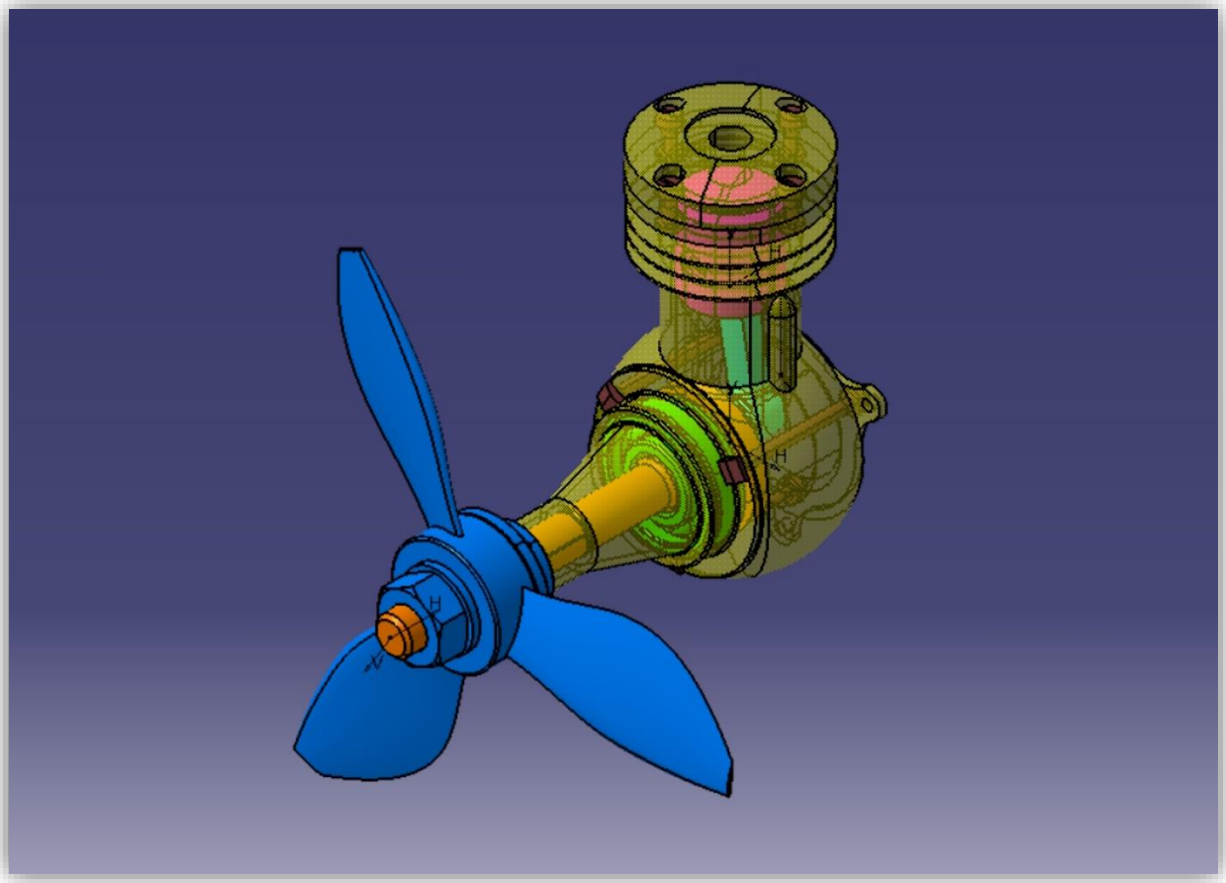
UNIVERSITÀ DI PISA
SCUOLA DI INGEGNERIA

PROGETTAZIONE DI STRUTTURE AEROSPAZIALI



MOTORE 2T PER AEROMODELLI

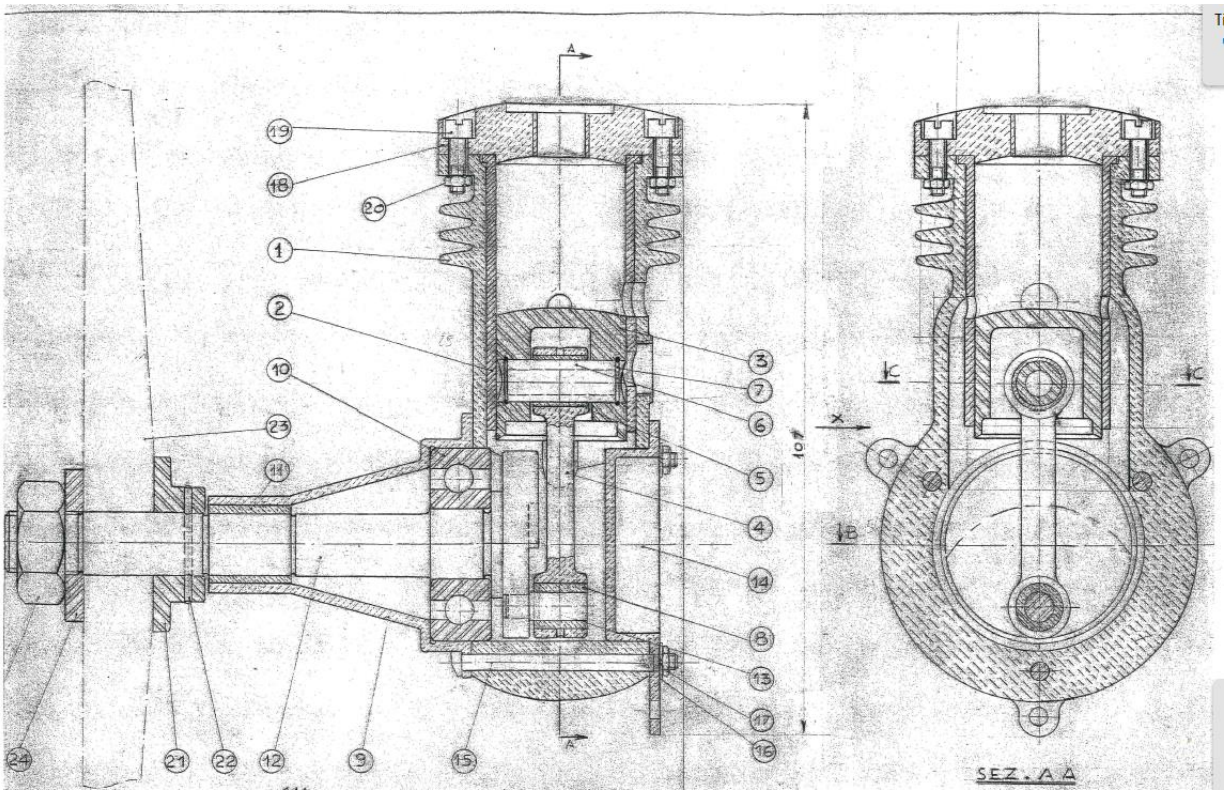
Autori:
Renato Guiso
Nicolas Romanella

Docente:
Prof.ssa Roberta Lazzeri

A.A. 2022/2023

ANALISI DEL PROGETTO

Il complessivo analizzato rappresenta un motore 2T per aeromodelli, stampato su foglio A3 dalla scannerizzazione di un disegno realizzato a mano nel secolo scorso. Proprio questa caratteristica ha complicato molto la misurazione dei vari componenti, per via delle incongruenze sulle due viste frutto delle imprecisioni del disegno a mano.



