

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Modellazione, analisi e verifiche strutturali di una pedana per motocicletta stradale

Tutor universitario: Prof. Giovanni Meneghetti

Laureando: *Gabriele Francesco Boccardo*

Padova, 15/11/2024



In questo elaborato verranno condotte analisi strutturali per via analitica e FEM di una pedana poggiapiedi in acciaio ricavata dal pieno dedicata alla Yamaha MT 07 2024.

Le linee guida per la realizzazione e progettazione di tale componente meccanico sono:

- **Sicurezza** del conducente;
- **Manovrabilità** del mezzo;
- **Estetica**;
- **Resistenza** nel tempo.

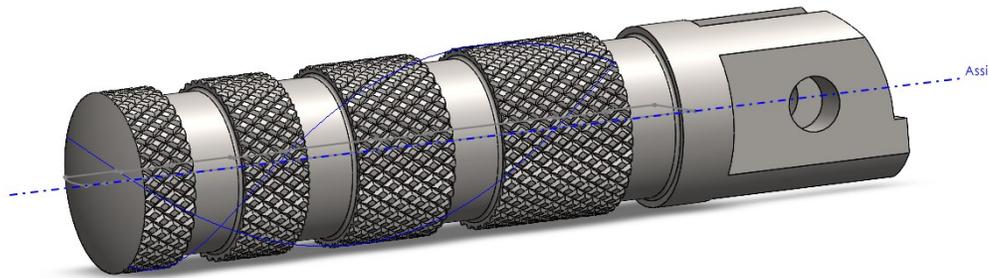
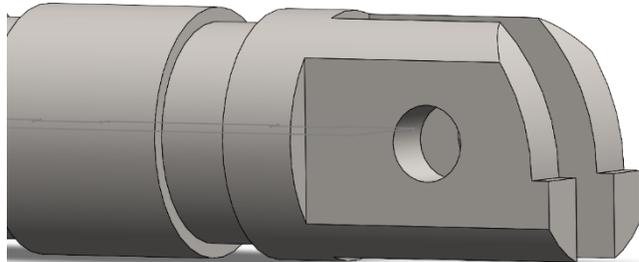
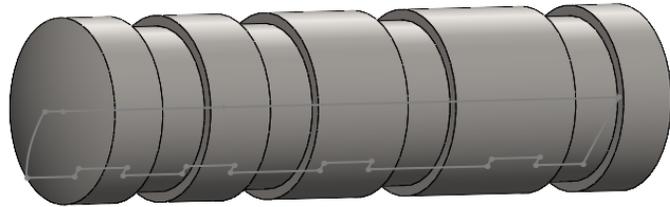
La pedana dovrà resistere a numerosi carichi esterni quali:

- **Peso** del pilota;
- Forza esercitata in fase di **accelerazione**;
- Forza esercitata in fase di **frenata**;
- Forza esercitata in fase di **sterzata**;
- **Vibrazioni** trasmesse dal telaio;
- **Carichi accidentali** (caduta e/o sollevamento).



- **Modellazione** delle pedane via **CAD 3D** ai fini di disporre di un modello tridimensionale del componente da analizzare;
- **Verifiche statiche** con il fine di condurre un'analisi preliminare del componente meccanico in condizioni stazionarie;
- **Verifica a fatica** per la stima della vita del componente e del suo comportamento sotto effetto di cicli di carico ripetuti nel tempo;
- **Analisi FEM** per attuare un confronto tra i risultati ottenuti per via analitica e per mezzo di un calcolatore, con l'obiettivo di confermare e correggere eventuali sovrastime o sottostime delle tensioni agenti sulla pedana.





