

- CONSIDERAZIONI SUL PROGETTO DI UN AEROMODELLO AD - - ELASTICO DA VELOCITA' CON TRAIETTORIA BALISTICA - (8/1999) -

Filippo Surace NIKE Milano

Fra le difficoltà che si incontrano nel progetto di un aeromodello da velocità di prestazioni estreme, quella relativa al controllo automatico della traiettoria è probabilmente la più grave, non soltanto per le forze particolarmente elevate dovute all'azione motrice, ma anche a causa della grande variazione di velocità durante la prova, che rende estremamente delicato il controllo automatico della quota. Questa difficoltà è amplificata dal basso valore del carico alare massimo imposto dal regolamento FAI (50 gr/dm^2), che rende il modello particolarmente sensibile alle variazioni di assetto. Ad esempio, alla velocità di 40 m/s (144 km/h), il passaggio dallo assetto di portanza corrispondente al peso del modello all'assetto di portanza nulla si verifica con una variazione di incidenza dell'ordine di $0.6\text{-}0.7$ gradi.

D'altra parte la durata della prova è brevissima, con accelerazioni lungo la traiettoria molto maggiori dell'accelerazione di gravità. Quest'ultima considerazione, insieme alle precedenti, spinge a ritenere interessante lo studio di un aeromodello con traiettoria balistica, ottenuta concentrando la velatura in un solo elemento posto all'estrema poppa, in posizione molto arretrata rispetto al baricentro, e tale da poter considerare praticamente nulli la portanza della velatura e l'angolo di assetto. Con queste ipotesi la spinta motrice e le azioni aerodinamiche assumono la direzione della traiettoria.

Esponiamo alcune considerazioni sul progetto di un aeromodello così configurato, insieme ad una simulazione di prima approssimazione delle diverse fasi di volo.

-1-DINAMICA DEL VOLO

-1.1-Momenti di rollio

L'ipotesi di comportamento balistico semplifica notevolmente il problema della definizione della traiettoria su un piano verticale, ma non risolve il problema dell'equilibrio dinamico intorno all'asse di rollio, e delle conseguenti possibili deviazioni dalla traiettoria desiderata. E' quindi necessario eliminare la coppia di rollio, risultante della coppia motrice e della coppia aerodinamica indotta dalla scia dell'elica sul modello. La compensazione aerodinamica di questa coppia è possibile anche se difficile, in funzionamento a regime: è impossibile nel caso in esame, nel quale l'azione inerziale di accelerazione dell'elica assume valori importanti, specie nella fase iniziale del volo. Per questa ragione è consigliabile adottare una coppia di eliche controrotanti, collegate fra di loro in modo da garantire in ogni istante l'azzeramento del momento risultante.

Un vantaggio secondario ma non trascurabile dell'adozione delle eliche controrotanti, consiste nella possibilità di annullamento della coppia di precessione giroscopica di imbardata, dovuta alla variazione continua durante il volo dell'angolo di inclinazione della traiettoria sul piano verticale.

Sono note due modalità classiche di collegamento fra le eliche che soddisfano largamente la condizione di azzeramento del momento risultante:

- Eliche poste in corrispondenza dei due ganci della matassa, alle estremità del tubo portamatassa. Si ha un momento residuo dovuto alle differenze fra:

- momenti di attrito sugli alberi
- strisciamenti fra matassa e tubo
- interferenze delle scie con il modello

Il risultato è in genere molto buono, ma richiede l'accettazione del particolare posizionamento delle eliche in 'push-pull'.

- 1° Elica collegata al gancio della matassa; 2° Elica collegata al tubo portamatassa, a ridosso della 1° elica. Il tubo portamatassa è quindi rotante e viene collegato alla fusoliera mediante due cuscinetti, uno dei quali ha anche la funzione di reggispira. Se i momenti di inerzia dei due gruppi controrotanti sono uguali, il momento residuo è soltanto quello relativo agli attriti di questi cuscinetti. In caso contrario si ha un effetto differenziale di scia sul modello, limitato alla fase di accelerazione.

Il risultato è generalmente ottimo. Purtroppo questa soluzione non è adatta al caso in esame, caratterizzato da elevata velocità sulla traiettoria e quindi da elevata velocità angolare delle eliche.

Nelle Figg.1 sono riportate alcune possibili alternative di realizzazione di eliche controrotanti che, a prezzo di non trascurabili complicazioni, superano le difficoltà sopradette, conservando l'azzeramento del momento risultante.

-Fig.1A: Il dispositivo è costituito da due matasse uguali avvolte in senso contrario. Dalla parte delle eliche i ganci portano il moto ad una scatola con quattro ingranaggi che fornisce il moto agli assi controrotanti. Dalla parte opposta i ganci sono collegati al gruppo di compensazione, costituito da due ingranaggi, a loro volta collegati da una ruota oziosa. La velocità angolare di questi ingranaggi è nulla in condizioni di perfetto bilanciamento. In caso contrario gli ingranaggi ruotano fino ad annullare lo sbilanciamento. L'asse delle eliche è centrato rispetto alle matasse, ed è possibile ottenere rapporti di trasmissione diversi da ± 1 .
Numero ingranaggi: 7.

-Fig.1B: Il dispositivo è una semplificazione del precedente. Le matasse sono avvolte nello stesso senso. L'asse delle eliche non è centrato rispetto alle matasse, e non è possibile ottenere rapporti di trasmissione diversi da ± 1 .
Numero ingranaggi: 4.

-Fig.1C: Il dispositivo è monomatassa, ed il bilanciamento dei momenti applicati alle eliche è realizzato mediante un meccanismo epicicloidale che realizza l'accoppiamento fra le due eliche mediante la corona comune con dentatura interna. L'asse delle eliche è centrato rispetto alle matasse, e sono possibili rapporti di trasmissione diversi da ± 1 .
Numero ingranaggi: $8 + 1$ con dentatura interna.

-Fig.1D: Il dispositivo è monomatassa e recupera il concetto del tubo portamatassa rotante, introducendo una forte moltiplicazione mediante una scatola di ingranaggi esterni. L'asse delle eliche è centrato con la matassa.
Numero ingranaggi: 8.

Nei dispositivi a doppia matassa è consigliabile l'adozione di tubi portamatassa separati.

-1.2-Decollo

A causa della fortissima accelerazione iniziale una breve rampa inclinata è sufficiente per il decollo. L'inclinazione della rampa e la posizione del punto di decollo rispetto alla linea di entrata in base, vanno ottimizzate allo scopo di minimizzare il tempo di percorrenza della base.

Di fondamentale importanza è la soluzione del problema dello sblocco simultaneo delle eliche al decollo. Un errore in questa fase molto delicata può portare al rovesciamento del modello. Un sistema particolarmente semplice ed efficace di sblocco è realizzabile collegando una pala di un'elica con una pala dell'altra mediante un anello di filo di refe impegnato in piccole tacche praticate nel bordo di entrata delle pale in prossimità del raggio massimo. Alla partenza il filo viene bruciato. La soluzione appare abbastanza valida nel caso di eliche propulsive. Soluzioni diverse dovrebbero essere studiate per altre configurazioni.

-1.3-Atterraggio

La velocità di atterraggio attesa è molto elevata, e non molto minore della massima. Nasce quindi il problema di assorbire la notevole energia cinetica finale senza danneggiare il modello. E' questo l'inconveniente principale della tipologia di modello in esame. Per fortuna l'angolo di impatto con il suolo è generalmente piuttosto basso (es: 10; 15 gradi), e si può quindi sperare di ottenere atterraggi accettabili evitando ogni tipo di sporgenza nella parte anteriore della fusoliera. E' quindi opportuno adottare una configurazione con eliche propulsive di diametro sufficientemente limitato, allo scopo di garantire una facile protezione mediante gli impennaggi.

-1.4-Scelta della configurazione del modello

Come risultato delle considerazioni esposte, è stata adottata la configurazione riportata indicativamente in Fig.2. In particolare:

- La fusoliera è realizzata con l'accoppiamento di due tubi portamatassa sovrapposti.

- Anteriormente sono previsti il naso collassabile contenente la zavorra (se necessaria), il gruppo di compensazione (Fig.1A) ed i carrello monogamba retrattile. Quest'ultimo assume le due posizioni aperto/chiuso grazie ad una molla con leva a ginocchiera.

- Posteriormente si nota la scatola ingranaggi, l'ala e le due derive che proteggono le eliche controrotanti. Le frecce notevoli hanno lo scopo di arretrare il più possibile la velatura rispetto al baricentro.

- La rampa di lancio, indicata con doppia linea nella vista frontale, porta le piste di scorrimento dei tre appoggi, parallele all'asse del modello: due alle estremità alari ed una al carrello anteriore. Le piste sono configurate in modo da abbandonare contemporaneamente i tre punti di appoggio del modello. Un risalto nella pista centrale provvede alla chiusura del carrello anteriore a decollo ultimato.

Le dimensioni sono all'incirca quelle di un modello del tipo utilizzato come esempio di applicazione del programma di calcolo delle prestazioni:

Apertura alare	mm	500
Lunghezza	mm	900 - 1100
Diametro eliche	mm	200
Peso modello	gr	200
Peso matassa	gr	80
Peso totale	gr	280

-2-VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI

Il calcolo delle prestazioni del modello è stato eseguito in prima approssimazione adottando alcune ipotesi semplificative che potranno essere rimosse in futuro in caso di particolare interesse per l'argomento.

-2.1-Equazioni del moto

L'adozione dell'ipotesi di traiettoria balistica con i vettori di trazione e di resistenza aerodinamica paralleli alla traiettoria, semplifica notevolmente le equazioni del moto che si riducono ad una equazione vettoriale che descrive il moto del baricentro nel piano verticale, e ad una equazione scalare che descrive la legge del moto dell'elica:

-Equazione vettoriale-

Posto:

T = Vettore forza di trazione

R = Vettore resistenza aerodinamica

g = Vettore accelerazione di gravità (>0 verso il basso)

a = Vettore accelerazione del baricentro

m = Massa del modello

$$\mathbf{T} - \mathbf{R} - m\mathbf{g} = m\mathbf{a}$$

-Equazione scalare-

Posto:

M_m = Momento motore applicato ad un'elica

M_r = Momento resistente di un'elica

J_e = Momento di inerzia di un'elica

a_{2p} = accelerazione angolare di un'elica

$$M_m - M_r = J_e a_{2p}$$

Questa equazione è valida per entrambe le eliche che sono supposte di eguale comportamento.

La prima equazione proiettata sugli assi orizzontale e verticale dà luogo insieme alla seconda ad un sistema di tre equazioni differenziali del secondo ordine a coefficienti variabili, nelle grandezze:

-Ascissa del baricentro

-Ordinata del baricentro

-Angolo di rotazione delle eliche

Per l'integrazione numerica del sistema è necessario conoscere i coefficienti variabili ed in particolare le espressioni del momento motore in funzione dei giri di scarica, e del momento resistente e della trazione dell'elica, funzioni della velocità angolare e della velocità di volo.

-2.2-Momento motore

Viene calcolato secondo la teoria illustrata nella relazione "Analisi Teorica del Comportamento di una Matassa Elastica" del Terzo Convegno di Tecnica Aeromodellistica del 1997. Nella Fig.3 è riportato un andamento tipico del momento motore in funzione dei giri di scarica.

-2.3-Eliche

Il comportamento delle eliche viene studiato in via di approssimazione ritenendo trascurabile la mutua induzione aerodinamica e riducendo quindi le due eliche ad una sola con un numero doppio di pale.

Questa approssimazione è abbastanza valida specie nel nostro caso, in cui è garantita l'uguaglianza dei momenti applicati alle eliche.

Naturalmente il momento motore applicato all'elica unica è il doppio di quello relativo ad una singola elica.

Ciò premesso, il comportamento in 'off design' dell'elica equivalente è studiato sulla base della teoria illustrata nella seconda parte della relazione "Calcolo dell'Elica di un Aeromodello ad Elastico" del Convegno di Volo Libero del 1994. In questo caso tuttavia è stato necessario rielaborare le formule di base riportate alla pagina 25, allo scopo di estendere la loro applicabilità al caso di velocità nulla del modello (elica funzionante a punto fisso). Inoltre è stata migliorata l'approssimazione di calcolo in sovraccarico introducendo l'effetto della contrazione di scia secondo Theodorsen.