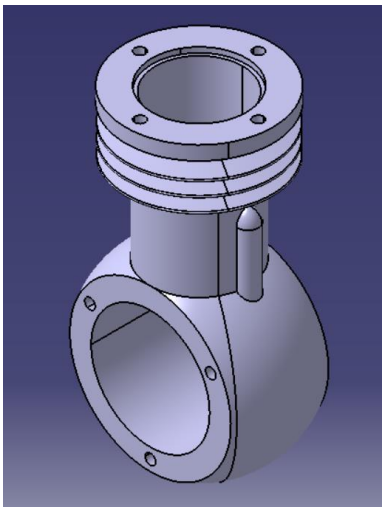
Particolarmente marcate sono le differenze dimensionali tra i disegni dei pezzi unificati (vedi cuscinetto [10] e anelli di bloccaggio [7]) e le grandezze tabulate da normativa, un ulteriore dettaglio preso in considerazione per non incappare in errori di compenetrazione nella fase di assemblaggio.

NOTE SUL SOFTWARE

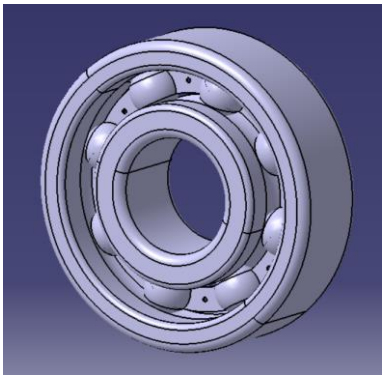
Catia è un software di modellazione 3D CAD, CAM e CAE, sviluppato dalla compagnia francese Dassault Systèmes. Nasce per modellare le forme dei velivoli e ancora oggi è usata dalle più importanti aziende del settore aeronautico quali Boeing e Airbus. Permette di lavorare con ambienti diversi, e quelli principali da noi usati sono:

- *Part Design*, usato per disegnare i singoli pezzi; assembly design, per montare i pezzi tramite vincoli; *Sketcher*, per i profili 2D; *Drafting* per le messe in tavola (sotto il macroambiente *Mechanical Design*);
- *Product Structure*, sotto *Infrastructure*, per realizzare il sottoassieme del cuscinetto;
- *DMU Kinematics*, sotto *Digital Mockup*, per la parte della cinematica dell'aeromodello;
- *Generative Shape Design*, per delle versioni preliminari dell'elica che infine è stata realizzata in part design.

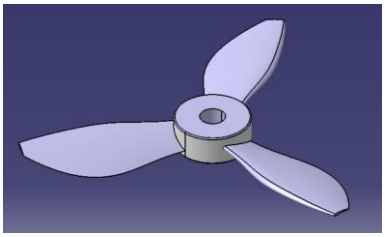
MODELLAZIONE 3D



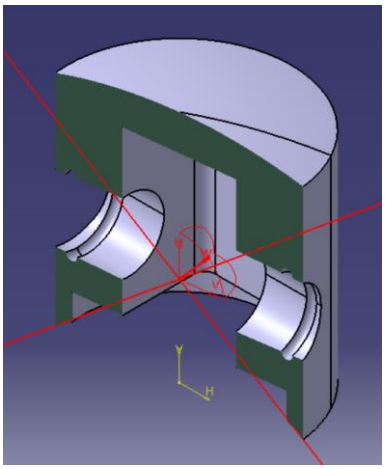
Il particolare più complesso (e al contempo completo) è il carter [1]. La funzione cardine è sicuramente *albero*, grazie alla quale è stato possibile realizzare la maggior parte del componente. È stato poi necessario ricorrere alla funzione *piano* per realizzare le spianature col comando *tasca* su cui poggiano il coperchio [14] e il supporto [21]. Numerosi sono stati i *fori* (uno dei quali realizzato con *filettatura*), la cui ricorrenza angolare ha permesso l'impiego della funzione *matrice circolare*. La parte più difficile è stata sicuramente l'asola, scavata internamente con la funzione *linguetta* e copiata col comando *specchio*.