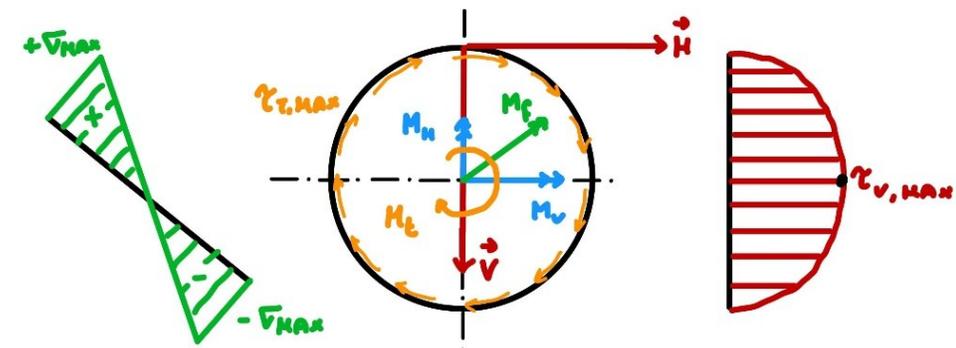
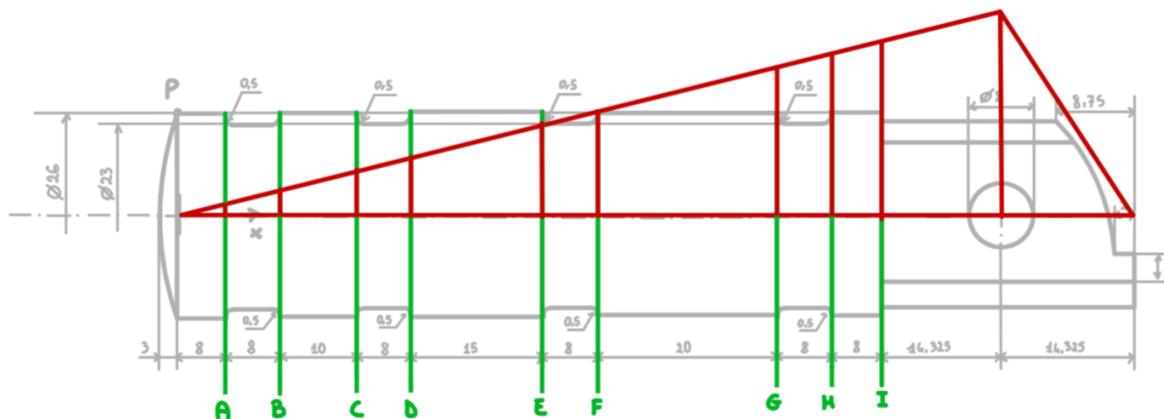
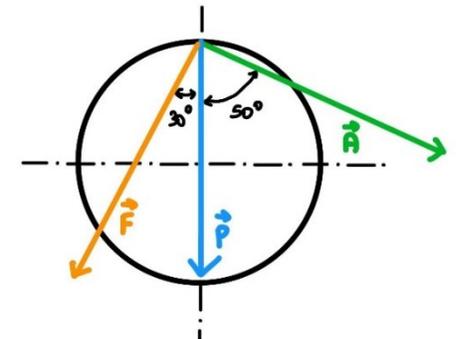
Il primo passo consiste nella modellazione 3D della pedana secondo il seguente schema

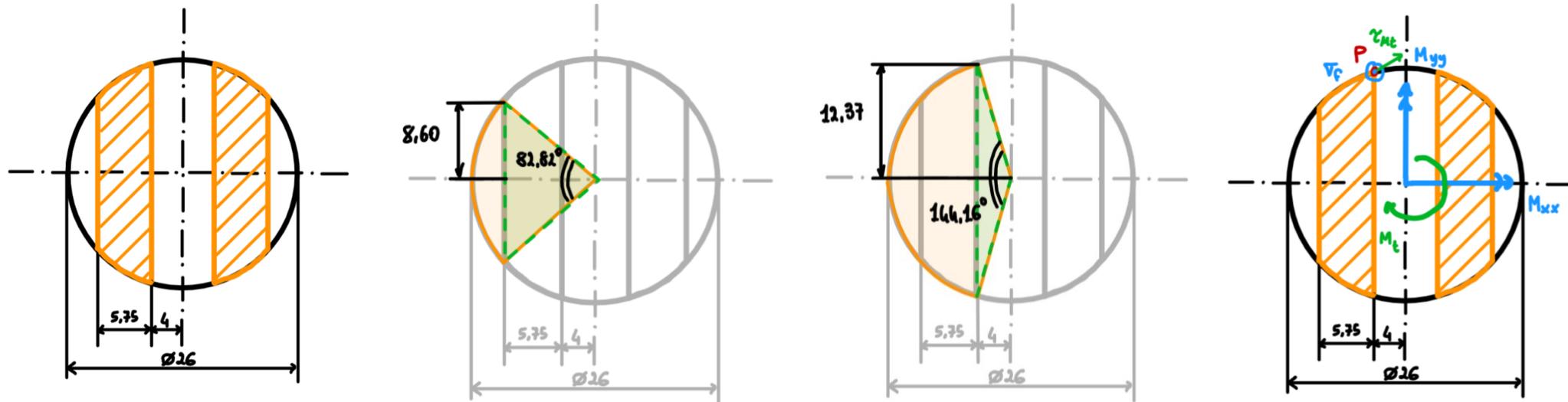
- **Raccolta** delle dimensioni globali del pezzo (step che introduce *errori di misura ineliminabili*);
- Realizzazione del **corpo principale**;
- **Estrusione** delle **alette posteriori** per il fissaggio a telaio (la pedana è *ricavata dal pieno*);
- Realizzazione della **finitura superficiale** (*zigrinatura*);
- Scelta del **materiale** (S355 caratterizzato da un'ottima *resistenza a fatica, duttilità, saldabilità* e da un *costo* relativamente *contenuto*).

