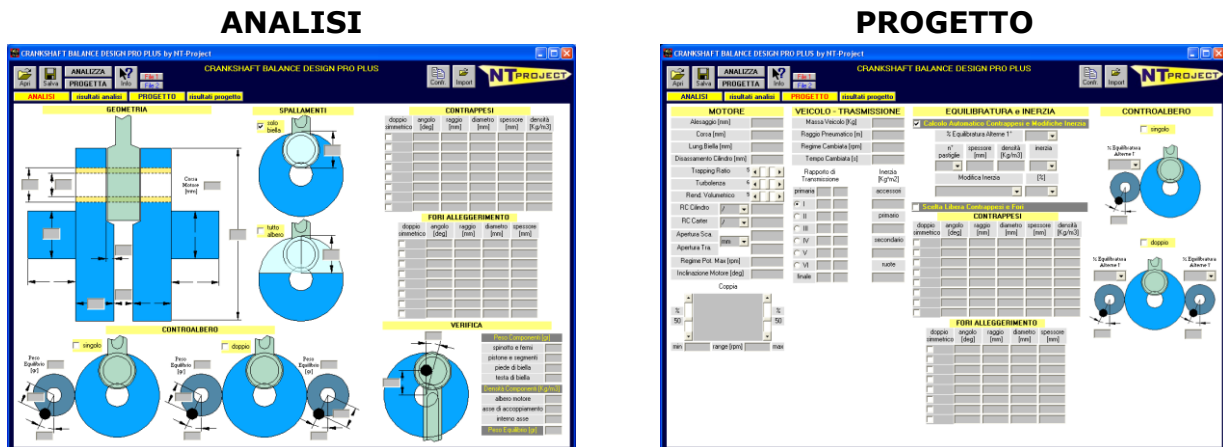




SOFTWARE CRANKSHAFT BALANCE DESIGN PROFESSIONAL PLUS 2016

Il software Crankshaft Balance Design è studiato per fornire un supporto completo nell'analisi e nello sviluppo di alberi motore per motori monocilindrici.

Il software si divide in due aree di lavoro, una dedicata all'analisi ed una al progetto dell'albero motore.



L'area di analisi permette di avere immediatamente un quadro completo dello status dell'albero motore analizzando **PESO - EQUILIBRATURA - SIMMETRIA e INERZIA**

L'area di progetto permette invece di svolgere due funzioni fondamentali:

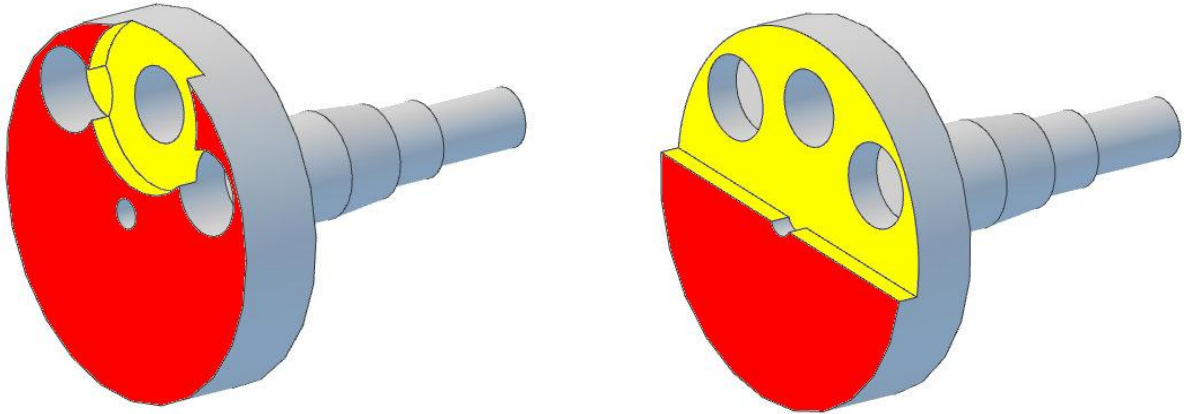
- il calcolo degli **interventi da fare sull'albero motore per ottenere una certa equilibratura ed una certa inerzia**;
- il calcolo di **ATTRITI - FORZE sul TELAIO - PRESTAZIONI del MOTORE - PRESTAZIONI del VEICOLO**, che le scelte di equilibratura e inerzia determinano.

Già da questa introduzione potete capire come con un solo software si possa avere lo strumento completo per lavorare e sviluppare l'albero motore senza trascurare nessun aspetto tecnico.

