui valore ottimale risulta, nel caso esaminato, corrispondere con una apertura di 1800 mm; in presenza di altre configurazioni del modello base e, soprattutto, adottando altri profili, l'ottimizzazione potrebbe portare a risultati diversi.

Gli attuali modelli da competizione hanno raggiunto, nelle loro realizzazioni di vertice, prestazioni eccezionali, anche con l'ulteriore riduzione dell'energia già in programma (peso massimo della gomma, 30 gr), ma le gare, specie negli ultimi anni, si vincono in spareggio per qualche secondo; anche piccole differenze di prestazione vanno quindi considerate e messe in pratica, se realizzabili e tecnologicamente possibili. A questo proposito va enfatizzata la importanza di mantenere fedelmente la forma del profilo e la probabile opportunità di ridurre lo spessore percentuale, direzione quest'ultima nella quale conviene approfondire.

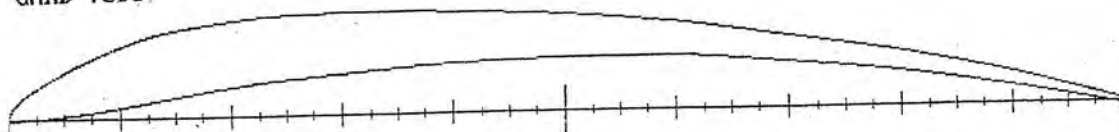
Questi risultati, e le considerazioni relative, devono invogliare a proseguire le indagini, con l'estensione anche ad altre classi di modelli a volo libero, altrettanto interessati dalle problematiche di carattere aerodinamico, analizzate in questa memoria per l'F1B.

A titolo di curiosità, peraltro interessante per eventuali future proposte, ma soprattutto quale esempio ulteriore delle potenzialità del calcolo, a pag. 20 sono illustrate le caratteristiche di un ipotetico prototipo di F1B con prestazioni ridotte a poco più di 180 s; si può notare come, fermi restando gli altri vincoli imposti dal regolamento FAI, la riduzione a 20 gr nominali della gomma permetterebbe al modello preso a riferimento di volare per 218 s, raggiungendo una quota di 63 m, con 35 s di scarica.

PRO88: GARD7595 sm 9/8 tur 4.9/080 Re 32000 10/99
 E65mx= 27.171 E10mx= 27.966 E15mx= 31.134