Nelle Figg.4, 5 sono riportati i risultati di calcolo relativi a due eliche aventi lo stesso profilo e rapporti molto diversi fra passo e diametro. In funzione del rapporto fra velocità di volo e velocità periferica dell'elica (coefficiente di avanzamento), sono diagrammati i coefficienti per il calcolo del momento e della spinta, ed il rendimento.

Si osserva la notevole differenza di comportamento a punto fisso ed a bassi valori del coefficiente di avanzamento. L'elica di forte passo è notevolmente penalizzata al decollo e nella prima fase di accelerazione, ma presenta un rendimento massimo superiore, oltre ad una velocità angolare inferiore, a pari diametro, potenza e velocità di volo.

Escludendo per ovvie ragioni l'uso del passo variabile in volo, la scelta di compromesso del rapporto passo/diametro dà luogo in genere a velocità angolari molto elevate, specie se si adottano piccoli diametri, consigliabili per ragioni di layout e per non ridurre eccessivamente il numero di Reynolds di funzionamento delle pale.

-2.4-Descrizione del programma di calcolo delle prestazioni

Con riferimento al caso riportato nelle Figg.6, vengono illustrati i dati di Input ed Output, limitando per semplicità la descrizione alle voci di non evidente interpretazione.

-2.4.1-INPUT (Fig.6.1)

I dati di Input sono introdotti per default per quanto riguarda valori comuni a tutti i modelli, e mediante quattro files specifici relativi a:

- Caratteristiche elastiche della gomma
- Geometria dell'elica equivalente
- Caratteristiche aerodinamiche del profilo delle pale
- Dati del modello, della matassa, e operativi

I dati di Input numerati sono modificabili da tastiera.

Input MATASSA:

Si rimanda alle relazioni del Terzo Convegno di Tecnica Aeromodellistica che si occupano dell'argomento.

Input ELICA:

Nome dell'elica

Nome del profilo

Momento di inerzia dell'elica: contribuisce alla definizione della legge di accelerazione angolare dell'elica

Tabella Csi, Corda, fi: definizione della geometria dell'elica su 9 stazioni:

-Csi = raggio adimensionale

-Corda = corda al raggio Csi

-fi = angolo di inclinazione della pala al raggio Csi. Rispetto a questo angolo l'incidenza del profilo, definita secondo la simbologia NACA, è nulla.

-1-; -2-; -3-; -4-Moltiplicatori: consentono di cambiare i dati geometrici ed inerziali introdotti mediante file. I primi 3 moltiplicatori modificano direttamente in similitudine il momento di inerzia dell'elica. A questi effetti si sovrappone quello del moltiplicatore -4- che interpreta quindi una variazione di densità della pala.

Input MODELLO:

Oltre al nome del modello vengono indicati i nomi dei files originali della matassa, dell'elica e del profilo delle pale. Questi files possono essere cambiati da tastiera.

-2-Sezione frontale equivalente: moltiplicata per la pressione dinamica di arresto, definisce la resistenza aerodinamica del modello.

-3-Coefficiente di interferenza flusso elica: tiene conto dell'aumento di resistenza aerodinamica dovuto al fatto che una parte del modello è immersa in una corrente con velocità maggiore di quella di volo. Si ha $inbe = 1$ nel caso peggiore di elica trattiva e sezione frontale completamente coperta dal disco dell'elica. Si ha $inbe = 0$ nel caso limite di elica propulsiva posta all'infinito a valle del modello.

-4-Momento di inerzia aggiuntivo elica: tiene conto di effetti inerziali di masse rotanti con l'elica quali mozzi, ingranaggi, matasse etc.

-5-Lunghezza di decollo: lunghezza comune delle piste dei tre punti di appoggio del modello.

-6-Inclinazione al decollo: inclinazione delle piste, e quindi del modello al decollo.

-8-Distanza minima di sicurezza: valore minimo della distanza del punto di atterraggio dalla linea di uscita dalla base, da rispettare nel corso dell'ottimizzazione della posizione del punto di decollo rispetto all'entrata in base.

-9-; -10-Valori operativi di default, generalmete adeguati.

-11-Numero di divisioni lunghezza base: serve all'ottimizzazione della posizione del punto di decollo rispetto all'entrata in base. Valore di default generalmente adeguato.

-2.4.2-OUTPUT (Fig.6.2)

-Spinta netta massima: è il valore massimo della differenza fra la spinta dell'elica e la resistenza aerodinamica del modello, valutata tenendo conto dell'interferenza di scia.

-Ottimizzazione entrata in base: viene eseguita ricercando il posizionamento della base rispetto alla traiettoria calcolata, che dà luogo al tempo minimo di percorrenza della base stessa, naturalmente nel rispetto della distanza minima di sicurezza imposta. Si ottiene in tal modo la distanza ottimizzata di inizio decollo. La distanza effettiva di sicurezza sarà maggiore o uguale alla minima richiesta (maggiore nell'esempio riportato).

Ripetendo il calcolo per diversi valori dell'angolo di inclinazione al decollo, si perviene all'ottimizzazione complessiva delle condizioni di lancio del modello.

-2.4.3-Ulteriori informazioni ricavabili dal programma di calcolo

Allo scopo di chiarire ulteriormente la dinamica delle diverse fasi del volo, riportiamo le informazioni fornite sul monitor nel corso dell'elaborazione, e non stampate.

Fig.7: rappresenta le caratteristiche aerodinamiche del profilo delle pale dell'elica. E10 è la massima efficienza.

Fig.8: rappresenta il diagramma relativo all'elica considerata nello esempio trattato, caratterizzata da un rapporto passo/diametro intermedio fra quelli delle Figg.4, 5. Il diagramma dei momenti motori è quello della Fig.3

Fig.9: sono riportati per intervalli di 0.01 secondi, i risultati più interessanti dell'integrazione della traiettoria. I simboli delle colonne hanno i significati seguenti:

-t (s): tempo di percorrenza misurato a partire dall'inizio della fase di decollo.

-tetap (radianti/s): velocità angolare dell'elica.

-nn (giri): numero di giri fatti dall'elica. Coincidono con i giri di scarica finchè si ha un momento motore > 0. All'azzerarsi del momento motore l'elica va in ruota libera.

-Mm (Nm): momento motore.

-S (N): spinta netta.

-x2p (m/s²): componente orizzontale dell'accelerazione del baricentro.

-y2p (m/s²): componente verticale dell'accelerazione del baricentro.

-xp (m/s): componente orizzontale della velocità del baricentro.

-yp (m/s): componente verticale della velocità di baricentro.

-x (m): ascissa del baricentro (percorrenza).

-y (m): ordinata del baricentro (quota).

-beta (gradi): angolo di inclinazione della traiettoria rispetto allo orizzonte.

Viene segnalata la fine della fase di decollo.

L'integrazione si arresta all'impatto con il suolo.

Si fanno le seguenti osservazioni:

-La fase di decollo (Fig.9.1) ha una durata di poco più di 0.07 s, durante la quale si raggiungono i valori massimi della velocità angolare dell'elica, della spinta, e delle accelerazioni. Il valore particolarmente elevato della velocità dell'elica è riducibile in una certa misura aumentando il diametro e/o il passo.

-Successivamente si nota un calo progressivo dei valori suddetti ed un aumento delle velocità di volo, che raggiungono i rispettivi massimi dopo circa 0.35 s per la componente verticale (Fig.9.1), e 1.51 s per la componente orizzontale (Fig.9.3).

-La massima velocità orizzontale si verifica in prossimità della fine della scarica: la spinta netta si inverte all'incirca al raggiungimento della velocità massima, e successivamente si annulla il momento motore.

A partire da questo istante l'elica va in ruota libera e diminuisce progressivamente la sua velocità al diminuire della velocità di volo.

-3-CONCLUSIONI

Riteniamo che i dati di Input introdotti nell'esempio siano plausibili, abbastanza rappresentativi delle possibilità tecnologiche medie attuali, ma molto conservativi.

I risultati di calcolo, notevolmente migliorabili, indicano che la soluzione esaminata di traiettoria balistica fornisce eccellenti possibilità velocistiche e di controllo della traiettoria dal decollo fino all'uscita dalla base di misura.

Tuttavia l'elevata velocità di atterraggio costituisce un grosso problema, probabilmente risolvibile solo accettando qualche penalizzazione di resistenza ed adottando due diversi assetti di volo, realizzabili solo con un modello di configurazione più tradizionale. In questo caso la traiettoria balistica fino alla uscita dalla base dovrebbe essere assicurata adottando centraggi molto avanzati, profili simmetrici, diedro longitudinale nullo e resistenze parassite simmetriche rispetto all'asse di trazione. All'uscita dalla base la configurazione aerodinamica del modello verrebbe ottimizzata per la planata agendo mediante autoscatto sul piano di quota ed eventualmente sui flaps dell'ala. L'energia cinetica accumulata verrebbe smaltita con un notevole guadagno di quota, dell'ordine di 50-60 metri nell'esempio considerato. La planata successiva dovrebbe comportare velocità di atterraggio più che accettabili, ad esempio dell'ordine di 15 m/s.

Nelle Figg. 10, 11 sono riportate due interpretazioni di questi concetti, dovute ad Argentini. La prima configura un modello con distribuzione tradizionale delle superfici aerodinamiche. La seconda propone una soluzione "canard", più veloce in planata ma certamente più stabile nella transizione fra le due fasi di volo.

In ogni caso, ed indipendentemente da qualunque scelta, permane il problema delle alte velocità di rotazione richieste per un buon funzionamento delle eliche, che da una parte obbligano a soluzioni meccaniche raffinate, e dall'altra richiedono l'approfondimento del comportamento reale delle matasse elastiche con scariche ultrarapide.

Per quanto riguarda le approssimazioni di calcolo introdotte, riteniamo che non tocchino la sostanza dei risultati ottenuti. Ulteriori approfondimenti sui problemi ancora aperti potranno essere affrontati solo se l'argomento desterà in futuro sufficiente interesse.

Concludiamo segnalando che a nostro avviso l'attuale lunghezza regolamentare della base di misura della velocità è insufficiente, sia in relazione alle possibilità di sviluppo dei modelli attuali, sia per la difficoltà di eseguire buoni cronometraggi su tempi dell'ordine di un secondo. E' nostra opinione che un aumento sostanziale della lunghezza della base potrebbe rendere la competizione più valida ed interessante.