L'elemento unificato cuscinetto [10] è stato trattato come sottoassieme. Essendo composto da più elementi a stretto contatto tra loro, l'ambiente prediletto è stato *Product Structure*. La parte più difficile è la gabbia per le sfere, il cui spessore è realizzato in parte con la funzione *albero* e in parte col comando *tasca*, facendo accortezza che i due elementi solidi si compenetrino in un giunto fittizio. La *matrice circolare* ha poi completato la corona di 8 elementi.



L'elica è stata creata a partire da una serie di profili alari (equidistanziati su *piani* paralleli con un certo offset) attraverso il comando di *solido multi-sezione*. È importante che il profilo all'estremità si trovi nel corpo cilindrico forato per ottenere un elemento monoconnesso.



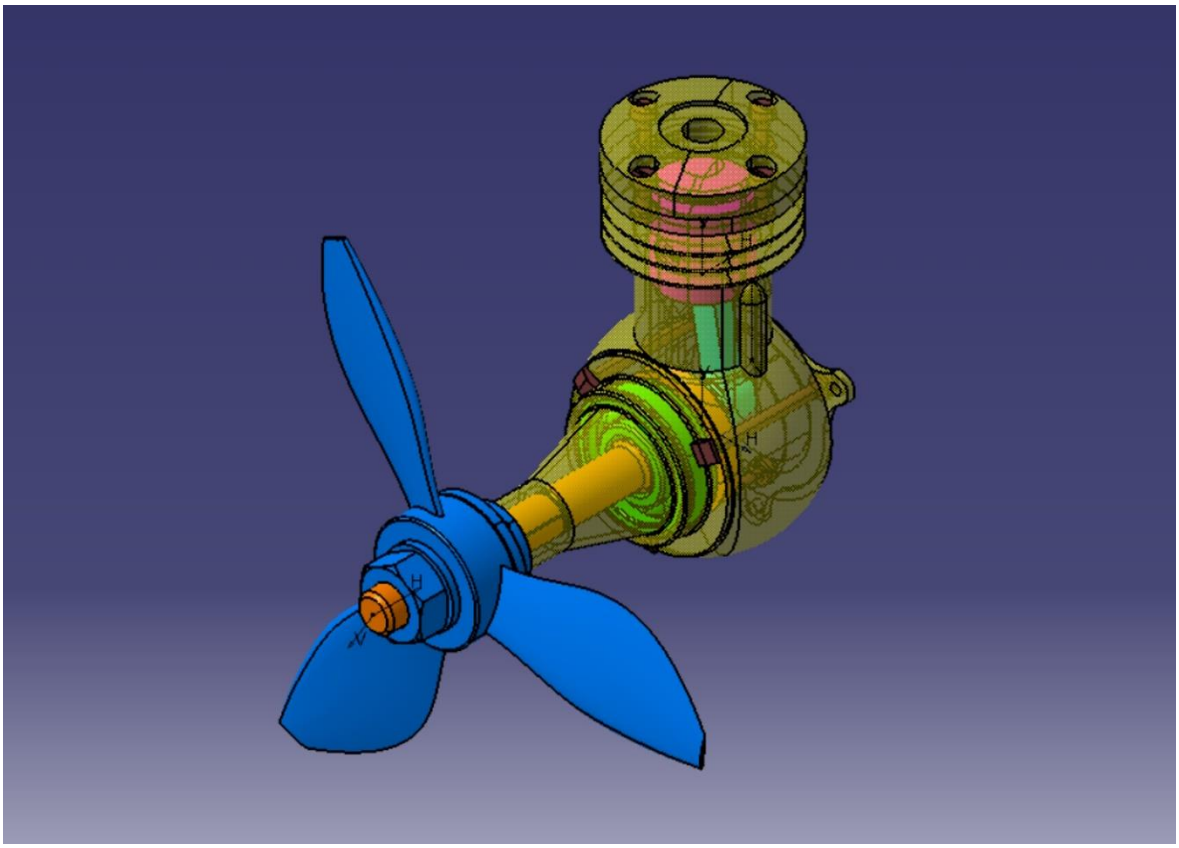
Un altro sbozzato assialsimmetrico è quello del pistone [3], che offre spunti per la realizzazione della *tasca* e della sede per gli anelli di bloccaggio [7] con la funzione *scanalatura*, usata per ripercorrere il profilo dei suddetti anelli a sezione circolare (e per fare qualcosa di diverso dalla solita linguetta). In figura una sezione del pistone ottenuta in *sezione dinamica*.