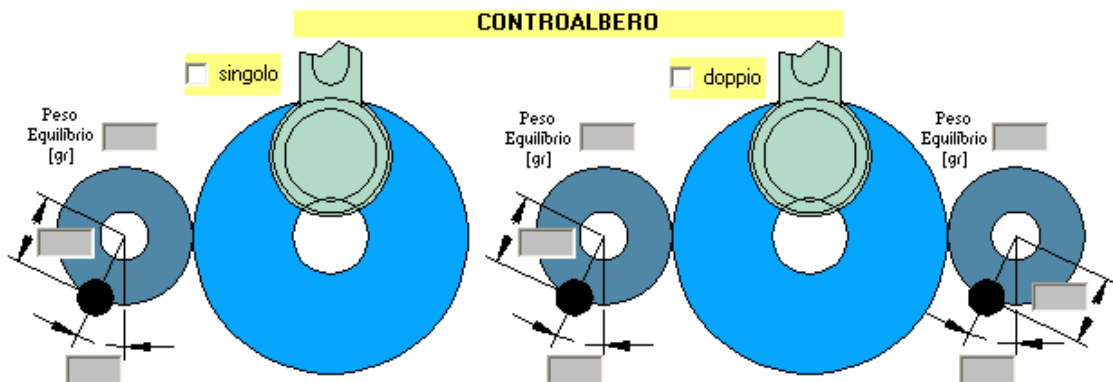
Vediamo ora nel dettaglio le due aree del software.

ANALISI ALBERO MOTORE

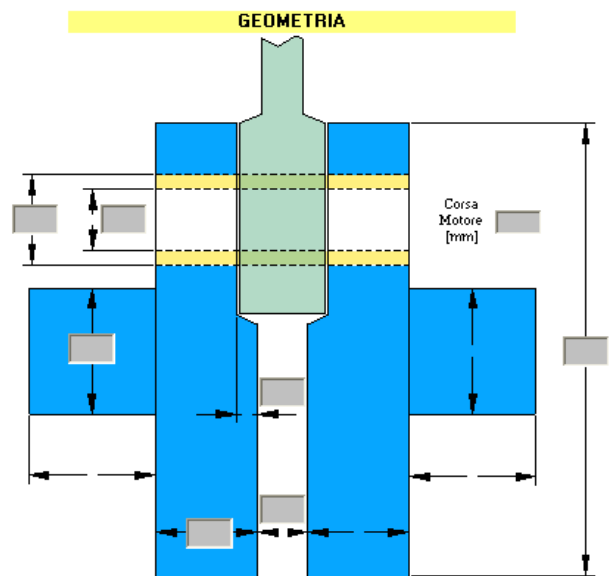
Il software consente di analizzare e studiare alberi motore a cerchio pieno, sia con spallamenti limitati alla zona biella, sia con spallamenti che interessano l'intera mascheretta.



Inoltre è possibile studiare alberi provvisti di controalberi sia singoli, sia doppi.



Grazie a semplici rilievi geometrici è possibile ricostruire nel software l'esatta geometria dell'albero motore che si vuole analizzare.

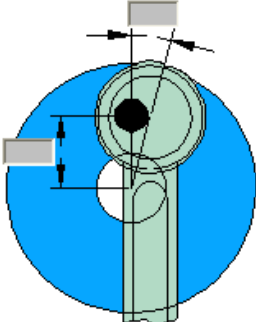


Inoltre è possibile indicare con facilità la posizione e le caratteristiche di eventuali fori e contrappesi presenti sull'albero motore.

CONTRAPPESI					
doppio simmetrico	angolo [deg]	raggio [mm]	diametro [mm]	spessore [mm]	densità [Kg/m3]
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					

FORI ALLEGGERIMENTO				
doppio simmetrico	angolo [deg]	raggio [mm]	diametro [mm]	spessore [mm]
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				
<input type="checkbox"/>				

A questo è sufficiente unire semplicemente i dati dei pesi del manovellismo, per poter effettuare l'analisi.

VERIFICA	
	Peso Componenti [gr]
	spinotto e fermi
	pistone e segmenti
	piede di biella
	testa di biella
	Densità Componenti [Kg/m3]
	albero motore
	asse di accoppiamento
	interno asse
	Peso Equilibrio [gr]

Immediatamente potrete vedere:

peso dell'albero motore

peso albero [Kg]	2.13717
-------------------------	---------

Il software calcola il peso che ha l'albero motore tenendo conto oltrechè della struttura principale, anche della presenza di un eventuale foro o riempimento sull'asse di accoppiamento, degli spallamenti, dei contrappesi e di eventuali fori di alleggerimento praticati sull'albero stesso. Pertanto sarà facile vedere come ogni intervento influirà sul peso dell'albero motore.

percentuale di equilibratura delle masse alterne, sia dovuta alle caratteristiche del solo albero motore, sia comprensiva di quella dovuta agli eventuali controalberi

equilibratura	
densità contrappesi [Kg/m ³]	19250.00
equilibratura 1°ordine solo albero [%]	50.07
equilibratura 1°ordine con controalbero [%]	50.07

Il software in base alle caratteristiche dell'albero motore e a quelle degli elementi del manovellismo, calcola di quanto vengono equilibrate le masse alterne, pertanto anche senza dover fare prove pratiche si potrà da subito vedere quale equilibratura presenta il nostro albero motore, e fare le relative valutazioni per fare modifiche migliorative.