Filippo Sanna

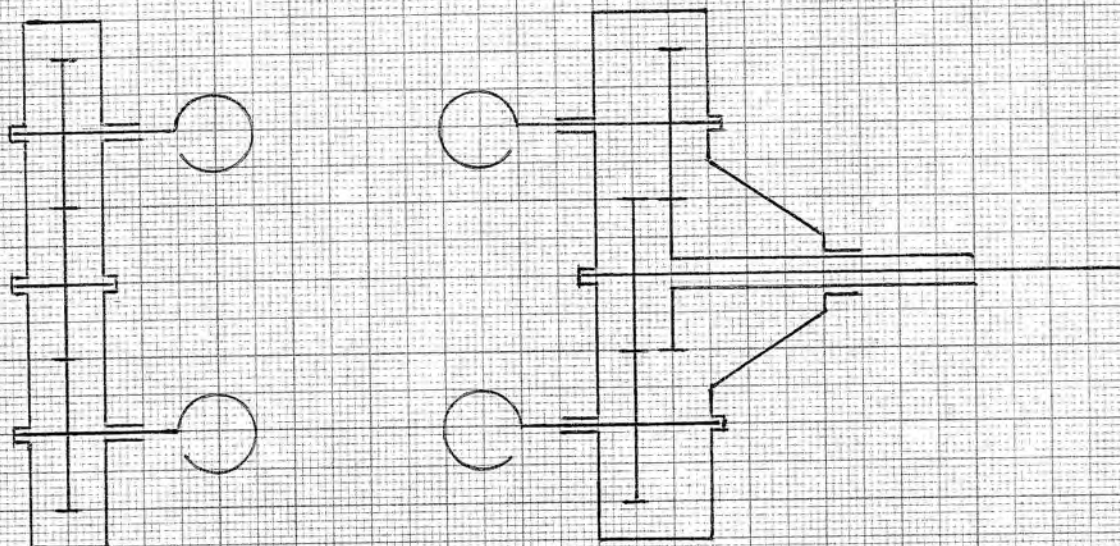


Fig. 1A

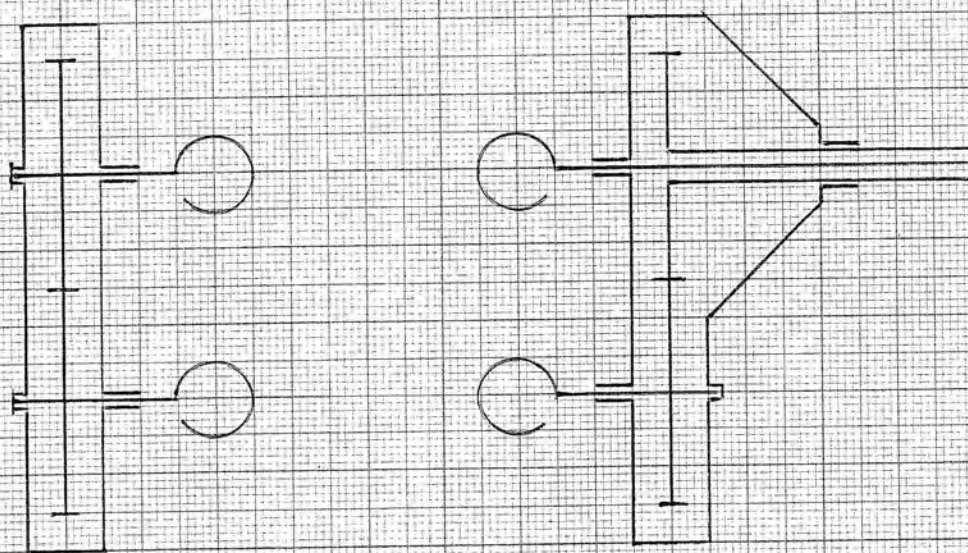


Fig. 1B

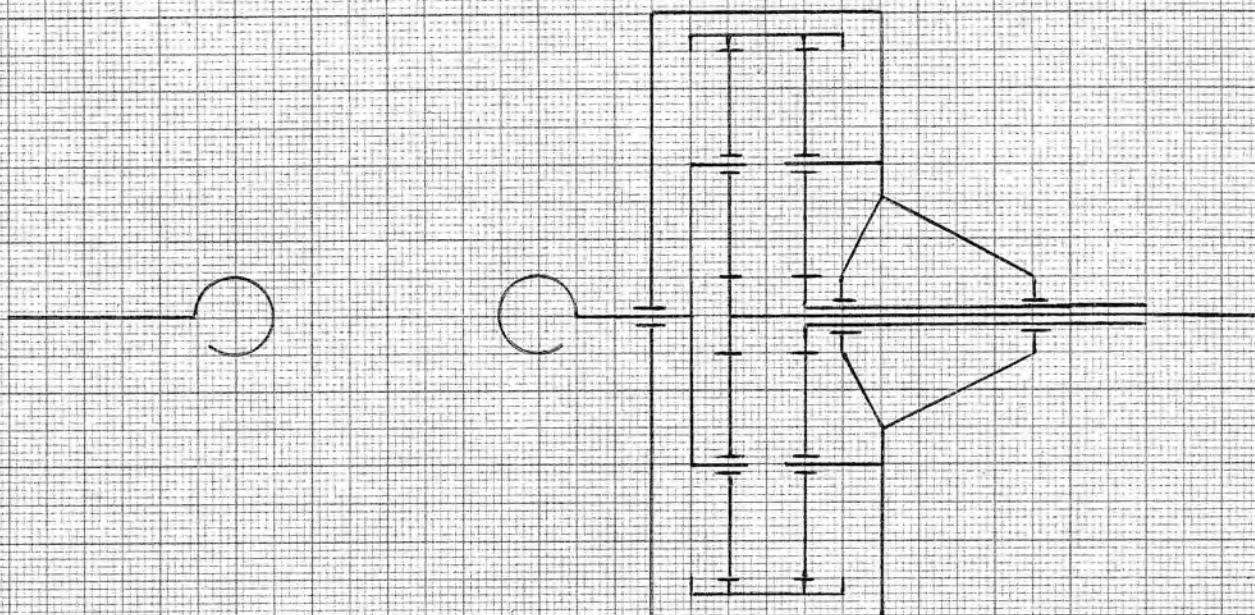


Fig. 1C

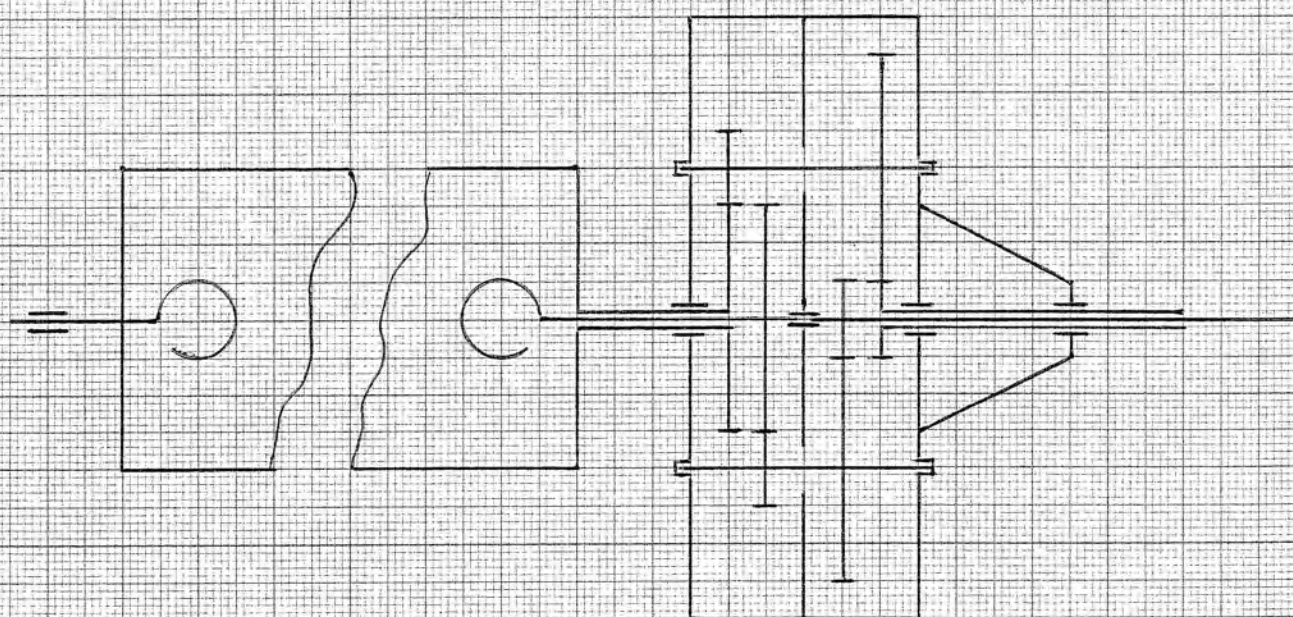


Fig. 1D

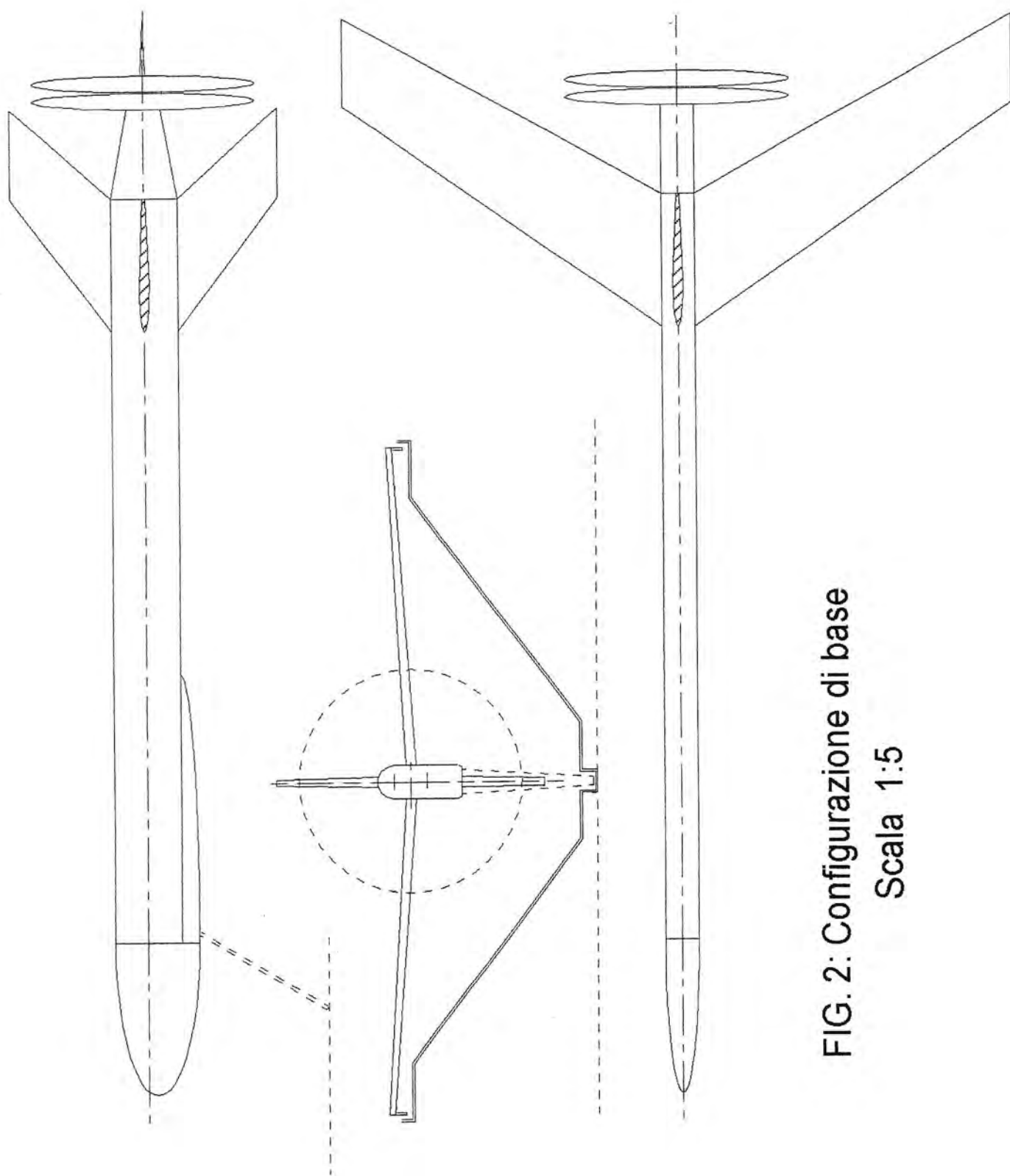


FIG. 2: Configurazione di base
Scala 1:5

M3 Giri utili = 357.8944 Momento motore medio = 3869.21

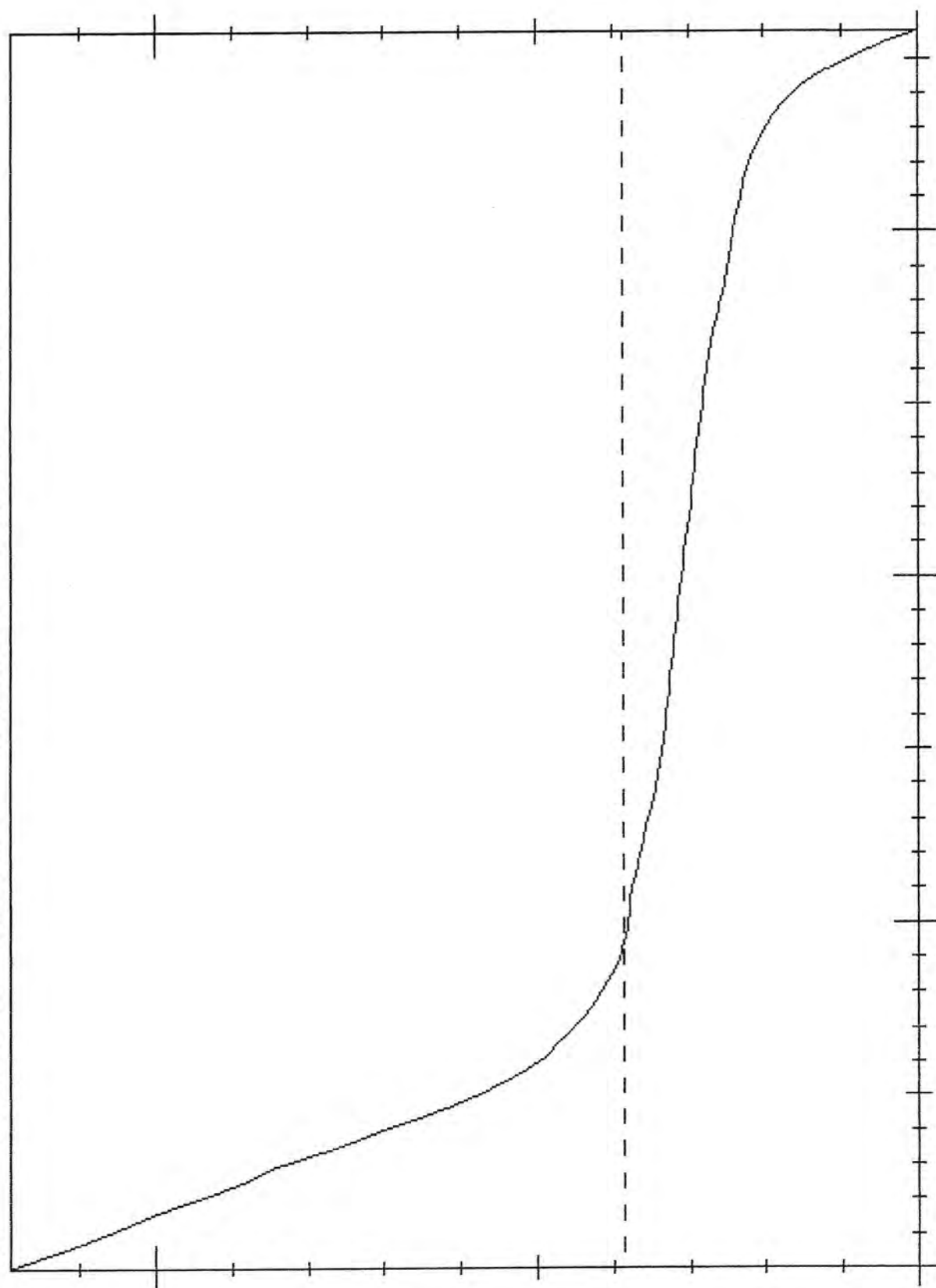
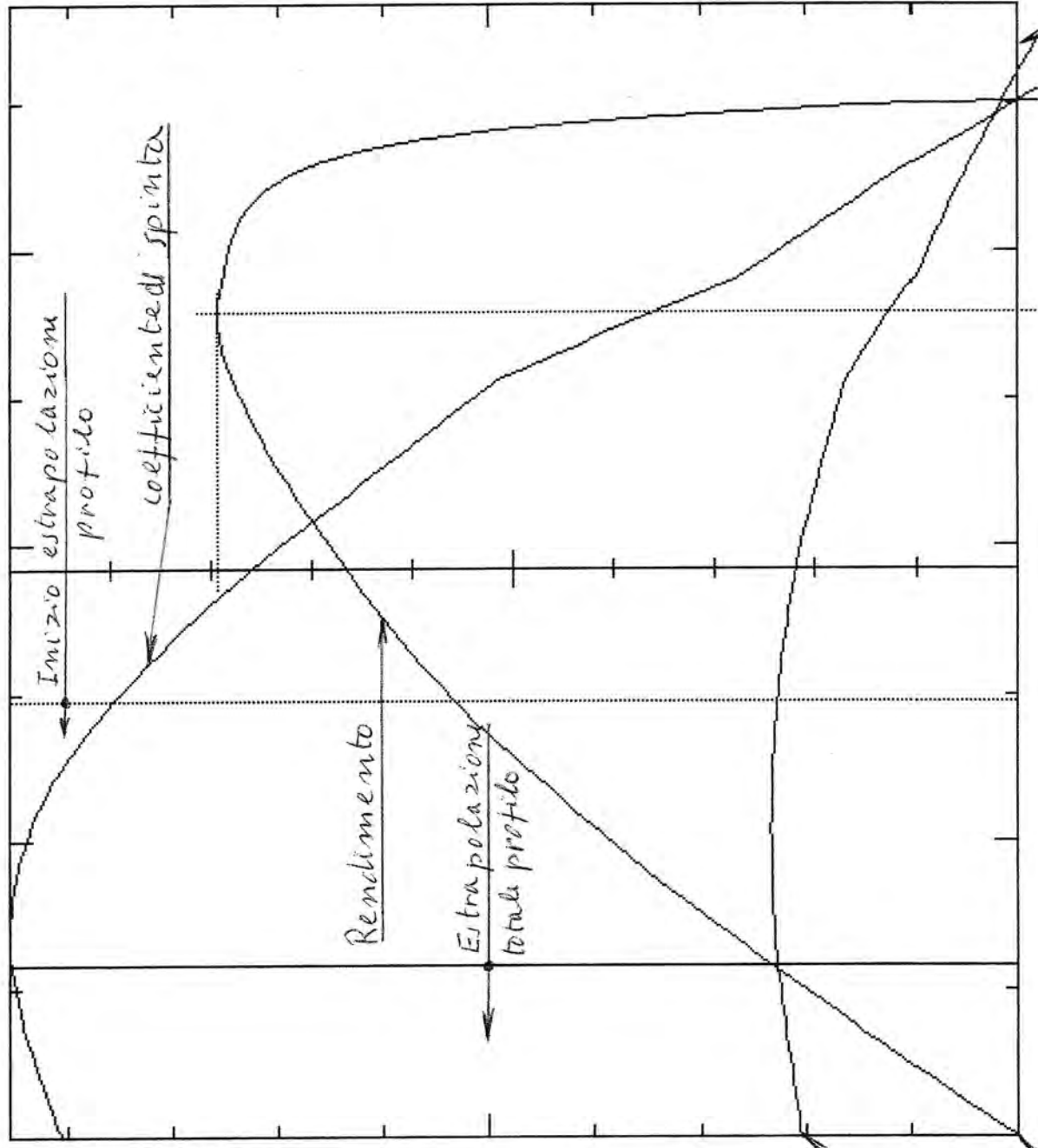


Fig. 3

ELV3
 PRO67
 N° pale 4
 Diametro 160
 100cmx 12.25
 p/D 1.039
 etamx 0.794
 alfax 0.279



Funzionamento
a modello

Fig. 4

Coefficiente
di momento

Funzionamento
a punto fisso

ELU1
 PRO67
 N° pale 4
 Diametro 240
 100cmx 7.29
 p/D 2.136
 etamx 0.878
 alfax 0.603

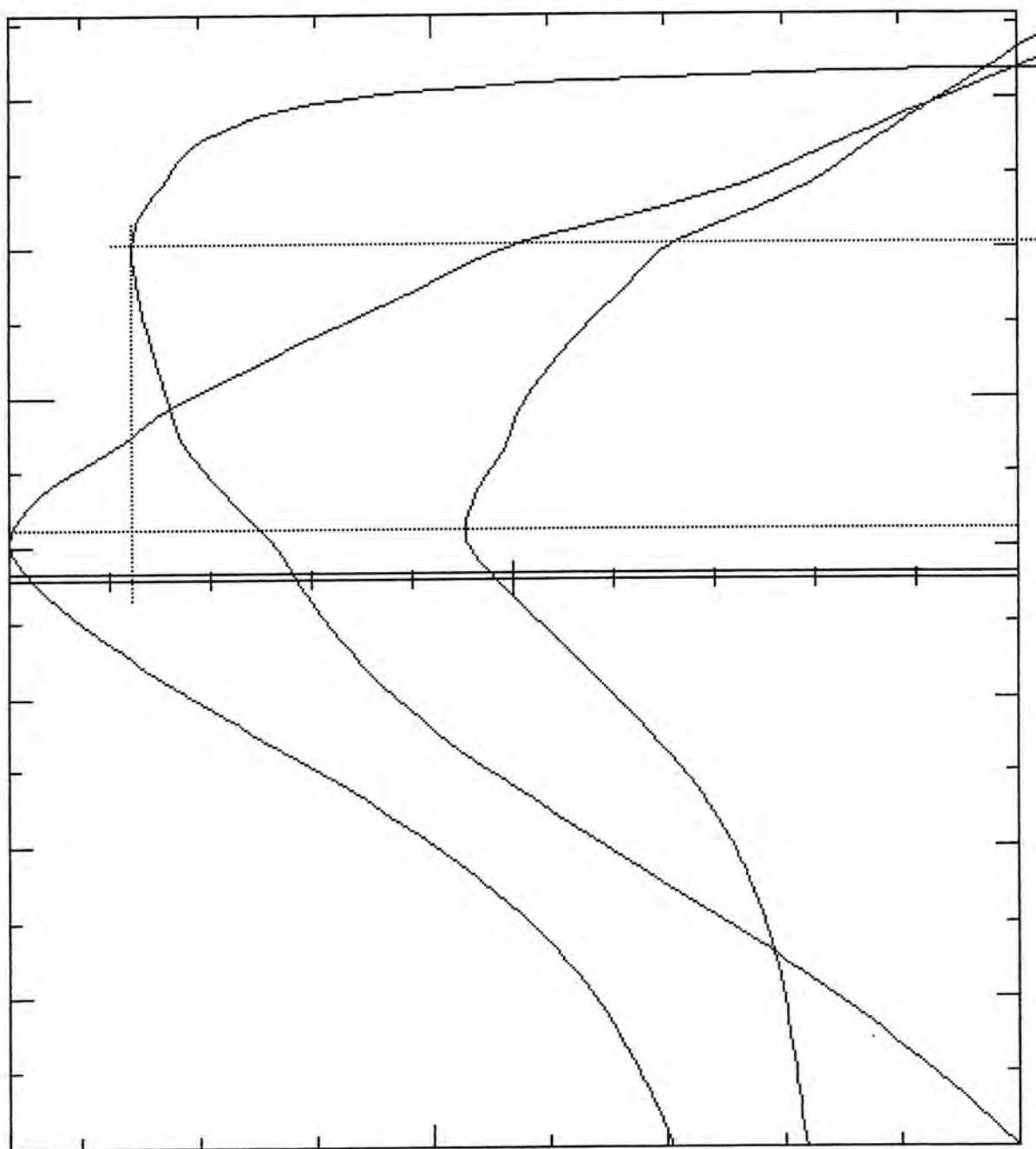


Fig. 5

Esempio Convegno 2000

INPUT MATASSA:

M3: Ricavato direttamente da MATA2 H=1606

Giri adimensionali residui		n0 = .2841062
Allungamento a rottura		Lam1 = 9.805
Giri adimensionali a rottura		nr = 14.49348
Sollecitazione a rottura (ro=1) (gr/cm^2)	sigmar	= 75375.58
Energia specifica a rottura	(m) hs	= 1606.332
-1- Peso Matassa	(gr) Peso	= 80
-2- Lunghezza Matassa	(cm) L0	= 39
-3- Rapporto Giri/Giri di Rottura	Etag	= .95
-4- Rendimento di Scarica	Etas	= .8
-5- Densità relativa Matassa	ro	= .95
Giri massimi	giril	= 365.4348
Giri utili	giriu	= 357.8944
Allungamento max./All. rottura	RLam	= .9633685
Sigma max./sigmar	Rsig	= .8362581
Energia max./en(100)	Ren	= .6770675
Energia di scarica	(gr*cm) Es	= 8700759
Altezza corrispondente	(m) hs	= 1087.595
Momento motore medio (rif. giriu) (gr*cm)	Mme	= 3869.21