Su molti particolari sono infine stati realizzati smussi e raccordi per agevolare la fase di montaggio del motore a produzione ultimata.

ASSEMBLAGGIO STATICO

Nell'ambiente di *Assembly Design*, dopo aver fissato il carter [1] con l'apposita funzione *fissa*, si procede all'assemblaggio dei particolari seguendo l'ordine di montaggio riportato nella distinta dei componenti. Il vincolo più frequente per questo genere di applicazione è la *coincidenza*, che rende coassiali elementi assialsimmetrici come il pistone [3] con la camicia [2]. Il comando di *offset* è stato impiegato per il contatto tra superfici piane per via della possibilità di invertire l'orientamento delle stesse. Si è preferito usare la funzione *contatto* per le sfere e l'apposita sede offerta dalla gabbia nel sottoassieme cuscinetto [10]. Il fissaggio relativo effettivo tra due pezzi avviene comunque soltanto imponendo un *angolo* relativo nullo tra due piani del part body.

I sottoassiemi di bullonatura sono stati appositamente resi *flessibili* per consentire ai vari pezzi un movimento relativo adeguato. In particolare, il solo grado di libertà imposto è stato lo spostamento assiale tra vite e dado con rosetta. Col comando *riusa matrice* è stato quindi possibile ripetere gli accoppiamenti dei bulloni senza dover vincolare gli stessi manualmente tutte le volte.



ASSEMBLAGGIO DINAMICO

La parte più impegnativa del progetto è stata quella relativa all'assemblaggio dinamico del motorino per realizzarne poi una simulazione di funzionamento.

Abbiamo infatti deciso in un primo momento di creare due sottoassiemi da montare: un sottoassieme rigido e uno flessibile. Questa scelta si è rivelata non ottimale per l'assemblaggio dinamico, in quanto nonostante l'assemblaggio statico fosse ultimato e nonostante il motorino si muovesse correttamente tramite il comando "manipolazione" con vincoli attivi, nell'ambiente di cinematica risultava "sopra vincolato". In particolare, non era possibile simulare il meccanismo in quanto senza gradi di libertà.

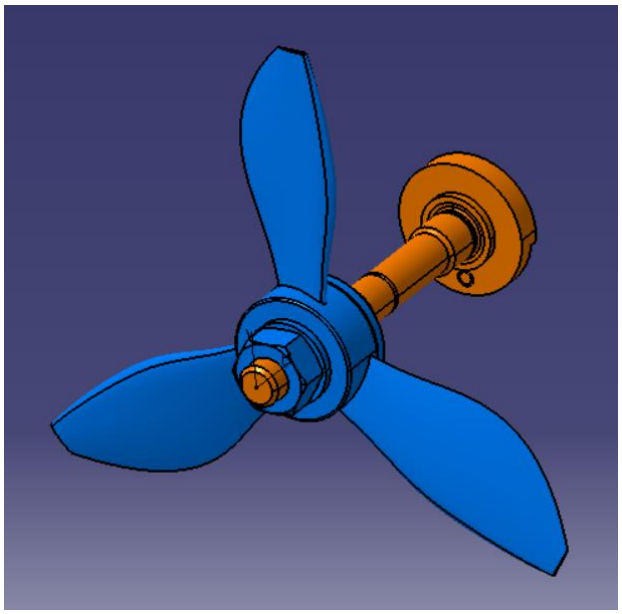
Abbiamo cercato più volte di correggere dei vincoli per far funzionare il meccanismo ma senza successo. I problemi principali sono stati due:

1. i due sottoassiemi risultavano bloccati, quindi non era possibile farli muovere senza un sotto-meccanismo programmato ad hoc;
2. i vincoli di assemblaggio statico non erano stati assegnati con un buon criterio. Infatti, durante la conversione di vincoli statici in vincoli dinamici, venivano automaticamente creati vincoli non necessari, sbagliati o superflui, oltre al fatto che altri giunti importanti non venivamo proprio accennati.