Se sono presenti uno o due controalberi di equilibratura, nel software se ne possono inserire le caratteristiche principali, e nei calcoli di equilibratura si terrà conto anche dell'effetto dei controalberi.

simmetria dell'albero motore

simmetria	
angolo baricentro albero con biella [°]	0.0
angolo baricentro albero con masse alterne [°]	180.0
angolo baricentro albero con biella e controalbero (PMS) [°]	0.0
angolo baricentro albero con masse alterne e controalbero (PMI) [°]	180.0

Solitamente gli alberi motore hanno un'equilibratura simmetrica e quindi in posizione di riposo la manovella giace sempre sull'asse verticale, a volte però può capitare di avere a che fare con alberi che presentano una certa asimmetria di equilibratura per traslare i carichi di inerzia nel ciclo motore.

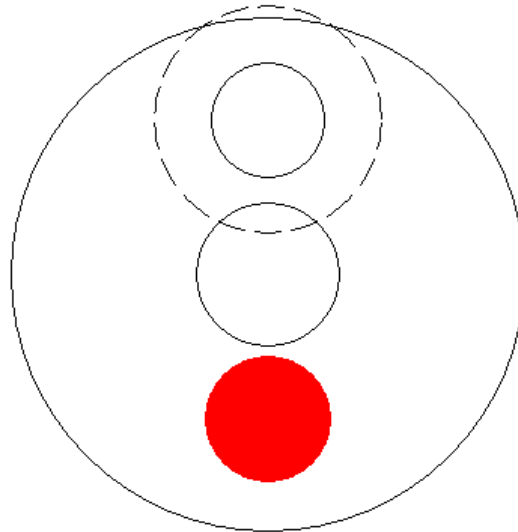
Il software studia anche questo aspetto, mostrando la presenza di una eventuale asimmetria ed anche l'entità, indicando di quanto ruota l'albero motore nei punti morti per effetto della asimmetria.

inerzia totale e distribuzione dell'inerzia

inerzia	
inerzia [Kg*mm ²]	2186.0
inerzia asse accoppiamento [%]	5.0
inerzia testa di biella [%]	4.1
inerzia spallamenti [%]	-3.8
inerzia contrappesi [%]	6.2
inerzia fori [%]	0.0

Il calcolo dell'inerzia è sempre uno degli aspetti più complessi in quanto a seconda della forma, della posizione, ecc. ogni parte dell'albero motore produce una differente inerzia. Spesso questi calcoli vengono fatti con formule semplificate (pd², ecc.) ma ciò non consente di valutare realmente le differenze tra le diverse geometrie o interventi che si vogliono praticare, per questo il software effettua un calcolo preciso di ogni singola parte che compone l'albero ed oltre a calcolare l'inerzia totale reale che produce l'albero motore, calcola anche com'è distribuita nelle singole parti rispetto alla struttura principale dell'albero motore.

disegno dell'albero motore



Oltre ai numeri una visione grafica dei dati inseriti è fondamentale sia per verificare se i dati della geometria che sono stati inseriti sono corretti e non sono stati fatti errori, sia per valutare le possibilità di spazio di eventuali modifiche che si intendono fare. Per questo motivo il software disegna l'albero motore e crea anche la relativa immagine che può essere stampata.

PROGETTO ALBERO MOTORE

Dopo la fase di analisi è possibile studiare delle modifiche all'albero analizzato o studiare un nuovo albero grazie all'area progetto.

In quest'area del software si entra più in profondità e vengono valutate tutte le grandezze significative per giungere alla progettazione ottimale dell'albero motore in relazione alle proprie esigenze.

Infatti le scelte di equilibratura e inerzia da utilizzare per l'albero motore dipendono dalle caratteristiche del motore sul quale andrà applicato l'albero, e da quelle del veicolo sul quale andrà applicato il motore.

Il software permette di tener conto facilmente di entrambe. Infatti per il motore, sarà sufficiente inserire i dati principali e grazie a questi il software simulerà l'andamento delle pressioni all'interno del cilindro, la combustione, ecc. al fine di ottenere i carichi a cui sarà soggetto il manovellismo durante il ciclo motore. Stesso discorso per il veicolo, infatti inserendo i suoi dati principali e quelli di trasmissione e cambio sarà possibile vedere come le prestazioni del motore si traducono poi sul veicolo.

Solo grazie a questi calcoli sarà possibile vedere effettivamente come le scelte di equilibratura influiscano sugli attriti e quindi sulle perdite meccaniche del motore, e come le scelte di inerzia influiscano sulle prestazioni del veicolo in fase di accelerazione, cambio marcia e rilascio.