INPUT ELICA:

ELV4: Elica sperimentale 4 200 9.95 1.12 PRO67 8/99

Profilo:PRO67: CUKOFI (E601490) XF 6.4 Ncr=9 p=120 Re 60000 8/99

Numero di Pale pa = 4

Raggio (cm) Ra = 10

Momento di inerzia (gr*cm^2) Je = 79.2

Csi	Corda (cm)	fi (gradi)
0.15	1.010	67.600
0.25	1.710	54.800
0.35	1.990	45.200
0.45	1.990	38.100
0.55	1.870	32.700
0.65	1.690	28.700
0.75	1.470	25.500
0.85	1.180	23.000
0.95	0.710	21.000

-1- Moltiplicatore numero pale	mop = 1
-2- Moltiplicatore Raggio	mor = 1
-3- Moltiplicatore corde	moc = 1
-4- Moltiplicatore momento d'inerzia	moj = 1
-5- Variazione di passo	(gradi) dfi = 0

INPUT MODELLO:

MODV4: Prova Programma 14/8/99

M3 ELV4 PRO67

-1- Massa (esclusa matassa)	(gr) mbo	= 200
-2- Sezione frontale equivalente	(cm^2) sbo	= 20
-3- Coeff. di interferenza flusso elica (0<inbe<=1)	inbe	= .25
-4- Momento di inerzia aggiuntivo elica	(gr*cm^2) dJe	= 50
Dati operativi:		
-5- Lunghezza di decollo	(cm) Lde	= 25
-6- Inclinazione al decollo (<=80°)	(gradi) ide	= 21.5
-7- Lunghezza base	(m) Lba	= 50
-8- Distanza minima di sicurezza	(m) dsi	= 10
-9- Step di integrazione	(ms) dt	= .1
-10- Numero steps/riga monitor	stpm	= 100
-11- Numero divisioni lunghezza base (<=250)	div	= 250

OUTPUT:

Risultati integrazione:

Accelerazione massima	(m/s^2)	amx = 146.5021
Velocità massima	(m/s)	umx = 50.30378
	(km/h)	umx = 181.0936
Distanza percorsa	(m)	xmx = 96.30581
Quota massima	(m)	ymx = 5.605206
Tempo di percorrenza	(s)	tmx = 2.442165
Velocità media	(m/s)	vm = 39.4346
	(km/h)	vm = 141.9646
Velocità di atterraggio	(m/s)	va = 41.49334
	(km/h)	va = 149.376
Angolo di atterraggio	(gradi)	bea = -13.41446
Energia cinetica di atterraggio	(J)	eat = 241.0376
Spinta netta massima	(N)	Smx = 42.02687
Velocità angolare massima	(giri/l')	nx = 20289.6
Ottimizzazione entrata in base:		
Distanza di inizio decollo	(m)	dd = 29
Distanza effettiva di sicurezza	(m)	des = 17.30581
Tempo di percorrenza base	(s)	tb = 1.048093
Velocità media in base	(m/s)	vb = 47.70568
	(km/h)	vb = 171.7404

Fig. 6.2

PR067: CUK0FI (E601490) XF 6.4 Ncr=9 p=120 Re 60000 8/99
 E65mx=39.163 E10mx=35.020 E15mx=32.833

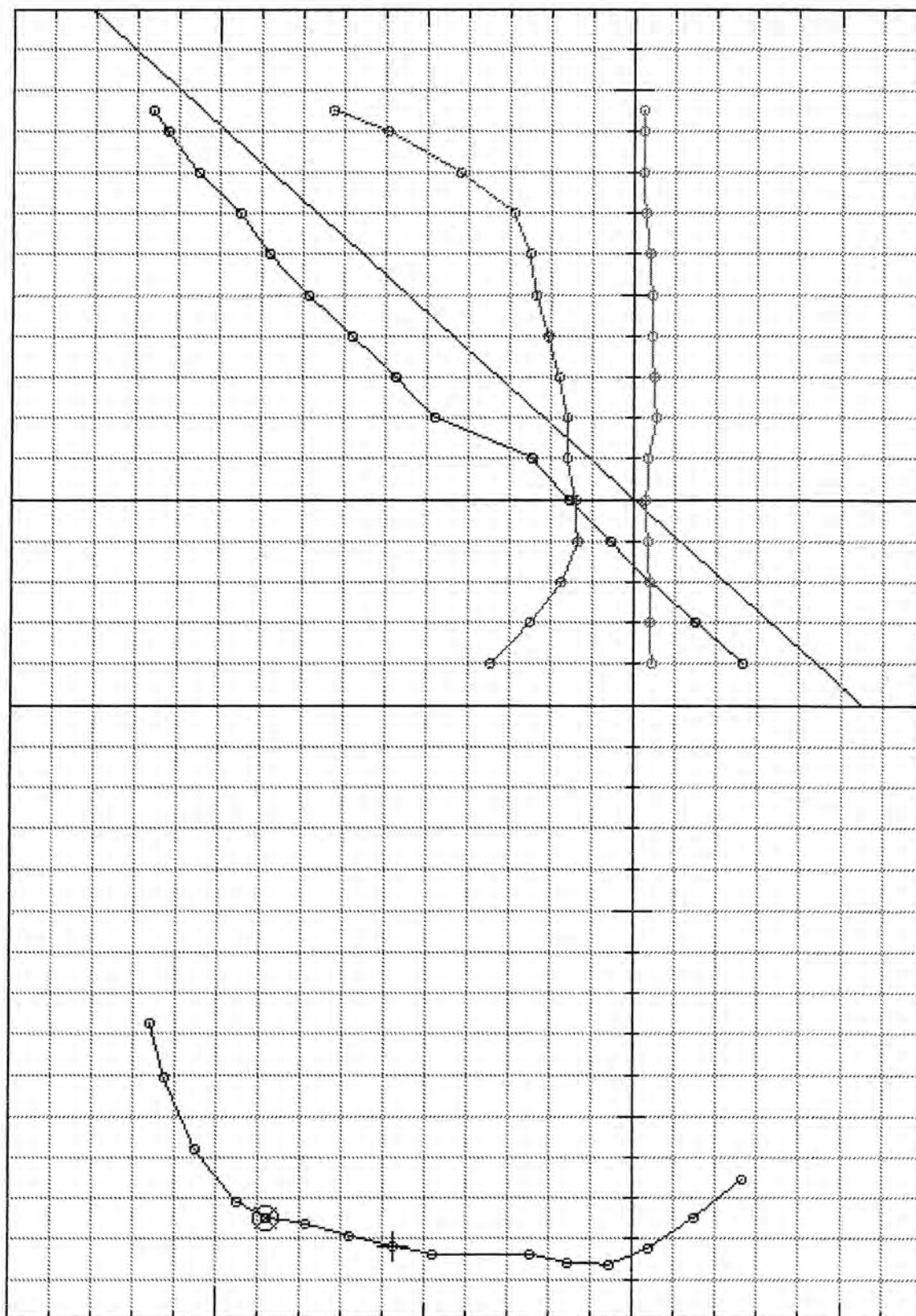


Fig. 7

EL04
 PRO67
 N° pale 4
 Diametro 200
 100cmx 9.95
 p/D 1.124
 etamx 0.818
 alfax 0.305