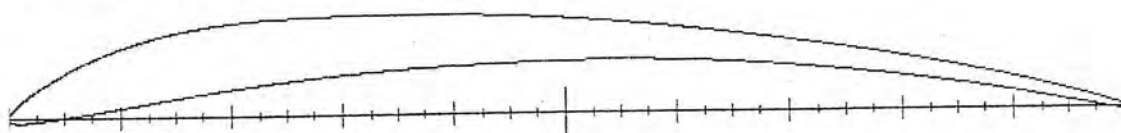


GARD 7595



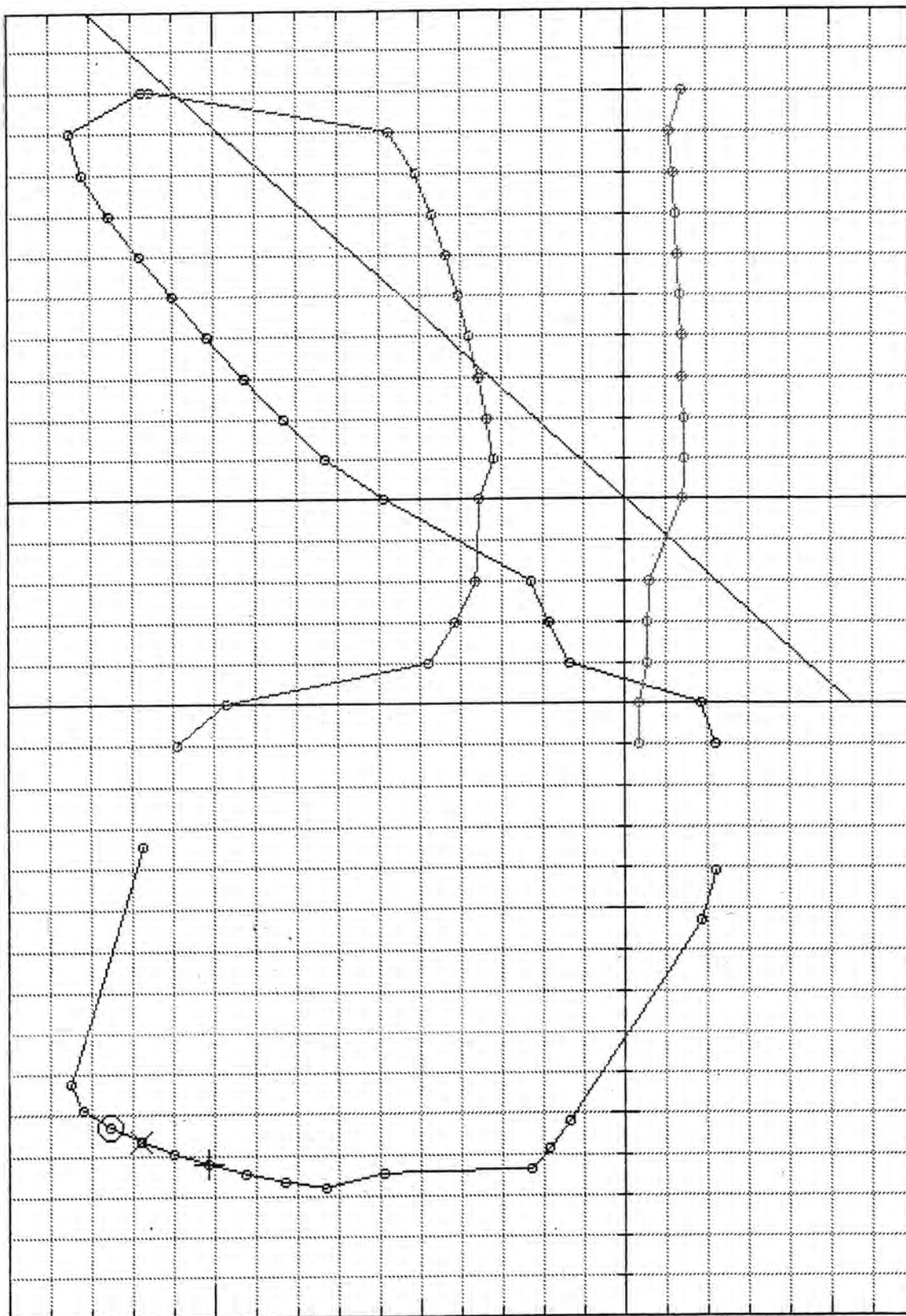
GARD 7595

Grado polinomio di regr. body 9
Grado polinomio di regr. m.c.l. 8

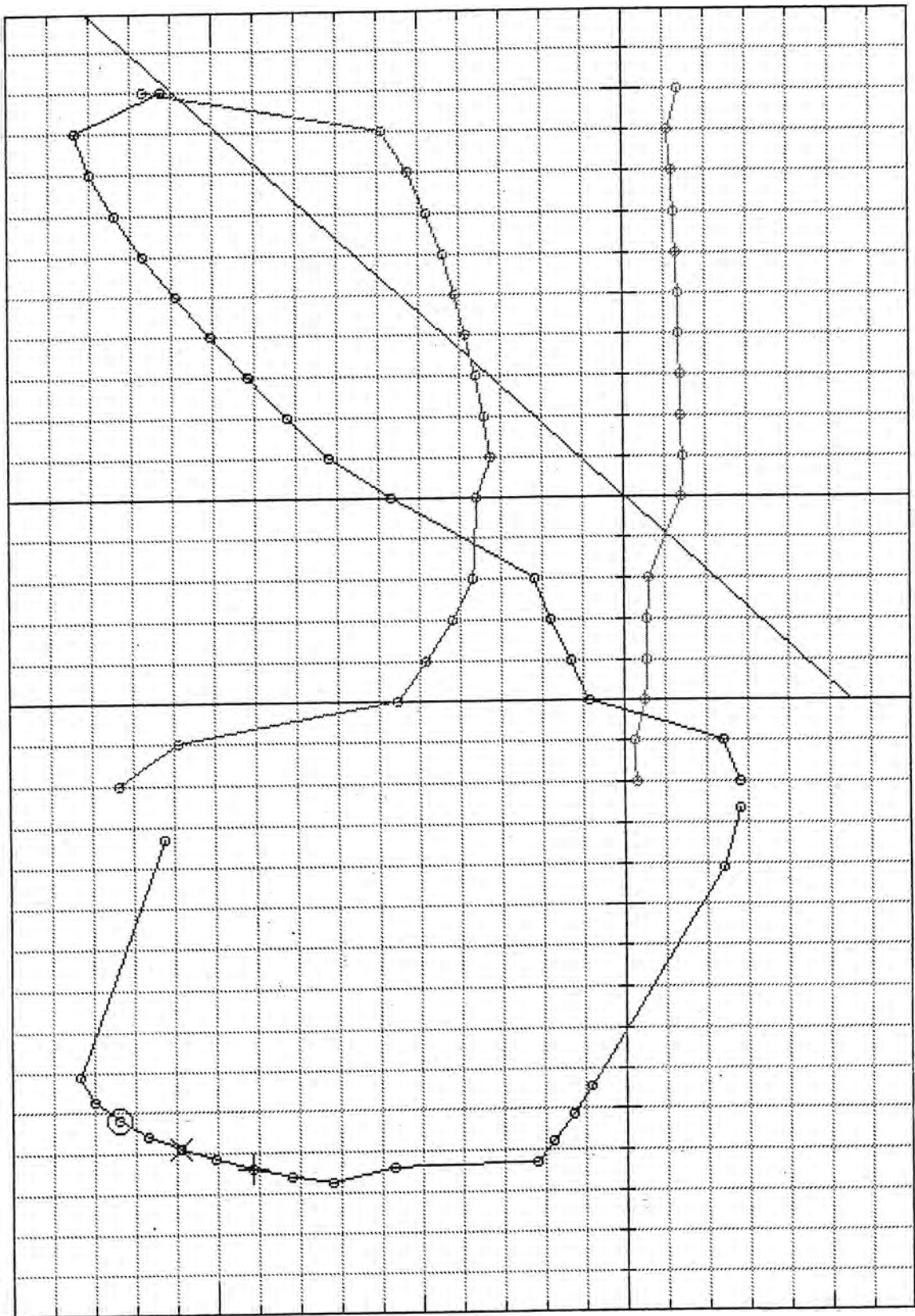


Raggio del naso: 0,28 %
Ascissa spessore massimo body: 18 %
Spessore massimo body: 5,92 %
Spessore bordo di uscita: 0,4 %
Ascissa altezza massima camber: 44,97 %
Altezza massima camber: 6,56 %
Area profilo: 3,48
Incidenza portanza nulla: -7,33 gradi
Slope profilo: 0,11

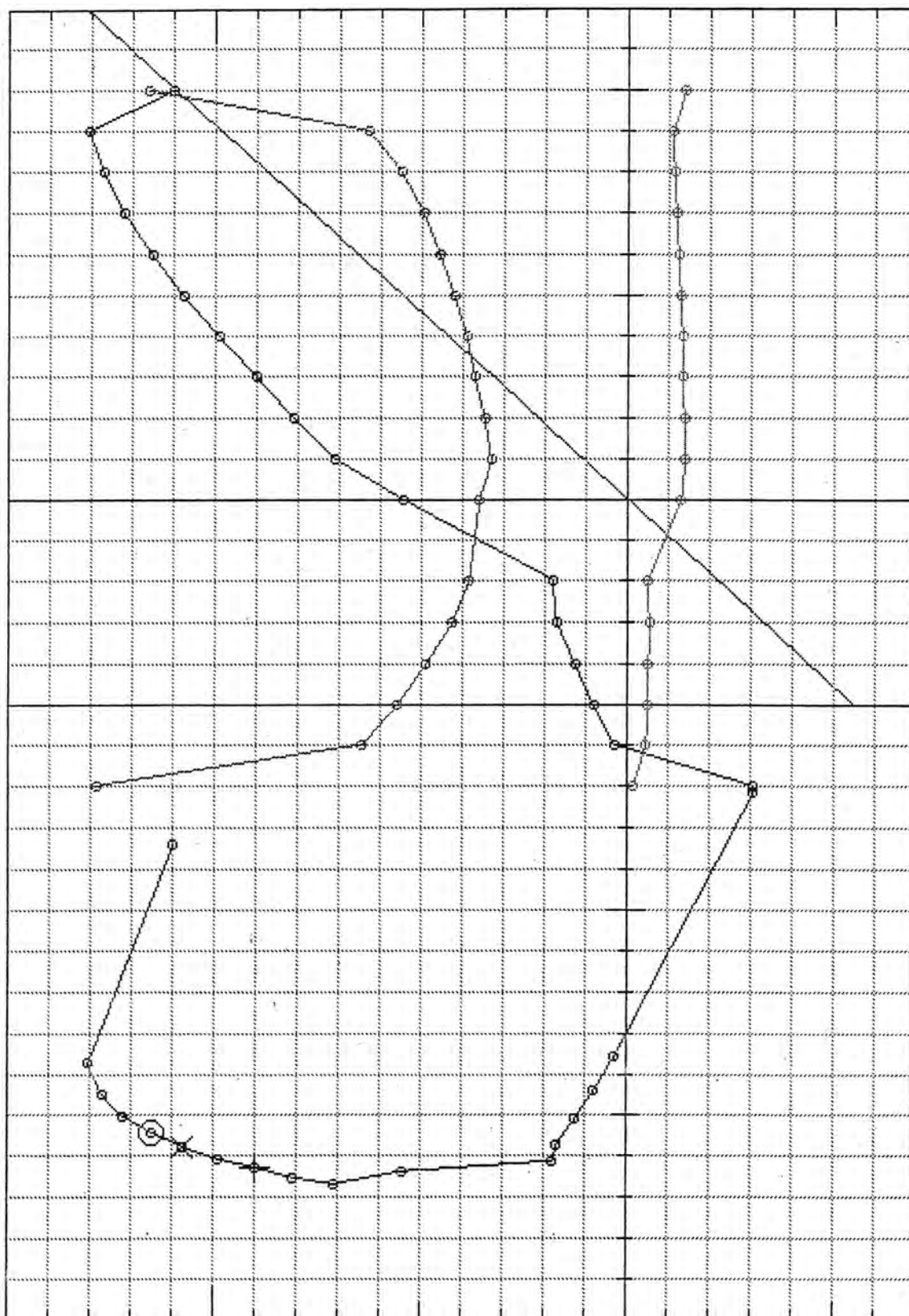
PR087: GARD7595 sm 9/8 tur 4.5/080 Re 29000 10/99
 E65mx= 26.686 E10mx= 27.280 E15mx= 30.060