MOTORE		VEICOLO - TRASMISSIONE	
Alesaggio [mm]	<input type="text"/>	Massa Veicolo [Kg]	<input type="text"/>
Corsa [mm]	<input type="text"/>	Raggio Pneumatico [m]	<input type="text"/>
Lung.Biella [mm]	<input type="text"/>	Regime Cambiata [rpm]	<input type="text"/>
Disassamento Cilindro [mm]	<input type="text"/>	Tempo Cambiata [s]	<input type="text"/>
Trapping Ratio	5 <input type="text"/>	Rapporto di Trasmissione	Inerzia [Kg*m ²]
Turbolenza	6 <input type="text"/>	<input type="radio"/> primaria <input type="text"/>	<input type="radio"/> accessori <input type="text"/>
Rend. Volumetrico	5 <input type="text"/>	<input checked="" type="radio"/> I <input type="text"/>	<input type="radio"/> primario <input type="text"/>
RC Cilindro	/ <input type="text"/>	<input type="radio"/> II <input type="text"/>	<input type="radio"/> secondario <input type="text"/>
RC Carter	/ <input type="text"/>	<input type="radio"/> III <input type="text"/>	<input type="radio"/> ruote <input type="text"/>
Apertura Sca.	<input type="text"/>	<input type="radio"/> IV <input type="text"/>	<input type="radio"/> finale <input type="text"/>
Apertura Tra.	mm <input type="text"/>	<input type="radio"/> V <input type="text"/>	<input type="radio"/> finale <input type="text"/>
Regime Pot. Max [rpm]	<input type="text"/>	<input type="radio"/> VI <input type="text"/>	<input type="radio"/> finale <input type="text"/>
Inclinazione Motore [deg]	<input type="text"/>	<input type="radio"/> finale <input type="text"/>	<input type="radio"/> finale <input type="text"/>

Coppia

%
50

%
50

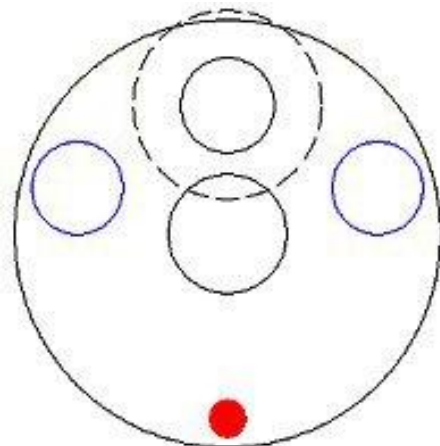
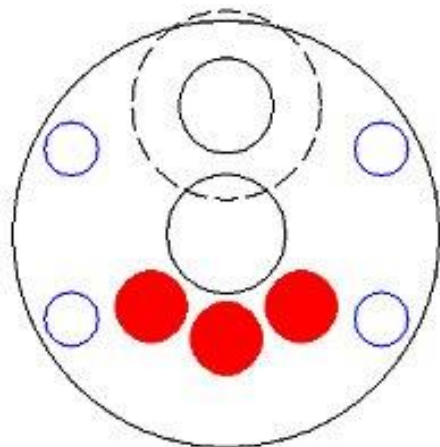
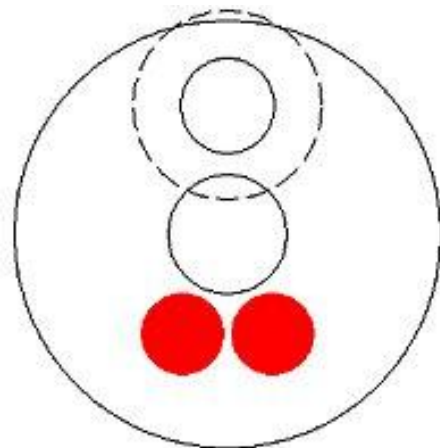
min
range [rpm]
max

Dopo aver inserito questi dati nell'area progetto sarà possibile far calcolare al software gli interventi che si devono effettuare sull'albero motore per ottenere una determinata equilibratura ed una determinata inerzia.

EQUILIBRATURA e INERZIA			
<input checked="" type="checkbox"/> Calcolo Automatico Contrappesi e Modifiche Inerzia			
% Equilibratura Alterne 1*			<input type="text"/>
n° pastiglie	spessore [mm]	densità [Kg/m3]	inerzia
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Modifica Inerzia			[%]
<input type="text"/>			<input type="text"/>

Le tipologie di calcolo che il software effettua sono molteplici:

- equilibratura simmetrica con possibilità di indicare il numero di contrappesi che si vogliono utilizzare e se la posizione dei contrappesi deve essere studiata per fornire la minima o la massima inerzia all'albero;
- equilibratura simmetrica con riduzione dell'inerzia dell'albero praticando incavi o fori sull'albero motore;
- equilibratura simmetrica con riduzione dell'inerzia praticando fori nella parte superiore dell'albero motore.