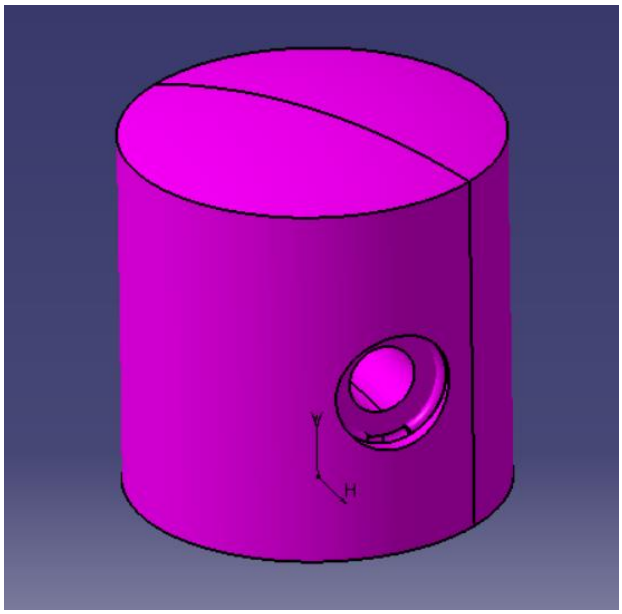
La soluzione alla fine si è basata sul:

1. vincolare in modo più intelligente i componenti, cioè dando vincoli più simili a quelli analoghi nei giunti, ma soprattutto andando a vincolare ogni componente rispetto a un solo altro componente;
2. creare dei sottoassiemi rigidi, sulla base di quali componenti dovessero essere solidali tra loro. In questo modo abbiamo razionalizzato e distribuito la mole di particolari, invece di assemblare ogni pezzo uno ad uno nello stesso assieme.