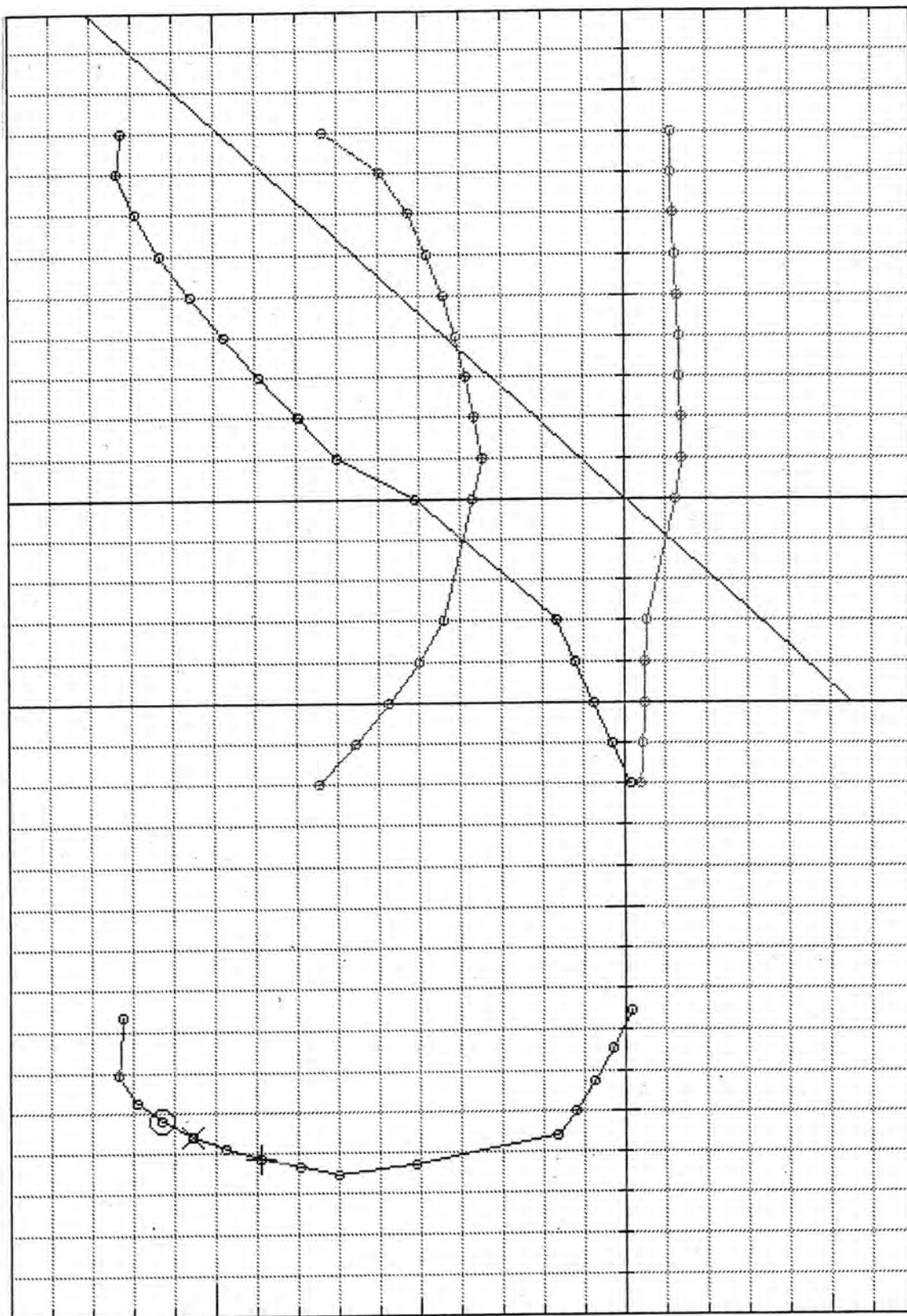
PR086: GARD7595 smooth 9/8 tur 4/080 Re 26000 10/99
 E65mx= 26.135 E10mx= 26.531 E15mx= 28.827



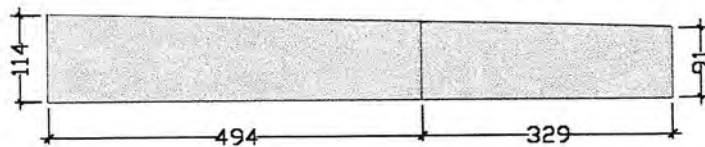
PR085: GARD7595 smooth 9/8 tur 3.4/080 Re 23000 10/99
 E65mx= 25.430 E10mx= 25.613 E15mx= 27.299



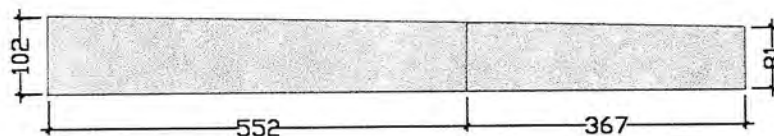
PRO84: GARD7595 smooth 9/8 turb. 3.5/080 Re 20000 10/99
 E65mx= 24.005 E10mx= 23.952 E15mx= 25.146