Per tutte queste tipologie il software calcola automaticamente posizione e dimensioni di tutti i contrappesi, incavi o fori che devono essere praticati per ottenere il risultato desiderato e ne mostra il relativo disegno. Pertanto creare un albero con una determinata equilibratura o con una determinata inerzia diventerà estremamente rapido ed efficace

peso albero [Kg]					2.17334
equilibratura					
equilibratura 1°ordine solo albero [%]					50.00
equilibratura 1°ordine con controalbero [%]					50.00
contrappesi [n°]	spessore [mm]	diametro [mm]	raggio [mm]	angoli [deg]	
2	20.0	17.0	23.0	156 / 204	
lavorazioni inerzia					
fori [n°]	diametro [mm]	raggio [mm]	profondità [mm]	angoli [deg]	
2	19.5	33.2	20.0	73 / 287	
2	10.7	37.7	20.0	47 / 313	
2	3.3	41.3	20.0	35 / 325	

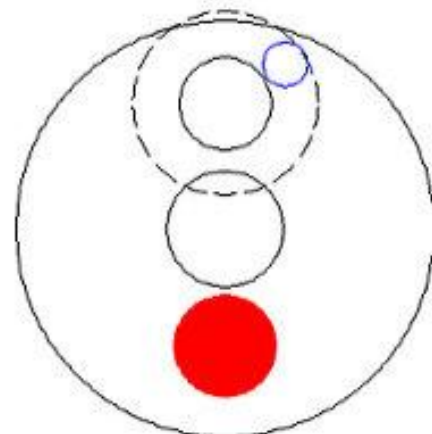
Oltre a queste possibilità di calcolo automatico dell'equilibratura e dell'inerzia il software offre la possibilità di studiarli liberamente gli interventi sia per l'applicazione dei contrappesi, sia per l'introduzione di fori di alleggerimento. In tal modo sarà possibile studiare qualsiasi tipo di soluzione, valutando per ciascuna i pro e i contro e scegliendo quindi quella più opportuna per le proprie necessità.

Scelta Libera Contrappesi e Fori

CONTRAPPESI						
doppio simmetrico	angolo [deg]	raggio [mm]	diametro [mm]	spessore [mm]	densità [Kg/m3]	
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						
<input type="checkbox"/>						

FORI ALLEGGERIMENTO					
doppio simmetrico	angolo [deg]	raggio [mm]	diametro [mm]	spessore [mm]	
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					
<input type="checkbox"/>					

Tra queste si potranno ad esempio studiare interventi che rendono l'albero asimmetrico per spostare i carichi nel ciclo motore e ottenere vantaggi in termini di attrito e perdite meccaniche.



Al termine del calcolo oltre alle indicazioni degli interventi da fare per ottenere l'equilibratura e l'inerzia desiderati, il software mostra come queste scelte influiscano sulle prestazioni di motore e veicolo, vengono infatti calcolati:

forza e coppia d'attrito

manovellismo			
	MIN	MAX	MED
forza attrito pistone-cilindro [N]	0.00	186.38	92.98
coppia attrito banco [N*m]	0.06	4.04	0.96

I carichi che agiscono sul manovellismo e sull'albero motore determinano inevitabilmente attriti e conseguenti perdite meccaniche. Grazie a questi calcoli sarà possibile vedere come le scelte di equilibratura influenzano questo aspetto e trovare quindi la soluzione che genera le minori perdite e di conseguenza le prestazioni migliori per il motore.

manovellismo			
	MIN	MAX	MED
coppia motrice [N*m]	-161.26	163.15	24.08
potenza motrice [CV]	-310.05	313.68	46.30

forze sul telaio

manovellismo			
	MIN	MAX	MED
forza verticale telaio [N]	-8977.65	4512.37	2.11
forza orizzontale telaio [N]	-6010.59	6010.59	0.00

Oltre alle prestazioni del motore, anche l'affidabilità ed il comportamento del telaio sono fondamentali per ottenere i migliori risultati, per questo motivo il software calcola le forze che le scelte di equilibratura generano, sarà quindi possibile vedere l'entità delle forze, se queste sono preponderanti in direzione orizzontale o verticale, e fare di conseguenza le opportune valutazioni anche in relazione alla tipologia di telaio e veicolo su cui è applicato il motore.

durata delle fasi

durata fasi[*mot]						
	I	II	III	IV	V	VI
blowdown	33.002	33.003	33.003	33.004	33.005	33.006
travaso	129.878	129.938	129.960	129.978	129.988	129.995
exp	64.812	64.901	64.934	64.960	64.975	64.984
compr	65.066	65.036	65.026	65.018	65.014	65.011
scarico	196.011	196.013	196.015	196.017	196.020	196.022
exp	97.813	97.904	97.938	97.964	97.980	97.990
compr	98.198	98.109	98.077	98.054	98.040	98.033

Le scelte di inerzia seppure in maniera lieve alterano la durata delle fasi e questo può modificare la fluidodinamica del motore, pertanto il software in base all'inerzia calcola le fluttuazioni che si hanno nel ciclo motore e come di conseguenza si modificano le fasi di blowdown, di scarico e di travaso.