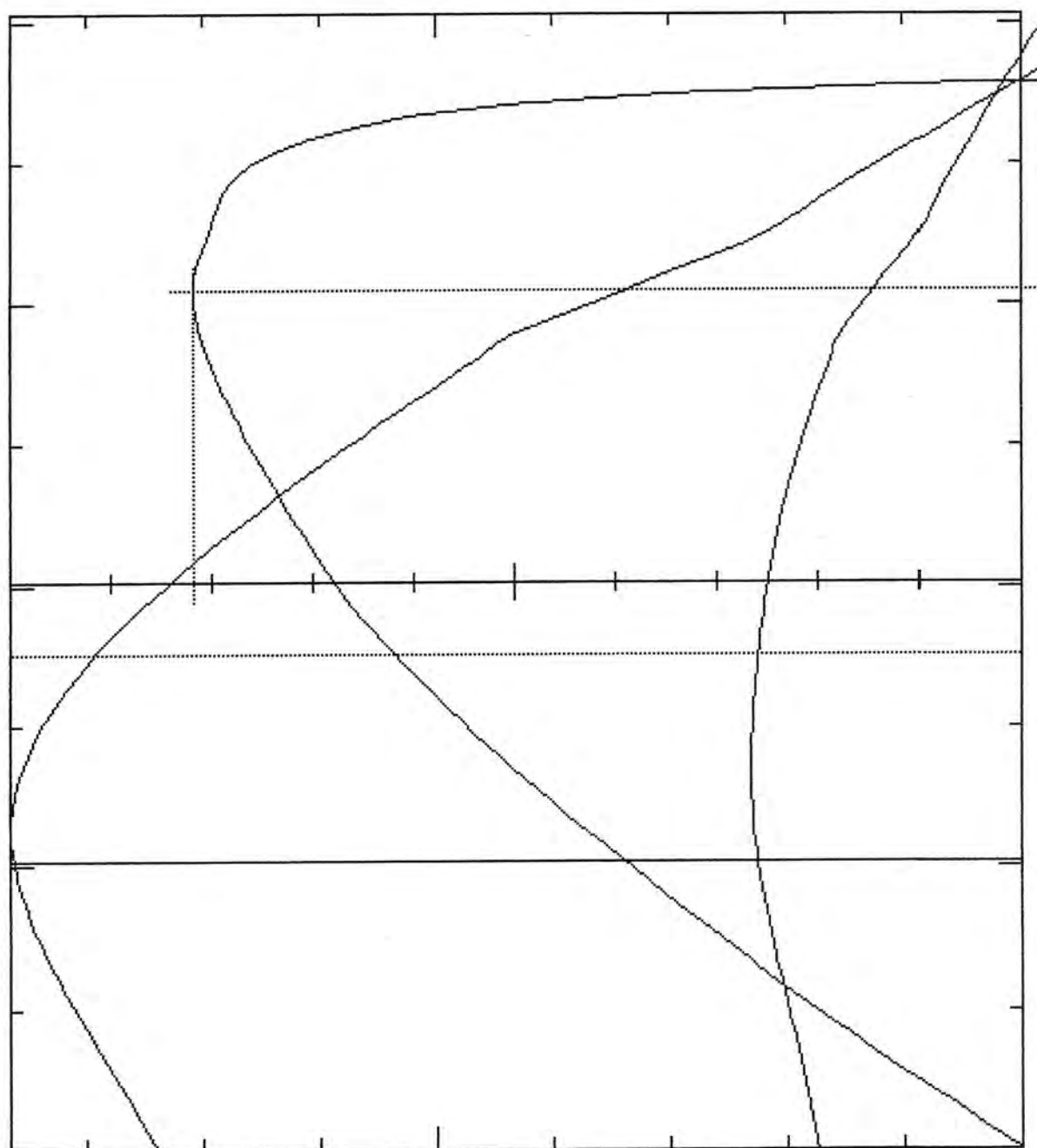


Fig. 8

t	tetap	nn	Mm	S	x2p	y2p	xp	yp	x	y	beta
(s)	(r/s)	(giri)	(N*cm)	(N)	(m/s ²)	(m/s ²)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(gradi)
0.000	0	0	116.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	21.5
0.010	860	1	115.9	6.6	18.6	7.3	0.1	0.0	0.00	0.00	21.5
0.020	1507	3	113.5	20.4	64.4	25.4	0.5	0.2	0.00	0.00	21.5
0.030	1886	5	110.1	32.2	103.6	40.8	1.3	0.5	0.01	0.00	21.5
0.040	2064	9	106.1	38.9	126.0	49.6	2.5	1.0	0.03	0.01	21.5
0.050	2121	12	102.1	41.6	134.8	53.1	3.8	1.5	0.06	0.02	21.5
0.060	2118	15	98.6	42.0	136.2	53.6	5.1	2.0	0.11	0.04	21.5
0.070	2085	19	94.6	41.2	133.6	52.6	6.5	2.6	0.16	0.06	21.5
***** Fine decollo *****											
0.080	2034	22	90.3	39.7	132.1	42.2	7.8	3.1	0.23	0.09	21.5
0.090	1976	25	86.7	38.0	126.8	38.6	9.1	3.5	0.32	0.13	20.9
0.100	1917	28	83.5	36.2	121.3	35.3	10.3	3.8	0.42	0.16	20.4
0.110	1857	31	79.5	34.4	115.6	32.1	11.5	4.2	0.53	0.20	19.9
0.120	1795	34	75.6	32.5	109.4	29.0	12.7	4.5	0.65	0.25	19.5
0.130	1734	37	72.1	30.6	103.2	26.0	13.7	4.8	0.78	0.29	19.2
0.140	1679	40	69.1	28.9	97.6	23.4	14.7	5.0	0.92	0.34	18.8
0.150	1626	42	65.6	27.2	92.0	20.9	15.7	5.2	1.07	0.39	18.5
0.160	1575	45	62.2	25.5	86.5	18.6	16.6	5.4	1.23	0.45	18.2
0.170	1526	47	59.2	23.8	81.0	16.3	17.4	5.6	1.40	0.50	17.9
0.180	1484	50	56.8	22.4	76.2	14.3	18.2	5.8	1.58	0.56	17.6
0.190	1448	52	54.9	21.1	71.9	12.6	18.9	5.9	1.77	0.62	17.3
0.200	1419	54	53.0	20.0	68.2	11.1	19.6	6.0	1.96	0.68	17.0
0.210	1394	56	51.2	19.0	64.8	9.7	20.3	6.1	2.16	0.74	16.8
0.220	1371	59	49.6	18.0	61.7	8.5	20.9	6.2	2.37	0.80	16.5
0.230	1352	61	48.2	17.2	58.9	7.4	21.5	6.3	2.58	0.86	16.3
0.240	1336	63	47.3	16.5	56.5	6.4	22.1	6.4	2.80	0.92	16.0
0.250	1324	65	46.4	15.9	54.5	5.6	22.7	6.4	3.02	0.99	15.8
0.260	1314	67	45.6	15.3	52.7	4.9	23.2	6.5	3.25	1.05	15.6
0.270	1306	69	44.7	14.8	51.0	4.2	23.7	6.5	3.48	1.12	15.4
0.280	1297	71	43.8	14.3	49.3	3.5	24.2	6.6	3.72	1.18	15.1
0.290	1290	73	43.0	13.8	47.7	2.9	24.7	6.6	3.97	1.25	14.9
0.300	1283	75	42.2	13.4	46.2	2.3	25.2	6.6	4.22	1.31	14.7
0.310	1277	77	41.6	13.0	44.8	1.8	25.6	6.6	4.47	1.38	14.5
0.320	1272	80	41.0	12.6	43.6	1.3	26.1	6.6	4.73	1.45	14.3
0.330	1268	82	40.4	12.2	42.4	0.8	26.5	6.7	4.99	1.51	14.1
0.340	1264	84	39.8	11.9	41.2	0.4	26.9	6.7	5.26	1.58	13.9
0.350	1261	86	39.3	11.6	40.1	-0.0	27.3	6.7	5.53	1.65	13.7
0.360	1258	88	38.9	11.3	39.1	-0.4	27.7	6.7	5.81	1.71	13.5
0.370	1257	90	38.5	11.0	38.3	-0.7	28.1	6.7	6.09	1.78	13.3
0.380	1257	92	38.3	10.8	37.5	-1.0	28.5	6.6	6.37	1.85	13.1
0.390	1258	94	38.1	10.6	36.9	-1.3	28.9	6.6	6.66	1.91	13.0
0.400	1259	96	37.9	10.4	36.4	-1.6	29.2	6.6	6.95	1.98	12.8
0.410	1261	98	37.7	10.3	35.8	-1.8	29.6	6.6	7.24	2.04	12.6
0.420	1263	100	37.5	10.1	35.4	-2.0	29.9	6.6	7.54	2.11	12.4
0.430	1265	102	37.3	10.0	34.9	-2.2	30.3	6.6	7.84	2.18	12.2
0.440	1267	104	37.2	9.9	34.5	-2.4	30.6	6.5	8.14	2.24	12.1
0.450	1270	106	37.1	9.8	34.1	-2.6	31.0	6.5	8.45	2.31	11.9
0.460	1274	108	37.0	9.7	33.8	-2.8	31.3	6.5	8.76	2.37	11.7
0.470	1277	110	36.9	9.6	33.4	-3.0	31.7	6.5	9.08	2.44	11.5
0.480	1280	112	36.7	9.5	33.1	-3.2	32.0	6.4	9.40	2.50	11.4
0.490	1283	114	36.5	9.3	32.7	-3.3	32.3	6.4	9.72	2.56	11.2
0.500	1285	116	36.3	9.2	32.3	-3.5	32.6	6.4	10.04	2.63	11.0
0.510	1287	118	36.0	9.1	31.9	-3.7	33.0	6.3	10.37	2.69	10.9
0.520	1289	120	35.8	9.0	31.4	-3.9	33.3	6.3	10.70	2.75	10.7
0.530	1291	122	35.6	8.8	31.0	-4.0	33.6	6.2	11.04	2.82	10.5
0.540	1293	124	35.4	8.7	30.6	-4.2	33.9	6.2	11.37	2.88	10.4
0.550	1295	126	35.2	8.6	30.2	-4.4	34.2	6.2	11.71	2.94	10.2
0.560	1297	128	35.0	8.5	29.7	-4.5	34.5	6.1	12.06	3.00	10.1

Fig. 9.1

t (s)	tetap (r/s)	nn (giri)	Mm (N*cm)	S (N)	x2p (m/s ²)	y2p (m/s ²)	xp (m/s)	yp (m/s)	x (m)	y (m)	beta (gradi)
0.570	1299	130	34.7	8.3	29.3	-4.7	34.8	6.1	12.40	3.06	9.9
0.580	1301	132	34.5	8.2	28.9	-4.8	35.1	6.0	12.75	3.12	9.7
0.590	1302	134	34.3	8.1	28.4	-5.0	35.4	6.0	13.11	3.18	9.6
0.600	1304	136	34.1	7.9	28.0	-5.2	35.7	5.9	13.46	3.24	9.4
0.610	1306	138	33.9	7.8	27.6	-5.3	35.9	5.9	13.82	3.30	9.3
0.620	1308	141	33.7	7.7	27.3	-5.4	36.2	5.8	14.18	3.36	9.1
0.630	1310	143	33.6	7.6	26.9	-5.6	36.5	5.8	14.54	3.42	9.0
0.640	1313	145	33.4	7.5	26.5	-5.7	36.7	5.7	14.91	3.48	8.8
0.650	1315	147	33.2	7.4	26.2	-5.8	37.0	5.7	15.28	3.53	8.7
0.660	1317	149	33.0	7.3	25.8	-5.9	37.3	5.6	15.65	3.59	8.5
0.670	1320	151	32.9	7.2	25.4	-6.1	37.5	5.5	16.02	3.65	8.4
0.680	1324	153	32.7	7.1	25.0	-6.2	37.8	5.5	16.40	3.70	8.2
0.690	1328	155	32.6	7.0	24.7	-6.3	38.0	5.4	16.78	3.75	8.1
0.700	1332	157	32.5	6.9	24.5	-6.4	38.3	5.3	17.16	3.81	8.0
0.710	1337	159	32.4	6.8	24.2	-6.5	38.5	5.3	17.54	3.86	7.8
0.720	1341	162	32.3	6.8	24.0	-6.6	38.8	5.2	17.93	3.91	7.7
0.730	1345	164	32.2	6.7	23.8	-6.7	39.0	5.1	18.32	3.97	7.5
0.740	1350	166	32.1	6.7	23.6	-6.8	39.2	5.1	18.71	4.02	7.4
0.750	1354	168	32.0	6.6	23.3	-6.8	39.5	5.0	19.10	4.07	7.2
0.760	1359	170	31.9	6.5	23.1	-6.9	39.7	4.9	19.50	4.12	7.1
0.770	1363	172	31.8	6.5	22.9	-7.0	39.9	4.9	19.90	4.17	7.0
0.780	1367	175	31.7	6.4	22.7	-7.1	40.2	4.8	20.30	4.22	6.8
0.790	1371	177	31.6	6.3	22.5	-7.2	40.4	4.7	20.70	4.26	6.7
0.800	1375	179	31.5	6.3	22.2	-7.3	40.6	4.7	21.11	4.31	6.5
0.810	1380	181	31.4	6.2	22.0	-7.3	40.8	4.6	21.51	4.36	6.4
0.820	1384	183	31.3	6.1	21.8	-7.4	41.0	4.5	21.92	4.40	6.3
0.830	1388	186	31.2	6.1	21.6	-7.5	41.3	4.4	22.33	4.45	6.1
0.840	1392	188	31.1	6.0	21.4	-7.6	41.5	4.4	22.75	4.49	6.0
0.850	1396	190	31.0	5.9	21.1	-7.6	41.7	4.3	23.16	4.53	5.9
0.860	1399	192	30.8	5.9	20.9	-7.7	41.9	4.2	23.58	4.58	5.7
0.870	1403	194	30.7	5.8	20.7	-7.8	42.1	4.1	24.00	4.62	5.6
0.880	1407	197	30.6	5.7	20.4	-7.8	42.3	4.1	24.42	4.66	5.5
0.890	1411	199	30.5	5.7	20.2	-7.9	42.5	4.0	24.85	4.70	5.3
0.900	1414	201	30.3	5.6	19.9	-8.0	42.7	3.9	25.27	4.74	5.2
0.910	1418	203	30.2	5.5	19.7	-8.1	42.9	3.8	25.70	4.78	5.1
0.920	1421	206	30.1	5.5	19.5	-8.1	43.1	3.7	26.13	4.81	5.0
0.930	1425	208	30.0	5.4	19.2	-8.2	43.3	3.7	26.56	4.85	4.8
0.940	1428	210	29.8	5.3	19.0	-8.2	43.5	3.6	27.00	4.89	4.7
0.950	1432	212	29.7	5.3	18.8	-8.3	43.7	3.5	27.43	4.92	4.6
0.960	1435	215	29.6	5.2	18.6	-8.4	43.9	3.4	27.87	4.96	4.4
0.970	1439	217	29.5	5.1	18.3	-8.4	44.1	3.3	28.31	4.99	4.3
0.980	1442	219	29.3	5.1	18.1	-8.5	44.2	3.2	28.75	5.02	4.2
0.990	1445	222	29.2	5.0	17.9	-8.5	44.4	3.2	29.20	5.06	4.1
1.000	1449	224	29.1	5.0	17.7	-8.6	44.6	3.1	29.64	5.09	3.9
1.010	1452	226	29.0	4.9	17.4	-8.6	44.8	3.0	30.09	5.12	3.8
1.020	1455	229	28.8	4.8	17.2	-8.7	44.9	2.9	30.54	5.15	3.7
1.030	1458	231	28.7	4.8	17.0	-8.7	45.1	2.8	30.99	5.18	3.6
1.040	1461	233	28.6	4.7	16.8	-8.8	45.3	2.7	31.44	5.20	3.4
1.050	1464	236	28.5	4.6	16.6	-8.8	45.5	2.6	31.89	5.23	3.3
1.060	1467	238	28.3	4.6	16.3	-8.9	45.6	2.5	32.35	5.26	3.2
1.070	1470	240	28.2	4.5	16.1	-8.9	45.8	2.5	32.81	5.28	3.1
1.080	1473	243	28.1	4.5	15.9	-9.0	45.9	2.4	33.26	5.30	2.9
1.090	1476	245	27.9	4.4	15.7	-9.0	46.1	2.3	33.72	5.33	2.8
1.100	1479	247	27.8	4.3	15.5	-9.1	46.3	2.2	34.19	5.35	2.7
1.110	1482	250	27.7	4.3	15.3	-9.1	46.4	2.1	34.65	5.37	2.6
1.120	1485	252	27.6	4.2	15.0	-9.2	46.6	2.0	35.11	5.39	2.5
1.130	1487	254	27.4	4.2	14.8	-9.2	46.7	1.9	35.58	5.41	2.3
1.140	1490	257	27.3	4.1	14.6	-9.2	46.9	1.8	36.05	5.43	2.2