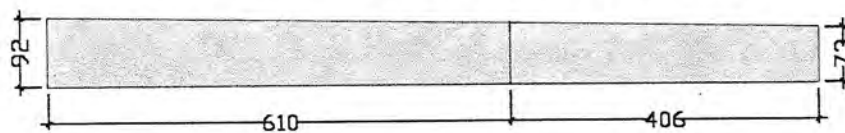
1- Apertura alare 1600 - Rapporto rastremazione 0,8



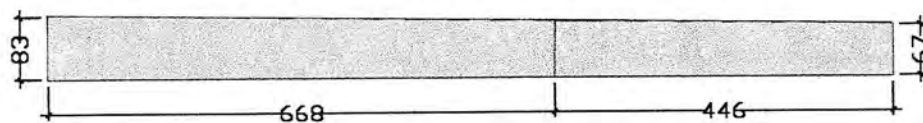
2- Apertura alare 1800 - Rapporto rastremazione 0,8



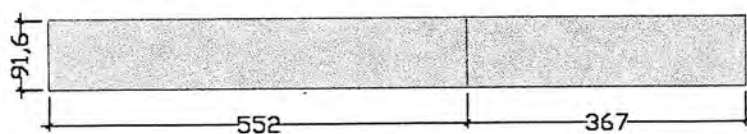
3- Apertura alare 2000 - Rapporto rastremazione 0,8



4- Apertura alare 2200 - Rapporto rastremazione 0,8



5- Apertura alare 1800 - Rapporto rastremazione 1,0



6- Apertura alare 1800 - Rapporto rastremazione 0,6

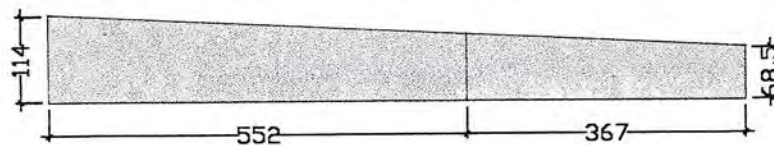


Tabella 1

Ali affini con rapporto di rastremazione 0,8

apertura alare	allungamento	quota raggiunta	tempo di scarica	tempo di volo
1600	15,56	93,3	53,2	312,6
1800	19,61	94,4	53,2	328,5
2000	24,16	94,6	53,1	334,5
2200	29,24	94,9	53,0	334,7

Tabella 2

Ali con rapporti di rastremazione diversi

apertura alare	rapp. rastremaz.	quota raggiunta	tempo di scarica	tempo di volo
1800	1,00	93,9	53,1	319,1
1800	0,80	94,4	53,2	328,5
1800	0,60	94,6	53,3	335,0

C L I M B 9 1 1/02/99 ##### 17:15:39 ### 11-05-1999

MODELLO: MOD23: CW2000/1 19/10/99

M3 EL24 PRO43 PRO88 PRO87 PRO86 PRO50

MATASSA: M3: Ricavato direttamente da MATA2 H=1606

Peso 29 Densità .95 Giri/Giri rott. .9
Lunghezza 32.3 Rend. di scarica .95

ELICA: EL24: CW2001 (Callegari) R 32 19/10/99

n. pale 2 CSI Corda Fi

Raggio 32 .15 1.3 69

Rlc 0 .35 3.32 47

Arc 0 .55 3.64 35

Dfi 0 .75 3.08 28

Sec 0 .95 1.51 23.6

cdre .00146 Var. passo(gradi) 0 Incremento Raggio 0

Profilo pala: PRO43:XF3 CRGOPQ (E281090) Tur. 4.6/150 Re 28300 7/99

ALFA di rendimento max. 0.3509 Rendimento; max. 0.8535

FRAME: Peso totale 231 Cx (escluse sup. orizz.) .015 Fatt. interferenza 1.5

Altezza baric. 2.2 Alt. centro di res.(rif. Cx) 1.2 Dist. elica-bar. 22

Coeff. interferenza Elica/Ala 1 Coeff. interferenza Elica/PdQ 1

ALA:

Profilo radice : PRO88: GARD7595 sm 9/8 tur 4.9/080 Re 32000 10/99

Profilo intermedio: PRO87: GARD7595 sm 9/8 tur 4.5/080 Re 29000 10/99

Profilo estremità : PRO86: GARD7595 smooth 9/8 tur 4/080 Re 26000 10/99

Corde : centr. 11.4 intern. 10.06 estr. 9.1 media p. 10.28983

Svergolature: intern. 0 estr. 0

Tronchi : inter. 49.4 diel 0 ester. 32.9 die3 12 Apertura p. 160.067

Superficie p. 1647.062 Allungamento p. 15.55584 Rapp. rastr. p. .7974807

Centraggio in planata (rif. corda n.) .6 Altezza attacco Ala 3.7

Distanza orizzontale fuoco-baricentro 3.60144 Altezza fuoco 5.899966

PIANO DI QUOTA:

Profilo: PRO50:XF2 CLARKY 5.9 Re 20000 Turb. 008/250-000/000 5/98

Superficie 250.56 Apertura 34.8 Allungamento 4.833333

Distanza orizz. baricentro-fuoco 97 Altezza fuoco 1

OUTPUT

PLANATA: Elica a pale ribaltabili

Var. momento statico (rip. pale) 112.5

Coeff. res. elica in planata 4.277442E-03

Inc. Ala 3.8 Inc. PdQ-1.3 Assetto 5.113 Defl. PdQ 2.399

V.planata 416.9 V.discesa 35.89 Effic. 11.57 Cl^(3/2)/Cd 12.23

Cl Ala 1.254 Cl PdQ .2108 NR.Ala 28600 NR.PdQ 20012

SALITA

Int.En.	TrE	Dfe	TrA	Trq	Fia	TETA	Cla	Clq	Hs	Ts	Tv	ALFA	Etae	S	U	NRA
0.00	1.00	0.0	0.0	0.00	6.4	22.1	1.28	0.23	52.9	39.4	186.8	0.16	0.47	106	357	24

0.00	0.25	-1.0	0.0	0.0	5.70	-5.2	51.7	0.28	0.06	24.3	4.3	72.0	0.29	0.83	214	712	49
------	------	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	-----	------	------	------	-----	-----	----

0.25	0.67	-1.0	0.0	0.0	3.60	-0.8	25.8	0.81	0.12	40.5	19.7	132.6	0.27	0.82	118	473	32
------	------	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------	-----	-----	----

0.67	0.97	-1.0	0.0	0.0	1.70	2.6	16.9	1.09	0.17	27.2	22.4	98.3	0.28	0.82	84	417	29
------	------	------	-----	-----	------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	----	-----	----

0.97	1.00	-1.0	0.0	0.0	0.00	4.7	2.7	1.23	0.18	1.3	6.8	10.4	0.36	0.85	29	413	28
------	------	------	-----	-----	------	-----	-----	------	------	-----	-----	------	------	------	----	-----	----