prestazioni

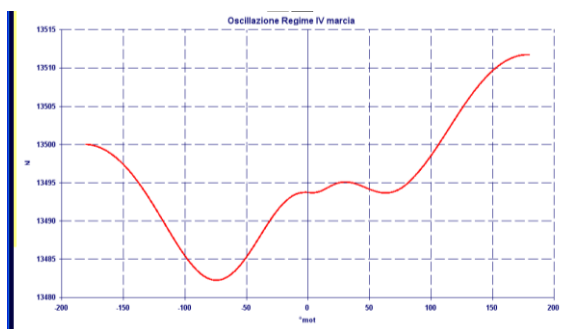
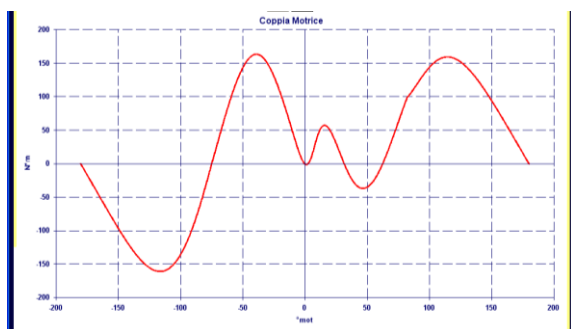
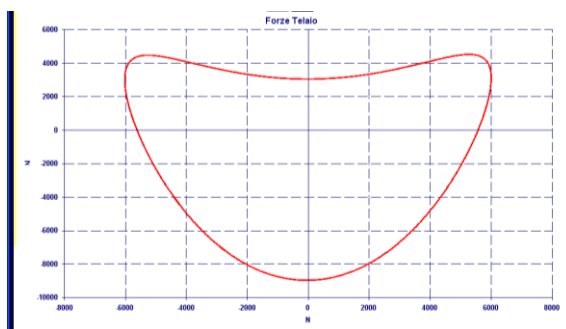
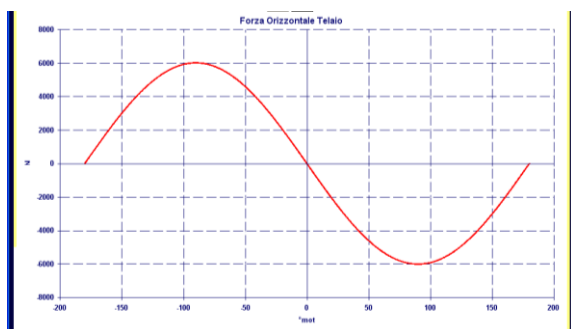
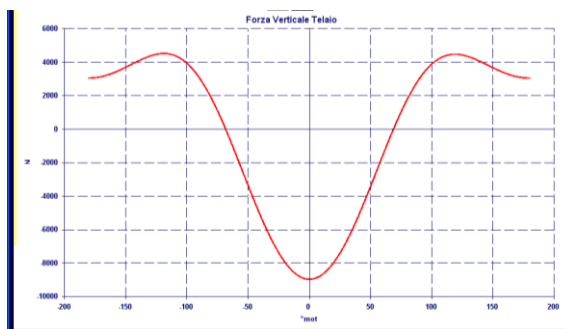
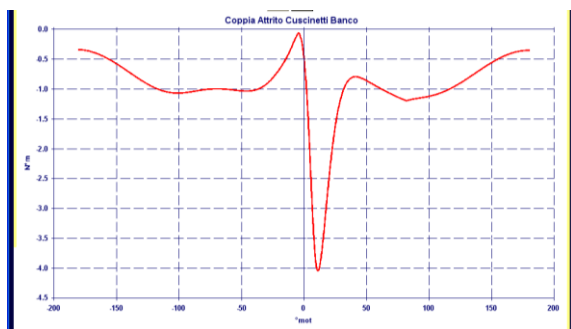
accelerazione e freno motore

ACCELERAZIONE tempo per velocità massima [s] 9.918

FRENO MOTORE arresto da velocità massima [s] 50.704

Oltre alla durata delle fasi le scelte dell'inerzia sono fondamentali per il comportamento del veicolo in fase di accelerazione, nei cambi di marcia, ed in rilascio, per questo motivo il software effettua questi calcoli, e sarà quindi facile vedere come ogni scelta può determinare vantaggi o meno nelle diverse situazioni.

Ciascuno di questi risultati è corredato di relativi grafici per facilitare ancor più le valutazioni e i confronti tra le diverse soluzioni



ALTRE FUNZIONI UTILI DEL SOFTWARE

Molti dei calcoli che abbiamo appena visto nell'area progetto possono essere utilizzati anche per effettuare scelte indipendenti dall'albero motore.

Ad esempio grazie al software è possibile individuare il **regime di cambiata ottimale** per avere la migliore accelerazione in base alla forma della curva di coppia del proprio motore.

Oppure è possibile vedere **l'inerzia che il volano o altro organo collegato all'albero deve avere per migliorare il cambio marcia** in base al tempo di cambiata che un pilota può avere rispetto ad un altro.

E così via per altre valutazioni che si possono fare grazie ai calcoli di simulazione prestazionale di motore e veicolo che il software è in grado di fare.

CONFRONTO SOLUZIONI

Sia per ciò che concerne la fase di analisi, sia per quella di progetto il software consente di confrontare due soluzioni sia per quello che riguarda i risultati numerici, sia per i grafici delle grandezze significative.

In tal modo individuare la soluzione migliore, o valutare i pro e i contro di ciascuna soluzione in base alle proprie necessità risulterà molto semplice ed immediato.