Per le verifiche statiche della pedana è stata fatta un'approssimazione di quest'ultima ad una **trave snella incastrata** in corrispondenza del perno con coppiglia. Tale approccio ha permesso di studiare le tensioni in corrispondenza di tutte le **sezioni critiche**, ovvero in corrispondenza di ogni cambio diametro.

Dopo aver applicato i carichi esterni in un punto che generasse **momenti flettenti massimi**, attraverso il **criterio di resistenza di Von Mises** si è calcolato il coefficiente di sicurezza, verificando che fosse maggiore o uguale a 1,6.

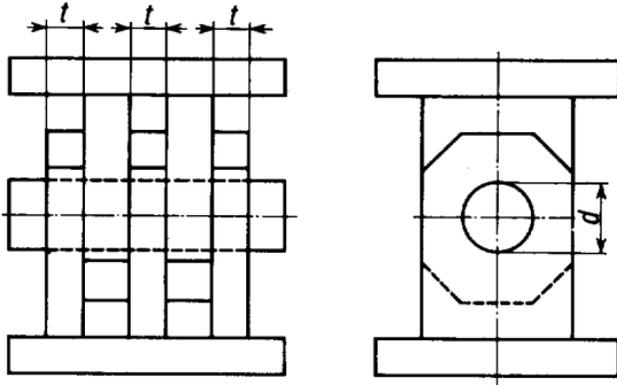
Forze sulla Pedana [N]	
Peso	490,30
Accelerazione	330,69
Frenata	185,19
V	863,24
H	160,73





Per la sua verifica statica della sezione in corrispondenza del collegamento, data la sua **complessità geometrica**, si è seguito il seguente procedimento:

1. calcolo dell'**area totale** della *sezione reale* riportata in figura;
2. **approssimazione** della sezione con due **rettangoli** aventi stessa area e stessa larghezza della sezione reale;
3. calcolo dei **momenti d'inerzia** dei due rettangoli e **applicazione** di questi **alla sezione reale** per la verifica statica;
4. calcolo della **tensione ideale** nel **punto più sollecitato** della sezione reale;
5. calcolo del **coefficiente di sicurezza**.



La pedana deve essere fissata a telaio mediante un **perno con coppiglia**, collegamento non presente all'interno della normativa UNI 10011. Con buona approssimazione, tale collegamento può essere analizzato facendo riferimento alla sezione della normativa dedicata alle **cerniere a perno**.

In riferimento a questo tipo di collegamenti, la normativa chiede di effettuare una **verifica di rifollamento** del foro nel quale andrà inserito il perno secondo la seguente relazione:

$$\sigma_{rif} \leq 1.35 \cdot \sigma_{adm} \quad \sigma_{rif} = \frac{F_{perno}}{\sum d \cdot t}$$

Sulla base dei carichi esterni applicati alla pedana si sono ottenuti i seguenti risultati che permettono di affermare che **il collegamento è verificato secondo normativa UNI 10011**.

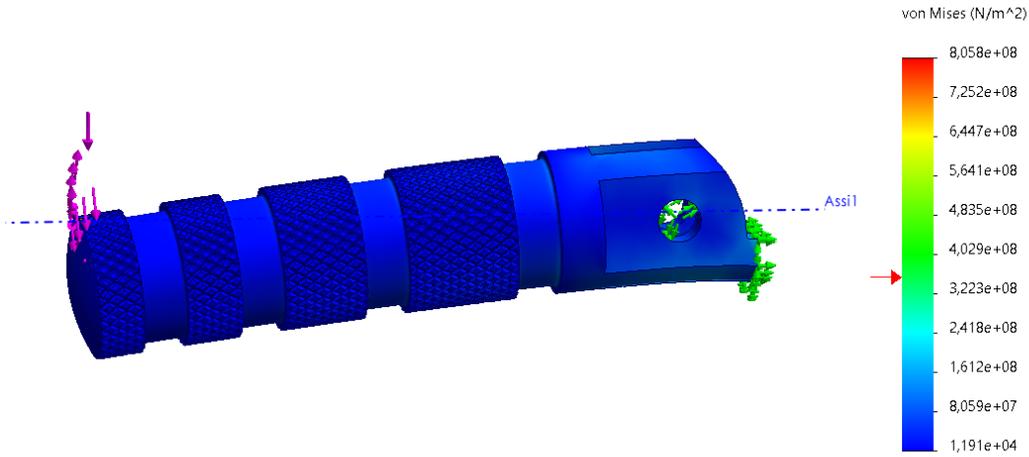
$$\sigma_{rif} = \frac{5701.58}{92} = 61.97 \text{ MPa} \leq 1.35 \cdot 240 = 324 \text{ MPa}$$