TOTALE 93.3 53.2 313.3 0.825

Int.En.	Trqg	Raggio	Giri	Hsc	Tvc	atg
1	2.8	5.0	0.6	24.2	71.9	0.40
2	1.8	7.3	1.8	40.4	132.2	0.25
3	0.9	10.3	1.4	27.2	98.1	0.16
4	0.0	2235.8	0.0	1.3	10.4	0.00
TOTALE			3.8	93.1	312.6	

C L I M B 9 1 1/02/99 ##### 17:42:35 ### 11-05-1999

MODELLO: MOD24: CW2000/2 22/10/99
M3 EL24 PRO43 PRO87 PRO86 PRO85 PRO50

MATASSA: M3: Ricavato direttamente da MATA2 H=1606
Peso 29 Densità .95 Giri/Giri rott. .9
Lunghezza 32.3 Rend. di scarica .95

ELICA: EL24: CW2001 (Callegari) R 32 19/10/99
n. pale 2 CSI Corda Fi
Raggio 32 .15 1.3 69
Rlc 0 .35 3.32 47
Arc 0 .55 3.64 35
Dfi 0 .75 3.08 28
Sec 0 .95 1.51 23.6
cdre .00146 Var. passo(gradi) 0 Incremento Raggio 0
Profilo pala: PRO43:XF3 CRGQPQ (E281090) Tur. 4.6/150 Re 28300 7/99
ALFA di rendimento max. 0.3509 Rendimento; max. 0.8535

FRAME: Peso totale 231 Cx (escluse sup. orizz.) .015 Fatt. interferenza 1.5
Altezza baric. 2.2 Alt. centro di res.(rif. Cx) 1.2 Dist. elica-bar. 22
Coeff. interferenza Elica/Ala 1 Coeff. interferenza Elica/PdQ 1

ALA:
Profilo radice : PRO87: GARD7595 sm 9/8 tur 4.5/080 Re 29000 10/99
Profilo intermedio: PRO86: GARD7595 smooth 9/8 tur 4/080 Re 26000 10/99
Profilo estremità : PRO85: GARD7595 smooth 9/8 tur 3.4/080 Re 23000 10/99
Corde : centr. 10.2 intern. 8.94 estr. 8.1 media p. 9.16484
Svergolature: intern. 0 estr. 0
Tronchi : inter. 55.2 diel 0 ester. 36.7 die3 12 Apertura p. 179.7654
Superficie p. 1647.521 Allungamento p. 19.61468 Rapp. rastr. p. .7938219
Centraggio in planata (rif. corda m.) .6 Altezza attacco Ala 3.7
Distanza orizzontale fuoco-baricentro 3.207694 Altezza fuoco 5.894281

PIANO DI QUOTA:
Profilo: PRO50:XF2 CLARKY 5.9 Re 20000 Turb. 008/250-000/000 5/98
Superficie 250.56 Apertura 34.8 Allungamento 4.833333
Distanza orizz. baricentro-fuoco 97 Altezza fuoco 1

OUTPUT

PLANATA: Elica a pale ribaltabili
Var. momento statico (rip. pale) 112.5
Coeff. res. elica in planata 4.276249E-03
Inc. Ala 3.8 Inc. PdQ-1.7 Assetto 4.627 Defl. PdQ 1.901
V.planata 421.6 V.discesa 34.24 Effic. 12.27 Cl^(3/2)/Cd 12.82
Cl Ala 1.23 Cl PdQ .1831 NR.Ala 25757 NR.PdQ 20235

SALITA

Int.En.	TrE	Dfe	TrA	Trq	Fia	TETA	Cla	Clq	Hs	Ts	Tv	ALFA	Etae	S	U	NRA
0.00	1.00	0.0	0.0	0.00	5.8	22.5	1.27	0.20	55.2	39.7	200.8	0.17	0.48	106	363	22
0.00	0.25	-1.0	0.0	0.0	5.90	-5.1	56.4	0.29	0.06	24.6	4.4	76.2	0.28	0.82	222	671 41
0.25	0.67	-1.0	0.0	0.0	3.60	-0.8	26.0	0.82	0.12	40.8	19.7	138.9	0.27	0.82	118	472 29
0.67	0.97	-1.0	0.0	0.0	1.50	2.6	17.1	1.10	0.15	27.6	22.4	103.0	0.28	0.82	84	417 25
0.97	1.00	-1.0	0.0	0.0	0.00	4.3	2.9	1.21	0.15	1.4	6.7	10.9	0.37	0.85	29	419 26

TOTALE 94.4 53.2 329.0 0.823

Int.En.	Trqg	Raggio	Giri	Hsc	Tvc	atg
1	3.0	3.9	0.7	24.6	76.2	0.36
2	1.8	7.3	1.8	40.7	138.6	0.25
3	0.8	10.9	1.3	27.5	102.8	0.15
4	0.0	2260.3	0.0	1.4	10.9	0.00
TOTALE			3.8	94.2	328.5	

C L I M B 9 1 1/02/99 ##### 18:01:57 ### 11-05-1999

MODELLO: MOD25: CW2000/3 22/10/99
M3 EL24 PRO43 PRO86 PRO85 PRO84 PRO50

MATASSA: M3: Ricavato direttamente da MATA2 H=1606
Peso 29 Densità .95 Giri/Giri rott. .9
Lunghezza 32.3 Rend. di scarica .95

ELICA: EL24: CW2001 (Callegari) R 32 19/10/99
n. pale 2 CSI Corda Fi
Raggio 32 .15 1.3 69
Rlc 0 .35 3.32 47
Arc 0 .55 3.64 35
Dfi 0 .75 3.08 28
Sec 0 .95 1.51 23.6
cdre .00146 Var. passo(gradienti) 0 Incremento Raggio 0
Profilo pala: PRO43:XF3 CRGQPQ (E281090) Tur. 4.6/150 Re 28300 7/99
ALFA di rendimento max. 0.3509 Rendimento; max. 0.8535

FRAME: Peso totale 231 Cx (escluse sup. orizz.) .015 Fatt. interferenza 1.5
Altezza baric. 2.2 Alt. centro di res.(rif. Cx) 1.2 Dist. elica-bar. 22
Coeff. interferenza Elica/Ala 1 Coeff. interferenza Elica/PdQ 1

ALA:
Profilo radice : PRO86: GARD7595 smooth 9/8 tur 4/080 Re 26000 10/99
Profilo intermedio: PRO85: GARD7595 smooth 9/8 tur 3.4/080 Re 23000 10/99
Profilo estremità : PRO84: GARD7595 smooth 9/8 turb. 3.5/080 Re 20000 10/99
Corde : centr. 9.2 intern. 8.06 estr. 7.3 media p. 8.260743
Svergolature: intern. 0 estr. 0
Tronchi : inter. 61 diel 0 ester. 40.6 die3 12 Apertura p. 199.5722
Superficie p. 1648.614 Allungamento p. 24.15911 Rapp. rastr. p. .7932535
Centraggio in planata (rif. corda m.) .6 Altezza attacco Ala 3.7
Distanza orizzontale fuoco-baricentro 2.89126 Altezza fuoco 5.895071