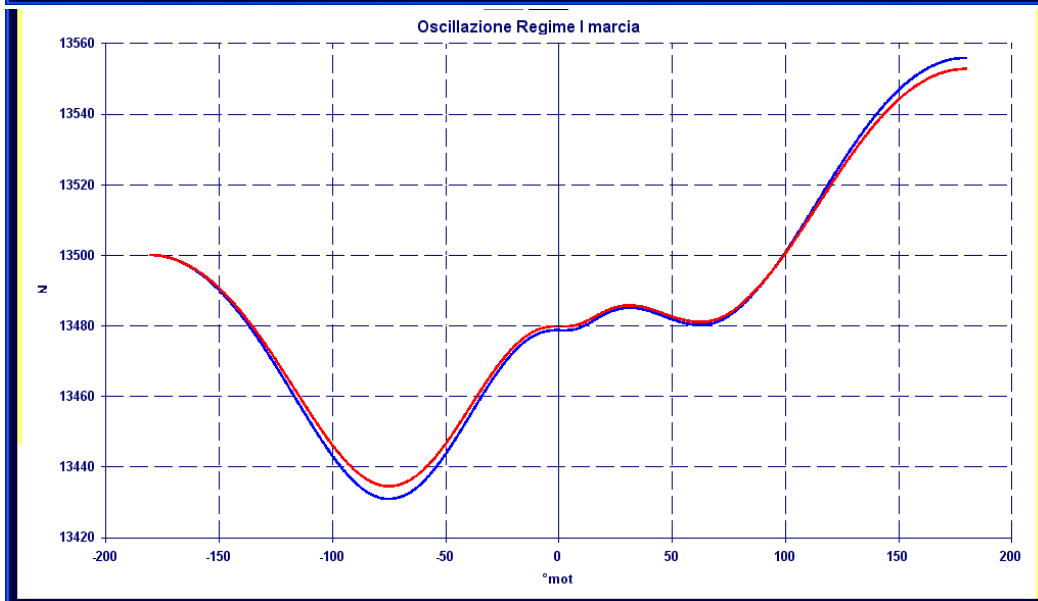
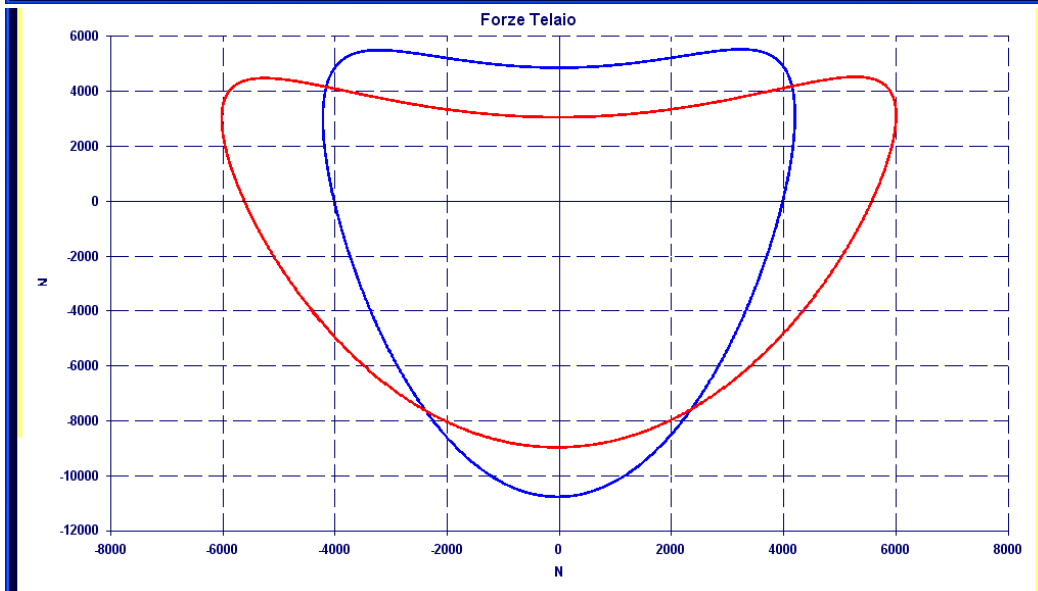
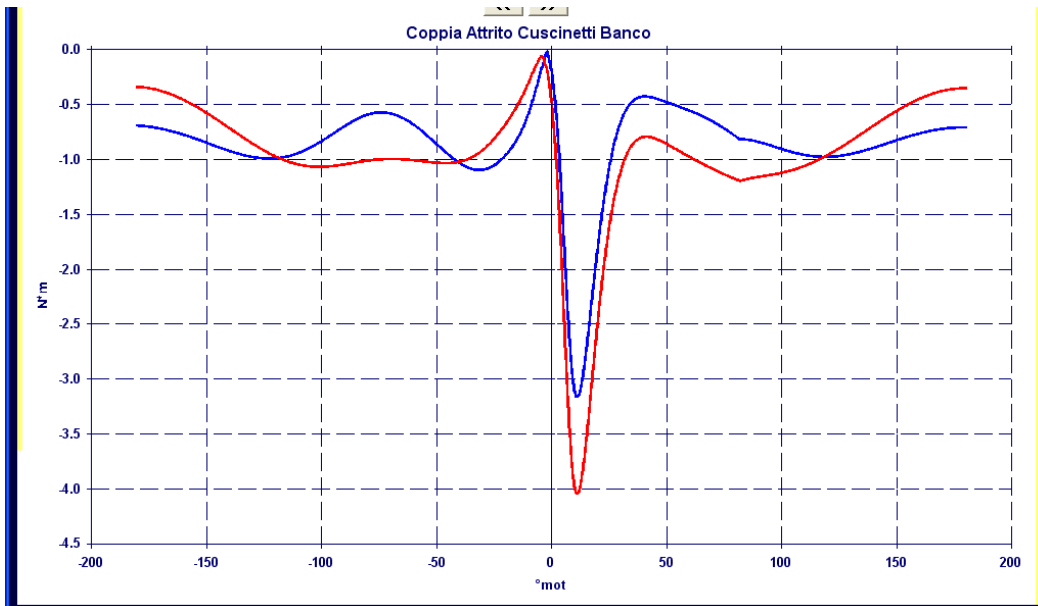
peso albero [Kg]	2.16515	2.05520
equilibratura		
densità contrappesi [Kg/m3]	19250.00	19250.00
equilibratura 1°ordine solo albero [%]	50.59	62.40
equilibratura 1°ordine con controalbero [%]	50.59	62.40
simmetria		
angolo baricentro albero con biella [°]	0.0	0.0
angolo baricentro albero con masse alterne [°]	180.0	180.0
angolo baricentro albero con biella e controalbero (PMS) [°]	0.0	0.0
angolo baricentro albero con masse alterne e controalbero (PMI) [°]	180.0	180.0
inerzia		
inerzia [Kg*mm2]	2200.7	2047.2
inerzia asse accoppiamento [%]	5.0	5.0
inerzia testa di biella [%]	4.1	4.1
inerzia spallamenti [%]	-3.8	-3.8
inerzia contrappesi [%]	7.0	8.2
inerzia fori [%]	0.0	-9.1