Fig. 9.2

t (s)	tetap (r/s)	nn (giri)	Mm (N*cm)	S (N)	x2p (m/s ²)	y2p	xp (m/s)	yp (m/s)	x (m)	y (m)	beta (gradi)
1.730	1254	391	0.0	-3.5	-12.4	-8.8	47.9	-3.8	65.00	4.83	-4.5
1.740	1251	393	0.0	-3.5	-12.4	-8.8	47.8	-3.9	65.48	4.79	-4.6
1.750	1248	395	0.0	-3.5	-12.3	-8.8	47.7	-4.0	65.96	4.75	-4.8
1.760	1245	397	0.0	-3.4	-12.3	-8.8	47.6	-4.1	66.43	4.71	-4.9
1.770	1242	399	0.0	-3.4	-12.2	-8.7	47.4	-4.1	66.91	4.67	-5.0
1.780	1239	401	0.0	-3.4	-12.1	-8.7	47.3	-4.2	67.38	4.63	-5.1
1.790	1236	403	0.0	-3.4	-12.1	-8.7	47.2	-4.3	67.85	4.59	-5.2
1.800	1233	405	0.0	-3.4	-12.0	-8.7	47.1	-4.4	68.32	4.54	-5.3
1.810	1230	407	0.0	-3.4	-12.0	-8.7	46.9	-4.5	68.79	4.50	-5.5
1.820	1228	409	0.0	-3.4	-11.9	-8.6	46.8	-4.6	69.26	4.45	-5.6
1.830	1225	411	0.0	-3.3	-11.9	-8.6	46.7	-4.7	69.73	4.41	-5.7
1.840	1222	413	0.0	-3.3	-11.8	-8.6	46.6	-4.8	70.20	4.36	-5.8
1.850	1219	415	0.0	-3.3	-11.7	-8.6	46.5	-4.8	70.66	4.31	-5.9
1.860	1216	417	0.0	-3.3	-11.7	-8.6	46.4	-4.9	71.13	4.26	-6.1
1.870	1213	419	0.0	-3.3	-11.6	-8.5	46.2	-5.0	71.59	4.21	-6.2
1.880	1211	421	0.0	-3.3	-11.6	-8.5	46.1	-5.1	72.05	4.16	-6.3
1.890	1208	423	0.0	-3.2	-11.5	-8.5	46.0	-5.2	72.51	4.11	-6.4
1.900	1205	424	0.0	-3.2	-11.5	-8.5	45.9	-5.3	72.97	4.06	-6.5
1.910	1202	426	0.0	-3.2	-11.4	-8.5	45.8	-5.3	73.43	4.01	-6.7
1.920	1200	428	0.0	-3.2	-11.4	-8.5	45.7	-5.4	73.89	3.95	-6.8
1.930	1197	430	0.0	-3.2	-11.3	-8.4	45.6	-5.5	74.34	3.90	-6.9
1.940	1194	432	0.0	-3.2	-11.3	-8.4	45.4	-5.6	74.80	3.84	-7.0
1.950	1192	434	0.0	-3.2	-11.2	-8.4	45.3	-5.7	75.25	3.78	-7.2
1.960	1189	436	0.0	-3.1	-11.1	-8.4	45.2	-5.8	75.70	3.73	-7.3
1.970	1187	438	0.0	-3.1	-11.1	-8.4	45.1	-5.9	76.16	3.67	-7.4
1.980	1184	440	0.0	-3.1	-11.0	-8.3	45.0	-5.9	76.61	3.61	-7.5
1.990	1181	442	0.0	-3.1	-11.0	-8.3	44.9	-6.0	77.06	3.55	-7.6
2.000	1179	443	0.0	-3.1	-10.9	-8.3	44.8	-6.1	77.50	3.49	-7.8
2.010	1176	445	0.0	-3.1	-10.9	-8.3	44.7	-6.2	77.95	3.43	-7.9
2.020	1174	447	0.0	-3.1	-10.8	-8.3	44.6	-6.3	78.40	3.37	-8.0
2.030	1171	449	0.0	-3.1	-10.8	-8.3	44.4	-6.4	78.84	3.30	-8.1
2.040	1169	451	0.0	-3.0	-10.8	-8.2	44.3	-6.4	79.29	3.24	-8.3
2.050	1166	453	0.0	-3.0	-10.7	-8.2	44.2	-6.5	79.73	3.17	-8.4
2.060	1164	455	0.0	-3.0	-10.7	-8.2	44.1	-6.6	80.17	3.11	-8.5
2.070	1161	456	0.0	-3.0	-10.6	-8.2	44.0	-6.7	80.61	3.04	-8.6
2.080	1159	458	0.0	-3.0	-10.6	-8.2	43.9	-6.8	81.05	2.98	-8.8
2.090	1157	460	0.0	-3.0	-10.5	-8.2	43.8	-6.8	81.49	2.91	-8.9
2.100	1154	462	0.0	-3.0	-10.5	-8.1	43.7	-6.9	81.93	2.84	-9.0
2.110	1152	464	0.0	-3.0	-10.4	-8.1	43.6	-7.0	82.36	2.77	-9.1
2.120	1149	466	0.0	-2.9	-10.4	-8.1	43.5	-7.1	82.80	2.70	-9.3
2.130	1147	467	0.0	-2.9	-10.3	-8.1	43.4	-7.2	83.23	2.63	-9.4
2.140	1145	469	0.0	-2.9	-10.3	-8.1	43.3	-7.3	83.67	2.55	-9.5
2.150	1143	471	0.0	-2.9	-10.2	-8.1	43.2	-7.3	84.10	2.48	-9.6
2.160	1140	473	0.0	-2.9	-10.2	-8.1	43.1	-7.4	84.53	2.41	-9.8
2.170	1138	475	0.0	-2.9	-10.2	-8.0	43.0	-7.5	84.96	2.33	-9.9
2.180	1136	477	0.0	-2.9	-10.1	-8.0	42.9	-7.6	85.39	2.26	-10.0
2.190	1133	478	0.0	-2.9	-10.1	-8.0	42.8	-7.7	85.82	2.18	-10.1
2.200	1131	480	0.0	-2.9	-10.0	-8.0	42.7	-7.7	86.25	2.11	-10.3
2.210	1129	482	0.0	-2.8	-10.0	-8.0	42.6	-7.8	86.67	2.03	-10.4
2.220	1127	484	0.0	-2.8	-9.9	-8.0	42.5	-7.9	87.10	1.95	-10.5
2.230	1125	486	0.0	-2.8	-9.9	-7.9	42.4	-8.0	87.52	1.87	-10.7
2.240	1122	487	0.0	-2.8	-9.9	-7.9	42.3	-8.1	87.95	1.79	-10.8
2.250	1120	489	0.0	-2.8	-9.8	-7.9	42.2	-8.1	88.37	1.71	-10.9
2.260	1118	491	0.0	-2.8	-9.8	-7.9	42.1	-8.2	88.79	1.63	-11.0
2.270	1116	493	0.0	-2.8	-9.7	-7.9	42.0	-8.3	89.21	1.54	-11.2
2.280	1114	494	0.0	-2.8	-9.7	-7.9	41.9	-8.4	89.63	1.46	-11.3
2.290	1112	496	0.0	-2.8	-9.7	-7.9	41.8	-8.4	90.05	1.38	-11.4
2.300	1110	498	0.0	-2.8	-9.6	-7.8	41.7	-8.5	90.46	1.29	-11.6

Fig. 9.4

t (s)	tetap (r/s)	nn (giri)	Mm (N*cm)	S (N)	x2p (m/s ²)	y2p	xp (m/s)	yp (m/s)	x (m)	y (m)	beta (gradi)
1.150	1492	259	27.1	4.0	14.4	-9.3	47.0	1.7	36.52	5.45	2.1
1.160	1495	261	27.0	4.0	14.1	-9.3	47.1	1.6	36.99	5.46	2.0
1.170	1497	264	26.8	3.9	13.9	-9.4	47.3	1.5	37.46	5.48	1.9
1.180	1499	266	26.7	3.8	13.7	-9.4	47.4	1.4	37.93	5.50	1.7
1.190	1502	269	26.5	3.8	13.5	-9.4	47.6	1.4	38.41	5.51	1.6
1.200	1504	271	26.3	3.7	13.2	-9.5	47.7	1.3	38.89	5.52	1.5
1.210	1505	273	26.0	3.6	12.9	-9.5	47.8	1.2	39.36	5.53	1.4
1.220	1507	276	25.7	3.5	12.6	-9.5	47.9	1.1	39.84	5.55	1.3
1.230	1507	278	25.4	3.4	12.2	-9.6	48.1	1.0	40.32	5.56	1.2
1.240	1508	281	25.2	3.3	11.9	-9.6	48.2	0.9	40.80	5.57	1.0
1.250	1509	283	25.0	3.2	11.6	-9.6	48.3	0.8	41.29	5.57	0.9
1.260	1510	285	24.8	3.2	11.3	-9.6	48.4	0.7	41.77	5.58	0.8
1.270	1511	288	24.6	3.1	11.1	-9.7	48.5	0.6	42.25	5.59	0.7
1.280	1511	290	24.4	3.0	10.8	-9.7	48.6	0.5	42.74	5.59	0.6
1.290	1512	293	24.2	2.9	10.5	-9.7	48.8	0.4	43.23	5.60	0.5
1.300	1513	295	24.0	2.9	10.3	-9.7	48.9	0.3	43.72	5.60	0.3
1.310	1513	297	23.8	2.8	10.0	-9.8	49.0	0.2	44.20	5.60	0.2
1.320	1513	300	23.6	2.7	9.8	-9.8	49.1	0.1	44.69	5.60	0.1
1.330	1514	302	23.4	2.7	9.6	-9.8	49.2	0.0	45.19	5.61	0.0
1.340	1514	305	23.3	2.6	9.3	-9.8	49.3	-0.1	45.68	5.60	-0.1
1.350	1514	307	23.0	2.5	9.1	-9.8	49.3	-0.2	46.17	5.60	-0.2
1.360	1514	309	22.8	2.5	8.8	-9.9	49.4	-0.3	46.66	5.60	-0.3
1.370	1514	312	22.6	2.4	8.5	-9.9	49.5	-0.4	47.16	5.60	-0.5
1.380	1514	314	22.4	2.3	8.3	-9.9	49.6	-0.5	47.65	5.59	-0.6
1.390	1514	317	22.1	2.2	8.0	-9.9	49.7	-0.6	48.15	5.59	-0.7
1.400	1513	319	21.8	2.2	7.7	-9.9	49.8	-0.7	48.65	5.58	-0.8
1.410	1511	321	21.3	2.1	7.3	-9.9	49.8	-0.8	49.15	5.57	-0.9
1.420	1509	324	20.9	1.9	6.9	-9.9	49.9	-0.9	49.65	5.57	-1.0
1.430	1507	326	20.4	1.8	6.4	-9.9	50.0	-1.0	50.14	5.56	-1.1
1.440	1503	329	19.8	1.7	5.9	-9.9	50.0	-1.1	50.64	5.55	-1.2
1.450	1499	331	19.1	1.5	5.3	-9.9	50.1	-1.2	51.15	5.53	-1.4
1.460	1494	333	18.4	1.3	4.7	-9.9	50.1	-1.3	51.65	5.52	-1.5
1.470	1488	336	17.6	1.1	3.9	-9.9	50.2	-1.4	52.15	5.51	-1.6
1.480	1482	338	16.6	0.9	3.1	-9.9	50.2	-1.5	52.65	5.49	-1.7
1.490	1473	341	15.5	0.6	2.2	-9.9	50.2	-1.6	53.15	5.48	-1.8
1.500	1464	343	14.3	0.3	1.1	-9.8	50.3	-1.7	53.66	5.46	-1.9
1.510	1453	345	12.8	-0.0	-0.0	-9.8	50.3	-1.8	54.16	5.45	-2.0
1.520	1440	347	11.1	-0.4	-1.4	-9.8	50.3	-1.9	54.66	5.43	-2.1
1.530	1423	350	8.8	-0.9	-3.1	-9.7	50.2	-2.0	55.16	5.41	-2.2
1.540	1403	352	6.6	-1.4	-5.0	-9.6	50.2	-2.1	55.67	5.39	-2.4
1.550	1381	354	4.4	-1.9	-6.9	-9.5	50.1	-2.2	56.17	5.37	-2.5
1.560	1357	356	1.8	-2.5	-9.0	-9.4	50.1	-2.3	56.67	5.34	-2.6
1.570	1331	359	0.0	-3.1	-11.1	-9.3	50.0	-2.4	57.17	5.32	-2.7
1.580	1315	361	0.0	-3.4	-12.3	-9.2	49.8	-2.4	57.67	5.30	-2.8
1.590	1305	363	0.0	-3.6	-12.8	-9.2	49.7	-2.5	58.17	5.27	-2.9
1.600	1299	365	0.0	-3.7	-13.0	-9.1	49.6	-2.6	58.66	5.25	-3.0
1.610	1294	367	0.0	-3.7	-13.1	-9.1	49.5	-2.7	59.16	5.22	-3.1
1.620	1290	369	0.0	-3.7	-13.1	-9.1	49.3	-2.8	59.65	5.19	-3.3
1.630	1286	371	0.0	-3.7	-13.1	-9.0	49.2	-2.9	60.14	5.16	-3.4
1.640	1283	373	0.0	-3.6	-13.0	-9.0	49.1	-3.0	60.64	5.13	-3.5
1.650	1280	375	0.0	-3.6	-13.0	-9.0	48.9	-3.1	61.13	5.10	-3.6
1.660	1276	377	0.0	-3.6	-12.9	-9.0	48.8	-3.2	61.61	5.07	-3.7
1.670	1273	379	0.0	-3.6	-12.8	-8.9	48.7	-3.3	62.10	5.04	-3.8
1.680	1270	381	0.0	-3.6	-12.8	-8.9	48.6	-3.3	62.59	5.01	-3.9
1.690	1267	383	0.0	-3.6	-12.7	-8.9	48.4	-3.4	63.07	4.97	-4.1
1.700	1264	385	0.0	-3.5	-12.6	-8.9	48.3	-3.5	63.56	4.94	-4.2
1.710	1260	387	0.0	-3.5	-12.6	-8.9	48.2	-3.6	64.04	4.90	-4.3
1.720	1257	389	0.0	-3.5	-12.5	-8.8	48.0	-3.7	64.52	4.87	-4.4