PIANO DI QUOTA:
Profilo: PRO50:XF2 CLARKY 5.9 Re 20000 Turb. 008/250-000/000 5/98
Superficie 250.56 Apertura 34.8 Allungamento 4.833333
Distanza orizz. baricentro-fuoco 97 Altezza fuoco 1

OUTPUT

PLANATA: Elica a pale ribaltabili
Var. momento statico (rip. pale) 112.5

Coeff. res. elica in planata 4.273414E-03
Inc. Ala 3.8 Inc. PdQ-2 Assetto 4.254 Defl. PdQ 1.538
V.planata 426.4 V.discosa 33.58 Effic. 12.66 $Cl^{(3/2)}/Cd$ 13.08
Cl Ala 1.205 Cl PdQ .1609 NR.Ala 23485 NR.PdQ 20469

SALITA

Int.En.	TrE	Dfe	TrA	Trq	Fia	TETA	Cla	Clq	Hs	Ts	Tv	ALFA	Etae	S	U	NRA
0.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.00	5.4	22.8	1.26	0.18	57.0	39.9	209.6	0.17	0.49	106	368 20

0.00	0.25	-1.0	0.0	0.0	6.10	-5.1	53.4	0.29	0.06	24.4	4.4	77.1	0.29	0.83	217	696 38
0.25	0.67	-1.0	0.0	0.0	3.60	-0.8	26.1	0.82	0.11	41.0	19.7	141.7	0.28	0.82	118	474 26
0.67	0.97	-1.0	0.0	0.0	1.30	2.6	17.2	1.10	0.14	27.8	22.4	105.1	0.28	0.83	84	418 23
0.97	1.00	-1.0	0.0	0.0	0.00	3.9	3.0	1.18	0.13	1.5	6.7	11.1	0.37	0.85	29	424 23

TOTALE 94.6 53.1 334.9 0.825

Int.En.	Trqg	Raggio	Giri	Hsc	Tvc	atg
1	3.0	4.4	0.7	24.4	77.0	0.40
2	1.8	7.3	1.8	40.9	141.4	0.25
3	0.6	11.7	1.2	27.7	105.0	0.14
4	0.0	2286.7	0.0	1.5	11.1	0.00
		TOTALE	3.7	94.5	334.5	

C L I M B 9 1 1/02/99 ##### 18:19:02 ### 11-05-1999

MODELLO: MOD26: CW2000/4 22/10/99

M3 EL24 PRO43 PRO85 PRO84 PRO84 PRO50

MATASSA: M3: Ricavato direttamente da MATA2 H=1606

Peso 29 Densità .95 Giri/Giri rott. .9
Lunghezza 32.3 Rend. di scarica .95

ELICA: EL24: CW2001 (Callegari) R 32 19/10/99

n. pale 2 CSI Corda Fi

Raggio 32 .15 1.3 69

Rlc 0 .35 3.32 47

Arc 0 .55 3.64 35

Dfi 0 .75 3.08 28

Sec 0 .95 1.51 23.6

cdre .00146 Var. passo(gradi) 0 Incremento Raggio 0

Profilo pala: PRO43:XF3 CRGOPQ (E281090) Tur. 4.6/150 Re 28300 7/99

ALFA di rendimento max. 0.3509 Rendimento; max. 0.8535

FRAME: Peso totale 231 Cx (escluse sup. orizz.) .015 Fatt. interferenza 1.5

Altezza baric. 2.2 Alt. centro di res.(rif. Cx) 1.2 Dist. elica-bar. 22

Coeff. interferenza Elica/Ala 1 Coeff. interferenza Elica/PdQ 1

ALA:

Profilo radice : PRO85: GARD7595 smooth 9/8 tur 3.4/080 Re 23000 10/99

Profilo intermedio: PRO84: GARD7595 smooth 9/8 turb. 3.5/080 Re 20000 10/99

Profilo estremità : PRO84: GARD7595 smooth 9/8 turb. 3.5/080 Re 20000 10/99

Corde : centr. 8.3 intern. 7.34 estr. 6.7 media p. 7.506902

Svergolature: intern. 0 estr. 0

Tronchi : inter. 66.8 diel 0 ester. 44.6 die3 12 Apertura p. 219.5107

Superficie p. 1647.845 Allungamento p. 29.24118 Rapp. rastr. p. .8070629

Centraggio in planata (rif. corda m.) .6 Altezza attacco Ala 3.7

Distanza orizzontale fuoco-baricentro 2.627416 Altezza fuoco 5.914337

PIANO DI QUOTA:

Profilo: PRO50:XF2 CLARKY 5.9 Re 20000 Turb. 008/250-000/000 5/98

Superficie 250.56 Apertura 34.8 Allungamento 4.833333

Distanza orizz. baricentro-fuoco 97 Altezza fuoco 1

OUTPUT

PLANATA: Elica a pale ribaltabili

Var. momento statico (rip. pale) 112.5

Coeff. res. elica in planata 4.275409E-03

Inc. Ala 3.8 Inc. PdQ-2 Assetto 3.67 Defl. PdQ 1.24

V.planata 434.6 V.discesa 33.66 Effic. 12.87 $Cl^{(3/2)}/Cd$ 13.05

Cl Ala 1.163 Cl PdQ .1405 NR.Ala 21749 NR.PdQ 20859

SALITA

Int.En.	TrE	Dfe	TrA	Trq	Fia	TETA	Cla	Clq	Hs	Ts	Tv	ALFA	Etae	S	U	NRA
0.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.00	4.6	22.9	1.21	0.16	59.8	40.5	218.1	0.18	0.51	106	380 19

0.00	0.25	-1.0	0.0	0.0	6.10	-5.2	60.3	0.30	0.06	24.6	4.4	77.4	0.27	0.81	229	638 32
------	------	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	-----	------	------	------	-----	--------

0.25	0.67	-1.0	0.0	0.0	3.30	-0.8	26.1	0.83	0.10	41.0	19.7	141.5	0.28	0.82	118	474 24
------	------	------	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------	-----	--------

0.67	0.97	-1.0	0.0	0.0	1.10	2.3	17.0	1.08	0.12	27.9	22.3	105.1	0.29	0.83	83	426 21
------	------	------	-----	-----	------	-----	------	------	------	------	------	-------	------	------	----	--------

0.97	1.00	-1.0	0.0	0.0	0.00	3.3	3.0	1.14	0.11	1.5	6.6	11.0	0.37	0.85	28	434 22
------	------	------	-----	-----	------	-----	-----	------	------	-----	-----	------	------	------	----	--------