peso albero [Kg]				2.13668	2.17334	
equilibratura						
equilibratura 1°ordine solo albero [%]				50.00	50.00	
equilibratura 1°ordine con controalbero [%]				50.00	50.00	
contrappesi [n°]	spessore [mm]	diametro [mm]	raggio [mm]	angoli [deg]		
1	20.0	21.9	25.4	180		
2	20.0	17.0	23.0	156 / 204		
inerzia						
asse biella [%]	testa biella [%]	spallamenti [%]	contrappesi [%]	lavorazioni [%]	totale [Kg*mm2]	
5.0	4.1	-3.8	6.2	0.0	2211.7	
5.0	4.1	-3.8	6.0	0.0	2208.4	

durata fasi[*mot]						
	I	II	III	IV	V	VI
blowdown	33.002	33.003	33.003	33.004	33.005	33.006
	33.001	33.002	33.003	33.004	33.005	33.006
travaso	129.878	129.938	129.960	129.978	129.988	129.995
	129.870	129.935	129.959	129.977	129.988	129.995
exp	64.812	64.901	64.934	64.960	64.975	64.984
	64.800	64.898	64.932	64.959	64.974	64.984
compr	65.066	65.036	65.026	65.018	65.014	65.011
	65.070	65.038	65.027	65.018	65.014	65.011
scarico	196.011	196.013	196.015	196.017	196.020	196.022
	196.010	196.013	196.015	196.017	196.020	196.022
exp	97.813	97.904	97.938	97.964	97.980	97.990
	97.801	97.900	97.936	97.963	97.979	97.989
compr	98.198	98.109	98.077	98.054	98.040	98.033
	98.209	98.112	98.079	98.054	98.041	98.033

manovellismo			
	MIN	MAX	MED
forza attrito pistone-cilindro [N]	0.00	186.38	92.98
	0.00	186.38	92.98
coppia attrito banco [N*m]	0.06	4.04	0.96
	0.02	3.16	0.87
forza verticale telaio [N]	-8977.65	4512.37	2.11
	-10780.81	5515.10	3.36
forza orizzontale telaio [N]	-6010.59	6010.59	0.00
	-4207.41	4207.41	0.00
coppia motrice [N*m]	-161.26	163.15	24.08
	-161.24	163.11	24.17
potenza motrice [CV]	-310.05	313.68	46.30
	-310.02	313.61	46.47

prestazioni	
ACCELERAZIONE tempo per velocità massima [s]	9.918 9.894
FRENO MOTORE arresto da velocità massima [s]	50.704 48.628



Come avete potuto vedere da questa presentazione, il software Crankshaft Balance Design è uno strumento fondamentale nello sviluppo dell'albero motore, in quanto è l'unico software che vi consente di analizzare e studiare l'albero motore potendo valutare tutti gli aspetti tecnici significativi e potendo vedere come ogni scelta tecnica si riflette sulle prestazioni e l'affidabilità di motore e telaio.