Fig. 9.3

t	tetap	nn	Mm	S	x2p	y2p	xp	yp	x	y	beta
(s)	(r/s)	(giri)	(N*cm)	(N)	(m/s^2)		(m/s)	(m/s)	(m)	(m)	(gradi)
2.310	1108	500	0.0	-2.7	-9.6	-7.8	41.6	-8.6	90.88	1.21	-11.7
2.320	1106	502	0.0	-2.7	-9.5	-7.8	41.5	-8.7	91.30	1.12	-11.8
2.330	1104	503	0.0	-2.7	-9.5	-7.8	41.4	-8.8	91.71	1.03	-11.9
2.340	1102	505	0.0	-2.7	-9.5	-7.8	41.3	-8.8	92.12	0.94	-12.1
2.350	1100	507	0.0	-2.7	-9.4	-7.8	41.2	-8.9	92.54	0.86	-12.2
2.360	1098	509	0.0	-2.7	-9.4	-7.8	41.1	-9.0	92.95	0.77	-12.3
2.370	1096	510	0.0	-2.7	-9.4	-7.7	41.0	-9.1	93.36	0.68	-12.5
2.380	1094	512	0.0	-2.7	-9.3	-7.7	40.9	-9.1	93.77	0.59	-12.6
2.390	1092	514	0.0	-2.7	-9.3	-7.7	40.8	-9.2	94.18	0.49	-12.7
2.400	1090	516	0.0	-2.7	-9.2	-7.7	40.8	-9.3	94.59	0.40	-12.9
2.410	1088	517	0.0	-2.6	-9.2	-7.7	40.7	-9.4	94.99	0.31	-13.0
2.420	1086	519	0.0	-2.6	-9.2	-7.7	40.6	-9.5	95.40	0.21	-13.1
2.430	1084	521	0.0	-2.6	-9.1	-7.7	40.5	-9.5	95.80	0.12	-13.3
2.440	1082	522	0.0	-2.6	-9.1	-7.6	40.4	-9.6	96.21	0.02	-13.4

***** Fine Integrazione *****

Fig. 9.5

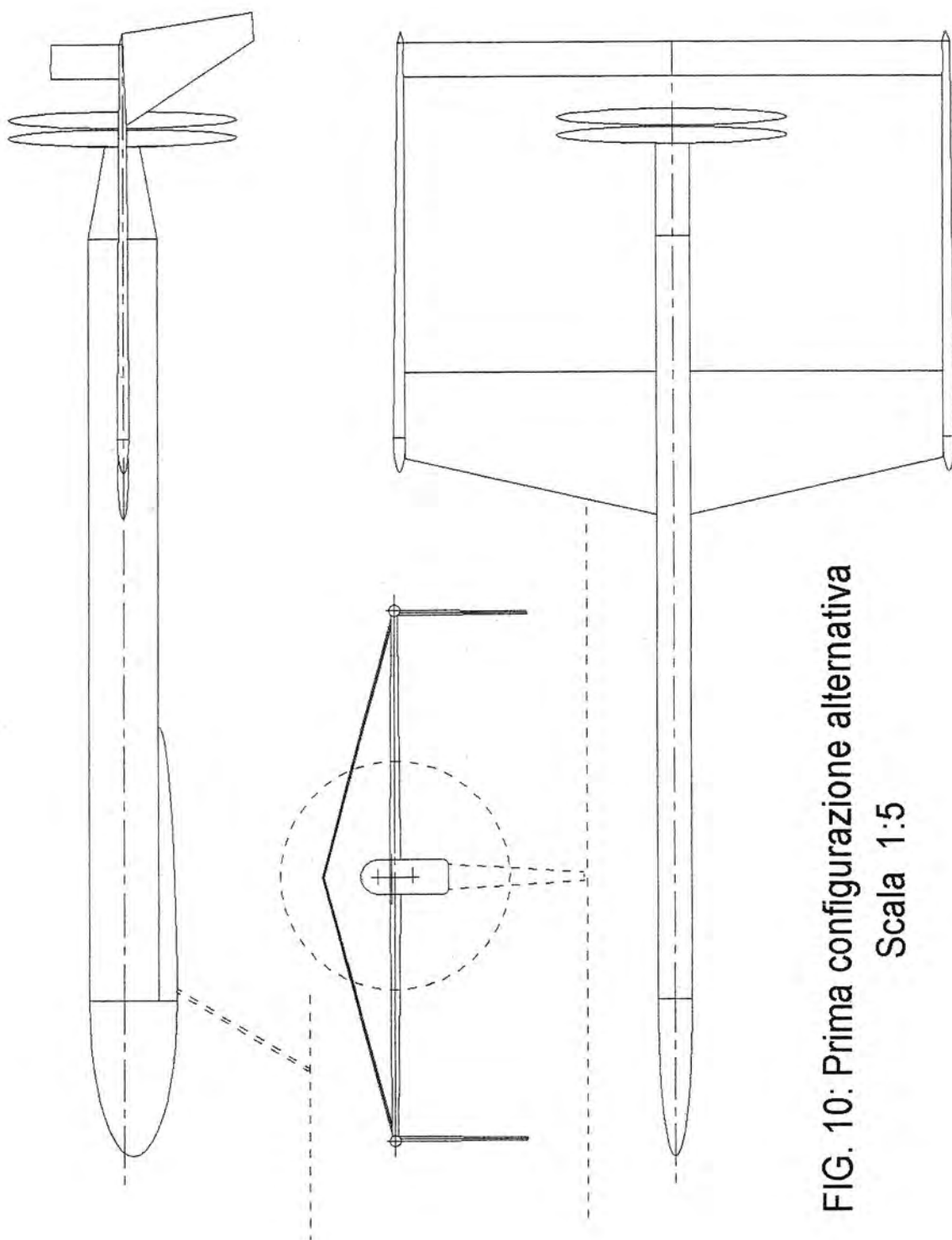
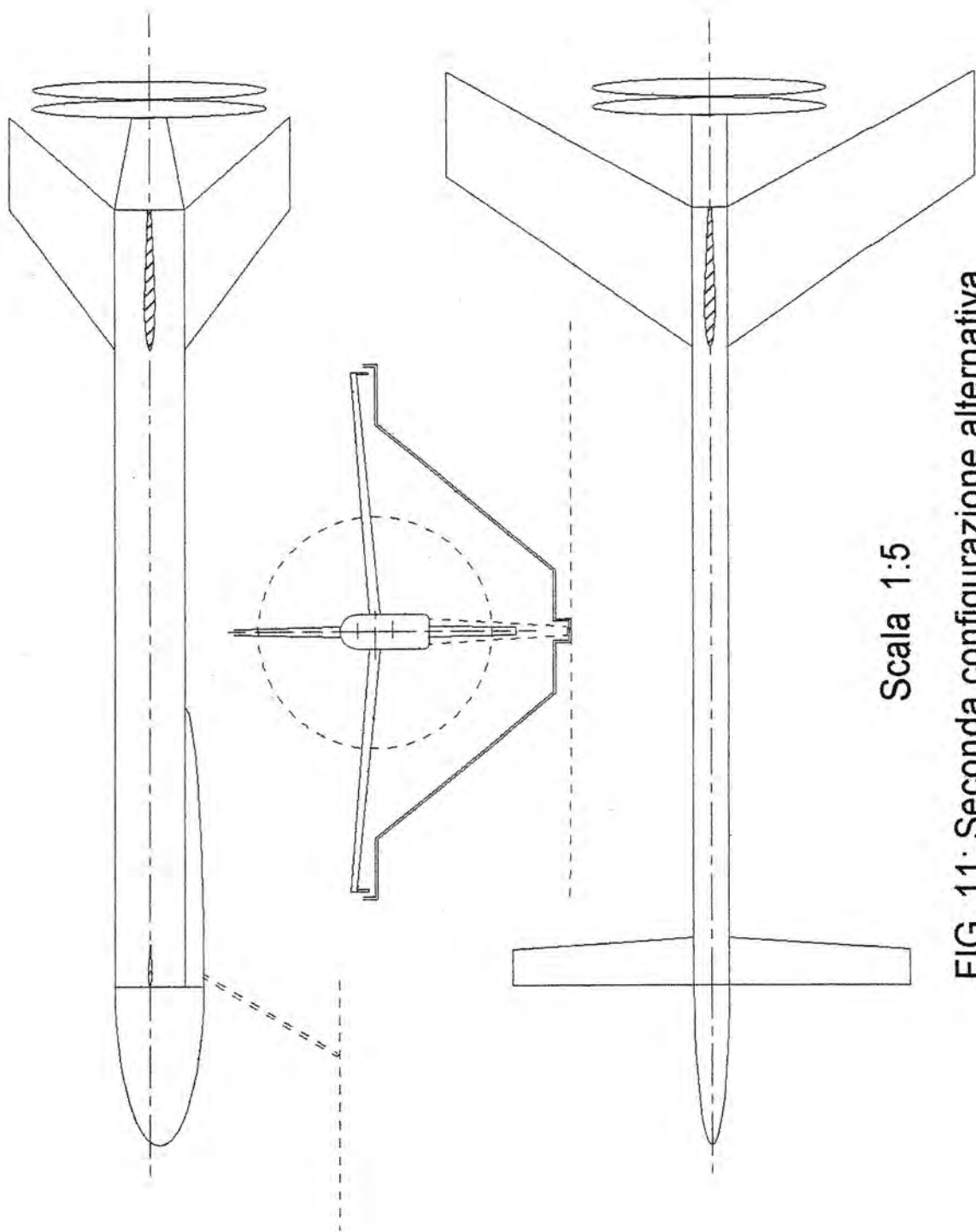


FIG. 10: Prima configurazione alternativa
Scala 1:5



Scala 1:5

FIG. 11: Seconda configurazione alternativa