Le **verifiche a fatica** sono state condotte in corrispondenza delle stesse sezioni critiche analizzate nelle verifiche statiche, fatta eccezione per la sezione in corrispondenza del collegamento che verrà analizzata mediante analisi FEM data la sua complessità geometrica. I coefficienti correttivi sono stati ricavati per via grafica dai **diagrammi del Peterson** ($K_f=1.967$, $K_d=1.12$, $K_l=1.13$, $K_v=1$) mentre per quanto riguarda il limite a fatica si è considerato un carico esterno con **rapporto di ciclo nullo** $R=0$. Conducendo una **verifica a fatica a vita infinita** si sono ottenuti i seguenti risultati:

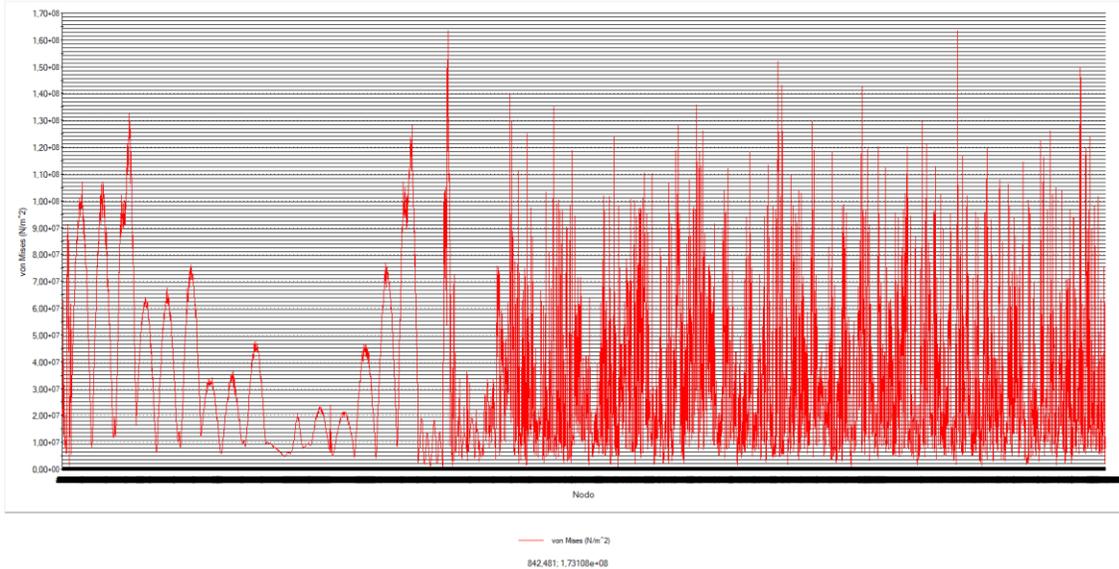
SEZIONE	x	M _H [N*mm]	M _V [N*mm]	M _f [N*mm]	σ [Mpa]	σ _{id}	v	σ _a	vσ
H	85	13661,96	73375,15	74636,20	62,48	62,50	5,68	31,24	2,34
G	77	12376,13	66469,26	67611,62	56,60	56,62	6,27	28,30	2,58
F	57	9161,55	49204,52	50050,16	41,90	41,92	8,47	20,95	3,49
E	49	7875,72	42298,62	43025,58	36,02	36,04	9,85	18,01	4,06
D	34	5464,79	29350,06	29854,48	24,99	25,03	14,18	12,50	5,85
C	26	4178,95	22444,16	22829,90	19,11	19,16	18,53	9,56	7,65
B	16	2571,66	13811,79	14049,17	11,76	11,84	29,99	5,88	12,43
A	8	1285,83	6905,90	7024,58	5,88	6,03	58,86	2,94	24,85
I	93	14947,80	80281,05	81660,79	116,71	116,78	3,04	58,36	/

Considerando che i carichi esterni rappresentano un **caso peggiorativo della realtà** e dati i valori dei coefficienti di sicurezza riportati in tabella si può concludere che la pedana risulta essere **verificata dal punto di vista statico e a fatica secondo normativa**.