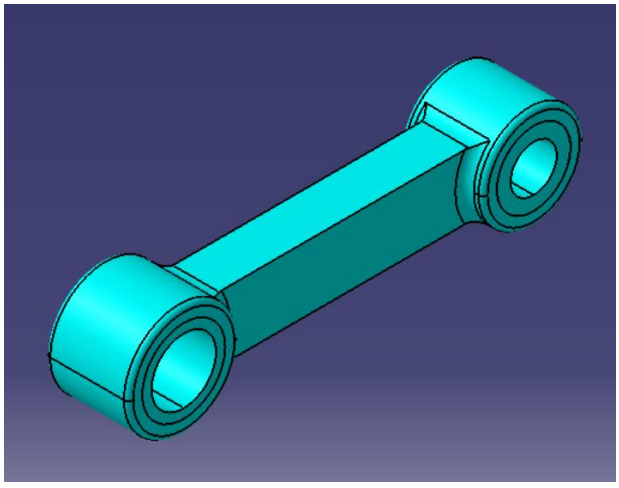
Albero con elica: 1 DOF rotazionale



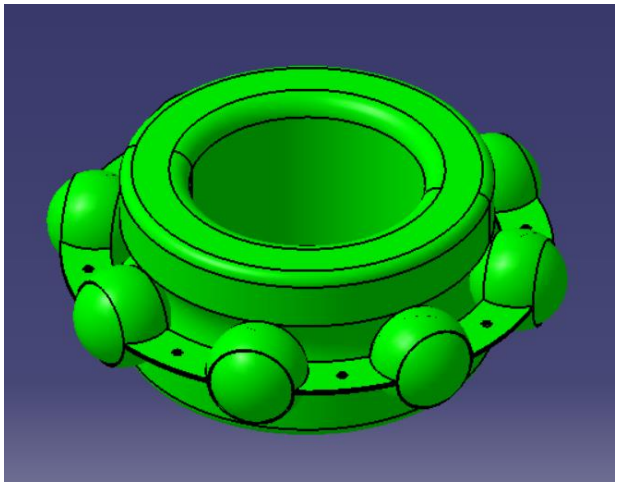
Pistone con spinotto: 1 DOF traslazionale



Biella con bronzine: 1 DOF rototraslazionale



Anello interno con sfere: 1 DOF rotazionale



MESSA IN TAVOLA

Sono state realizzate 5 messe in tavola. Si è deciso di rappresentare, oltre che il complessivo, l'albero, la biella, il supporto e il carter (rispettivamente i pezzi 12, 4, 9 e 1). Per farlo si è usato l'ambiente di lavoro Drafting.

- L'**albero** è stato disegnato e quotato facendo riferimento a un ciclo di lavorazione che parte dal pezzo ottenuto per fusione, successivamente lavorato tramite tornitura e fresatura. Ecco il perché delle quote in parallelo per le gole e il foro per la spina.

Le posizioni dei fori per spina e perno sono particolarmente importanti in quanto atti all'accoppiamento con altri componenti. Come si può notare, inoltre, i due fori in questione hanno una tolleranza dimensionale pensata per il bloccaggio con i relativi altri pezzi: in particolare, il perno deve risultare forzato rispetto al suo foro nell'albero, mentre mobile nella bronzina, che a sua volta è forzata sul foro del piede di biella. Questo serve per favorire l'usura di bronzina e perno invece che di biella e albero (pezzi più costosi). Le due gole intermedie sono realizzate tramite un utensile che rende la gola a sezione semicircolare, mentre quelle esterne sono di scarico per la filettatura, e di tipo F per la battuta del cuscinetto.

- La **biella** del nostro aeromodello è una "semplice" biella lenta; dunque, la sezione del fusto è veloce da quotare in quanto rettangolare. I dettagli più importanti di questo pezzo sono le tolleranze dimensionali sui fori e le relative rugosità, che hanno lo scopo di garantire il corretto accoppiamento con le bronzine.
- Il **carter** è sicuramente il pezzo più difficile da realizzare. La sua forma è complessa sia all'esterno che all'interno. È dunque importante lavorare bene sulle proporzioni, in particolar modo per le quote all'interno, poiché la biella deve avere lo spazio per muoversi di moto rototraslatorio. Sono state aggiunte delle tolleranze funzionali alle posizioni dei 4 fori filettati destinati alle viti per il montaggio della testata.
- Il **supporto** è il pezzo che sostiene l'albero e tutto il sottoassieme dell'elica (dado, rondella…) ed è fissato al carter tramite 3 bulloni.

La messa in tavola del **complessivo** è stata quella più impegnativa. Infatti, è necessario stare attenti a più dettagli durante il sezionamento, come i pezzi da non campire o i pezzi su cui rappresentare le linee nascoste di eventuali fori.

Un'altra cosa su cui bisogna stare attenti è di definire fin dall'inizio qual è la posizione del meccanismo da sezionare, per rendere visibili determinati dettagli in certe configurazioni, oltre che decidere quali elementi vedere o non, come l'elica (poi ridisegnata in modo schematico). Ogni azione fatta sull'assemblaggio, infatti, richiede l'aggiornamento delle viste sulla messa in tavola che, purtroppo, ripristina determinati dettagli quali linee indesiderate (spigoli non fittizi in corrispondenza dei raccordi e campiture fuori scala.

Nel nostro complessivo ci sono due viste sezionate che permettono di osservare tutti i dettagli del manovellismo che fa ruotare l'elica.