TOTALE 94.9 53.0 335.0 0.821

Int.En.	Trgg	Raggio	Giri	Hsc	Tvc	atg
1	3.0	3.1	0.7	24.5	77.3	0.33
2	1.6	7.6	1.8	41.0	141.4	0.24
3	0.6	13.0	1.1	27.8	105.0	0.13
4	0.0	2334.2	0.0	1.5	11.0	0.00
TOTALE			3.6	94.8	334.7	

C L I M B 9 1 1/02/99 ##### 18:51:04 ### 11-05-1999

MODELLO: MOD27: CW2000/5 5/11/99
M3 EL24 PRO43 PRO86 PRO86 PRO86 PRO50

MATASSA: M3: Ricavato direttamente da MATA2 H=1606
Peso 29 Densità .95 Giri/Giri rott. .9
Lunghezza 32.3 Rend. di scarica .95

ELICA: EL24: CW2001 (Callegari) R 32 19/10/99
n. pale 2 CSI Corda Fi
Raggio 32 .15 1.3 69
Rlc 0 .35 3.32 47
Arc 0 .55 3.64 35
Dfi 0 .75 3.08 28
Sec 0 .95 1.51 23.6
cdre .00146 Var. passo(gradi) 0 Incremento Raggio 0
Profilo pala: PRO43:XF3 CRGOPQ (E281090) Tur. 4.6/150 Re 28300 7/99
ALFA di rendimento max. 0.3509 Rendimento; max. 0.8535

FRAME: Peso totale 231 Cx (escluse sup. orizz.) .015 Fatt. interferenza 1.5
Altezza baric. 2.2 Alt. centro di res.(rif. Cx) 1.2 Dist. elica-bar. 22
Coeff. interferenza Elica/Ala 1 Coeff. interferenza Elica/PdQ 1

ALA:

Profilo: PRO86: GARD7595 smooth 9/8 tur 4/080 Re 26000 10/99
Corde : centr. 9.16484
intern. 9.16484 estr. 9.16484 media p. 9.16484
Svergolature: intern. 0 estr. 0
Tronchi : inter. 55.2 diel 0 ester. 36.7 die3 12 Apertura p. 179.7654
Superficie p. 1647.521 Allungamento p. 19.61468 Rapp. rastr. p. 1
Centraggio in planata (rif. corda m.) .6 Altezza attacco Ala 3.7
Distanza orizzontale fuoco-baricentro 3.207694 Altezza fuoco 6.096083

PIANO DI QUOTA:

Profilo: PRO50:XF2 CLARKY 5.9 Re 20000 Turb. 008/250-000/000 5/98
Superficie 250.56 Apertura 34.8 Allungamento 4.833333
Distanza orizz. baricentro-fuoco 97 Altezza fuoco 1

OUTPUT

PLANATA: Elica a pale ribaltabili
Var. momento statico (rip. pale) 112.5

Coeff. res. elica in planata 4.276249E-03
Inc. Ala 3.8 Inc. PdQ-1.9 Assetto 4.557 Defl. PdQ 1.68
V.planata 424.7 V.discesa 35.23 Effic. 12.01 Cl^(3/2)/Cd 12.46
Cl Ala 1.212 Cl PdQ .1796 NR.Ala 25947 NR.PdQ 20384

SALITA

Int.En.	TrE	Dfe	TrA	Trq	Fia	TETA	Cla	Clq	Hs	Ts	Tv	ALFA	Etae	S	U	NRA
0.00	1.00	0.0	0.0	0.00	5.8	22.5	1.26	0.20	55.4	39.7	197.0	0.17	0.48	106	364	22

0.00	0.25	-1.0	0.0	0.0	6.10	-5.1	52.4	0.29	0.06	24.4	4.4	73.5	0.29	0.83	215	707	43
0.25	0.67	-1.0	0.0	0.0	3.60	-0.7	26.0	0.82	0.12	40.7	19.7	135.2	0.27	0.82	118	472	29
0.67	0.97	-1.0	0.0	0.0	1.60	2.4	16.9	1.07	0.15	27.5	22.4	100.3	0.29	0.83	84	423	26
0.97	1.00	-1.0	0.0	0.0	0.00	4.2	2.8	1.19	0.15	1.4	6.7	10.6	0.37	0.85	29	422	26

TOTALE 93.9 53.1 319.6 0.826

Int.En.	Trqg	Raggio	Giri	Hsc	Tvc	atg
1	3.0	4.7	0.6	24.3	73.4	0.41
2	1.8	7.3	1.8	40.6	135.0	0.25
3	0.8	10.7	1.3	27.4	100.2	0.16
4	0.0	2277.6	0.0	1.4	10.6	0.00
		TOTALE	3.8	93.7	319.1	

MODELLO: MOD28: CW2000/6 6/11/99
M3 EL24 PRO43 PRO88 PRO86 PRO84 PRO50

MATASSA: M3: Ricavato direttamente da MATA2 H=1606
Peso 29 Densità .95 Giri/Giri rott. .9
Lunghezza 32.3 Rend. di scarica .95

ELICA: EL24: CW2001 (Callegari) R 32 19/10/99
n. pale 2 CSI Corda Fi
Raggio 32 .15 1.3 69
Rlc 0 .35 3.32 47
Arc 0 .55 3.64 35
Dfi 0 .75 3.08 28
Sec 0 .95 1.51 23.6
cdre .00146 Var. passo(gradi) 0 Incremento Raggio 0
Profilo pala: PRO43:XF3 CRGOPQ (E281090) Tur. 4.6/150 Re 28300 7/99
ALFA di rendimento max. 0.3509 Rendimento; max. 0.8535

FRAME: Peso totale 231 Cx (escluse sup. orizz.) .015 Fatt. interferenza 1.5
Altezza baric. 2.2 Alt. centro di res.(rif. Cx) 1.2 Dist. elica-bar. 22
Coeff. interferenza Elica/Ala 1 Coeff. interferenza Elica/PdQ 1

ALA:
Profilo radice : PRO88: GARD7595 sm 9/8 tur 4.9/080 Re 32000 10/99
Profilo intermedio: PRO86: GARD7595 smooth 9/8 tur 4/080 Re 26000 10/99
Profilo estremità : PRO84: GARD7595 smooth 9/8 turb. 3.5/080 Re 20000 10/99
Corde : centr. 11.4 interm. 8.67 estr. 6.85 media p. 9.157154
Svergolature: interm. 0 estr. 0
Tronchi : inter. 55.2 diel 0 ester. 36.7 die3 12 Apertura p. 179.7654
Superficie p. 1646.14 Allungamento p. 19.63115 Rapp. rastr. p. .6009719
Centraggio in planata (rif. corda m.) .6 Altezza attacco Ala 3.7
Distanza orizzontale fuoco-baricentro 3.205004 Altezza fuoco 5.657686