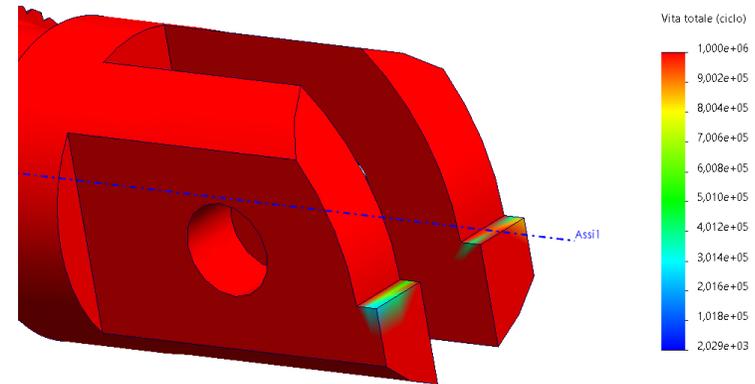
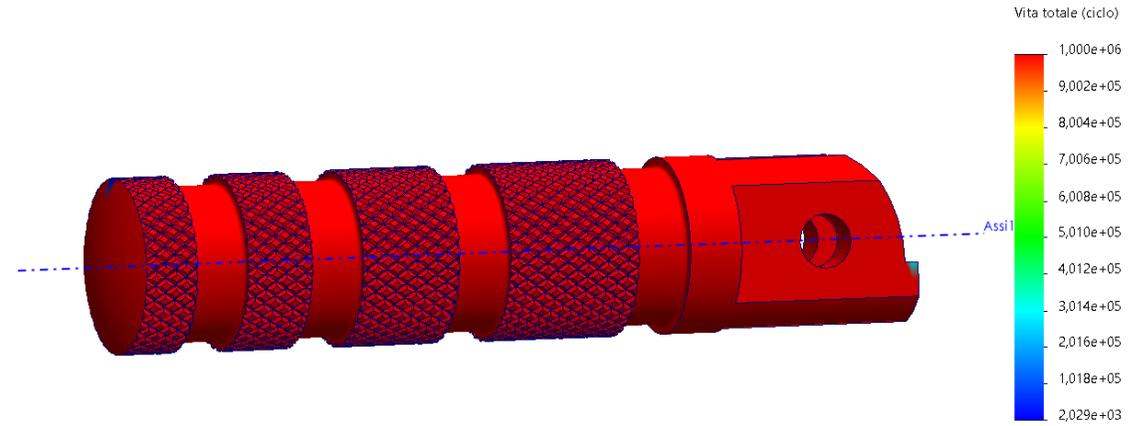
Verifica Statica



Nome studio: Analisi statica 1 {Default}
Tipo di grafico: Analisi statica sollecitazione nodale Sollecitazione 1



Verifica a Fatica



SEZIONE	v	v_{σ}
H	5,68	2,34
G	6,27	2,58
F	8,47	3,49
E	9,85	4,06
D	14,18	5,85
C	18,53	7,65
B	29,99	12,43
A	58,86	24,85
I	3,04	/

Dati i valori dei coefficienti di sicurezza ricavati per via analitica nelle sezioni dedicate all'analisi statica e a fatica in corrispondenza delle sezioni critiche e del suo collegamento a telaio, **la pedana** in esame **risulta** essere **verificata secondo normativa**, in quanto i coefficienti risultano tutti superiori al limite inferiore posto pari a $v=1,6$.

Oltre a ciò, l'**analisi FEM** condotta per mezzo di *Solidworks Simulation* ha permesso di confermare il comportamento della pedana stessa e di analizzare più nel dettaglio le criticità derivanti dalla semplificazione dei carichi esterni e dalla loro metodologia di applicazione (quali il forte grado di usura e sollecitazione in corrispondenza del gradino posteriore in battuta con il telaio del motoveicolo).

OSSERVAZIONE: le semplificazioni attuate sui carichi esterni non rappresentano un punto di debolezza delle analisi e delle verifiche condotte ma, al contrario, tali semplificazioni hanno permesso di condurre le verifiche stesse in modo più pratico e agevole, senza andare a compromettere la *sicurezza* dell'elemento meccanico in esame. La forte variabilità dei carichi esterni e le numerose combinazioni possibili degli stessi avrebbero infatti generato delle sollecitazioni inferiori in modulo rispetto a quelle considerate, dunque l'intera analisi si è basata su una *sovrastima dei carichi effettivi*, fatto che permette di concludere che **la pedana è stata progettata in sicurezza** in relazione al suo utilizzo effettivo nella pratica quotidiana.