PIANO DI QUOTA:
Profilo: PRO50:XF2 CLARKY 5.9 Re 20000 Turb. 008/250-000/000 5/98
Superficie 250.56 Apertura 34.8 Allungamento 4.833333
Distanza orizz. baricentro-fuoco 97 Altezza fuoco 1

OUTPUT

PLANATA: Elica a pale ribaltabili
Var. momento statico (rip. pale) 112.5
Coeff. res. elica in planata 4.279838E-03
Inc. Ala 3.8 Inc. PdQ-1.5 Assetto 4.732 Defl. PdQ 2.16
V.planata 418.6 V.discesa 33.54 Effic. 12.44 Cl^(3/2)/Cd 13.1
Cl Ala 1.249 Cl PdQ .1864 NR.Ala 25556 NR.PdQ 20094

SALITA

Int.En.	TrE	Dfe	TrA	Trq	Fia	TETA	Cla	Clq	Hs	Ts	Tv	ALFA	Etae	S	U	NRA
0.00	1.00	0.0	0.0	0.00	5.9	22.6	1.29	0.20	54.7	39.5	202.5	0.17	0.47	106	360	22
0.00	0.25	-1.0	0.0	0.0	5.80	-5.2	58.8	0.29	0.06	24.7	4.4	77.9	0.27	0.82	226	651 40
0.25	0.67	-1.0	0.0	0.0	3.60	-0.9	26.1	0.82	0.11	40.9	19.7	141.5	0.27	0.82	118	471 29
0.67	0.97	-1.0	0.0	0.0	1.50	2.7	17.3	1.11	0.15	27.7	22.5	105.0	0.28	0.82	85	414 25
0.97	1.00	-1.0	0.0	0.0	0.00	4.4	3.0	1.23	0.15	1.5	6.7	11.1	0.37	0.85	29	416 25

TOTALE 94.6 53.3 335.5 0.821

Int.En.	Trqg	Raggio	Giri	Hsc	Tvc	atg
1	2.9	3.4	0.7	24.6	77.9	0.34
2	1.8	7.2	1.8	40.8	141.2	0.25
3	0.8	10.8	1.3	27.6	104.8	0.15
4	0.0	2243.8	0.0	1.5	11.1	0.00
TOTALE			3.8	94.5	335.0	

C L I M B 9 1 1/02/99 ##### 12:35:41 ### 12-10-1999

MODELLO: MOD24: CW2000/2 22/10/99

M3 EL24 PRO43 PRO87 PRO86 PRO85 PRO50

Matassa ridotta a 20 qr nominali

MATASSA: M3: Ricavato direttamente da MATA2 H=1606

Peso 19.5 Densità .95 Giri/Giri rott. .9
Lunghezza 21.5 Rend. di scarica .95

ELICA: EL24: CW2001 (Callegari) R 32 19/10/99

n. pale 2 CSI Corda Fi

Raggio 32 .15 1.3 69

Rlc 0 .35 3.32 47

Arc 0 .55 3.64 35

Dfi 0 .75 3.08 28

Sec 0 .95 1.51 23.6

cdre .00146 Var. passo(gradi) 0 Incremento Raggio 0

Profilo pala: PRO43:XF3 CRGOPQ (E281090) Tur. 4.6/150 Re 28300 7/99

ALFA di rendimento max. 0.3509 Rendimento; max. 0.8535

FRAME: Peso totale 231 Cx (escluse sup. orizz.) .015 Fatt. interferenza 1.5

Altezza baric. 2.2 Alt. centro di res.(rif. Cx) 1.2 Dist. elica-bar. 22

Coeff. interferenza Elica/Ala 1 Coeff. interferenza Elica/PdQ 1

ALA:

Profilo radice : PRO87: GARD7595 sm 9/8 tur 4.5/080 Re 29000 10/99

Profilo intermedio: PRO86: GARD7595 smooth 9/8 tur 4/080 Re 26000 10/99

Profilo estremità : PRO85: GARD7595 smooth 9/8 tur 3.4/080 Re 23000 10/99

Corde : centr. 10.2 intern. 8.94 estr. 8.1 media p. 9.16484

Svergolature: intern. 0 estr. 0

Tronchi : inter. 55.2 diel 0 ester. 36.7 die3 12 Apertura p. 179.7654

Superficie p. 1647.521 Allungamento p. 19.61468 Rapp. rastr. p. .7938219

Centraggio in planata (rif. corda m.) .6 Altezza attacco Ala 3.7

Distanza orizzontale fuoco-baricentro 3.207694 Altezza fuoco 5.894281

PIANO DI QUOTA:

Profilo: PRO50:XF2 CLARKY 5.9 Re 20000 Turb. 008/250-000/000 5/98

Superficie 250.56 Apertura 34.8 Allungamento 4.833333

Distanza orizz. baricentro-fuoco 97 Altezza fuoco 1

OUTPUT

PLANATA: Elica a pale ribaltabili

Var. momento statico (rip. pale) 112.5

Coeff. res. elica in planata 4.276249E-03

Inc. Ala 3.8 Inc. PdQ-1.7 Assetto 4.627 Defl. PdQ 1.901

V.planata 421.6 V.discesa 34.24 Effic. 12.27 Cl^(3/2)/Cd 12.82

Cl Ala 1.23 Cl PdQ .1831 NR.Ala 25757 NR.PdQ 20235

SALITA

Int.En.	TrE	Dfe	TrA	Trq	Fia	TETA	Cla	Clq	Hs	Ts	Tv	ALFA	Etae	S	U NRA
0.00	1.00	-1.0	0.0	0.0	0.00	5.4	23.3	1.27	0.19	37.5	26.0	135.6	0.17	0.48	108 365 22

0.00	0.25	-1.0	0.0	0.0	5.90	-5.2	63.6	0.28	0.07	15.9	2.8	49.2	0.25	0.77	233 625 38
0.25	0.67	-1.0	0.0	0.0	3.60	-0.8	26.8	0.82	0.12	27.5	13.0	93.2	0.27	0.82	121 470 29
0.67	0.97	-1.0	0.0	0.0	1.50	2.6	17.6	1.10	0.15	18.6	14.8	69.1	0.28	0.82	86 416 25
0.97	1.00	-1.0	0.0	0.0	0.00	4.3	3.1	1.21	0.15	1.0	4.4	7.3	0.37	0.85	29 418 26

TOTALE 62.9 35.0 218.8 0.808

Int.En.	Trqg	Raggio	Giri	Hsc	Tvc	atg
1	3.0	2.6	0.5	15.9	49.2	0.30
2	1.8	7.1	1.2	27.4	93.0	0.25
3	0.8	10.8	0.9	18.6	69.0	0.15
4	0.0	2258.5	0.0	1.0	7.3	0.00
		TOTALE	2.6	62.8	218.5	