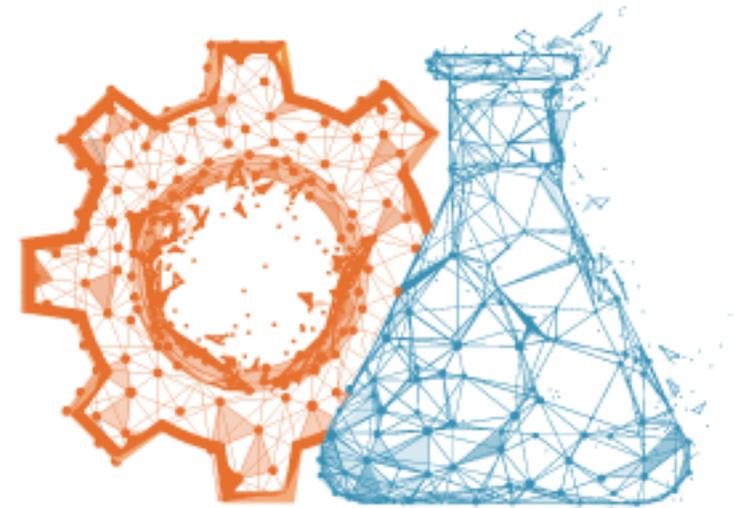


# Test engineering per l'additive manufacturing

Case study di caricamento multiassiale su  
forcella realizzata  
in additive manufacturing



# Gli attori del progetto



Design ed ottimizzazione topologica del componente per poterlo realizzare con tecnologie additive



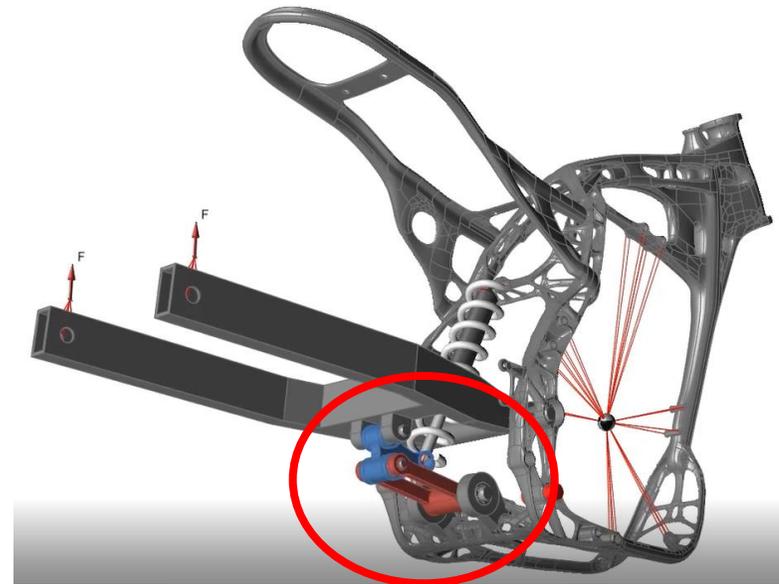
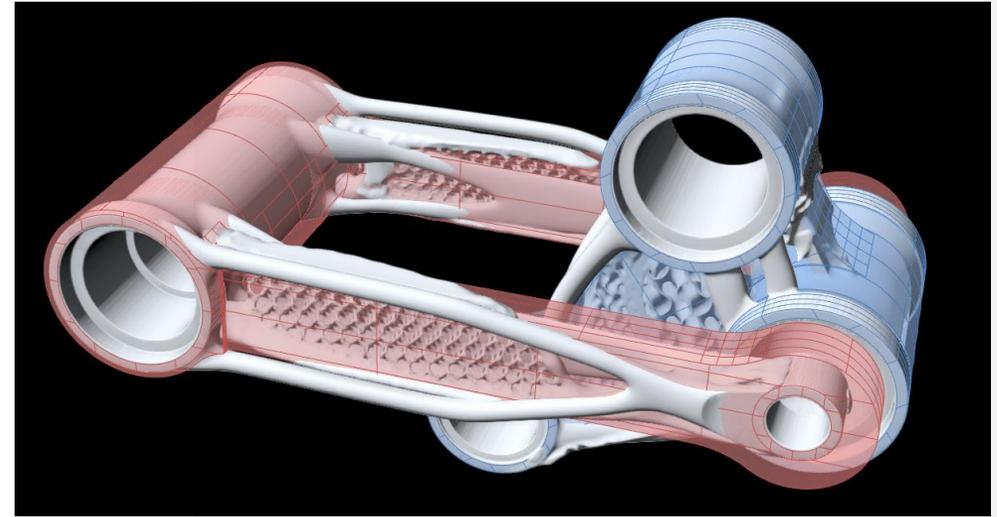
Scelta della polvere più adatta (alternativa a lega AW – 7075) e stampa del componente mediante L-PBF



Elaborazione procedura di controllo, esecuzione dei test e presentazione risultati sperimentali

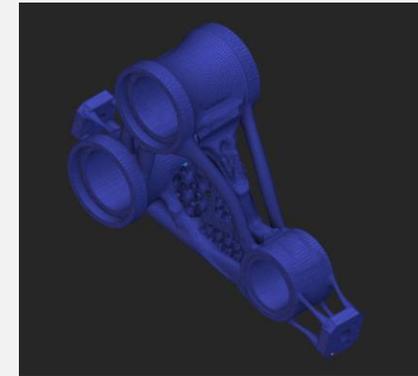
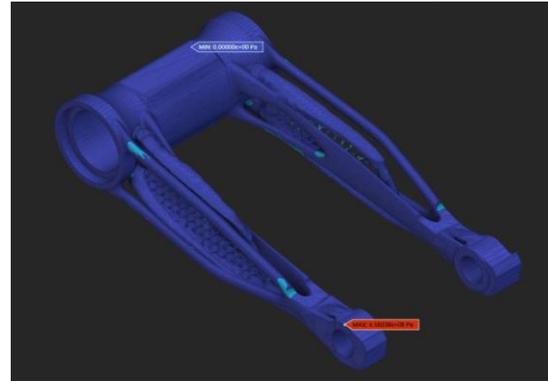
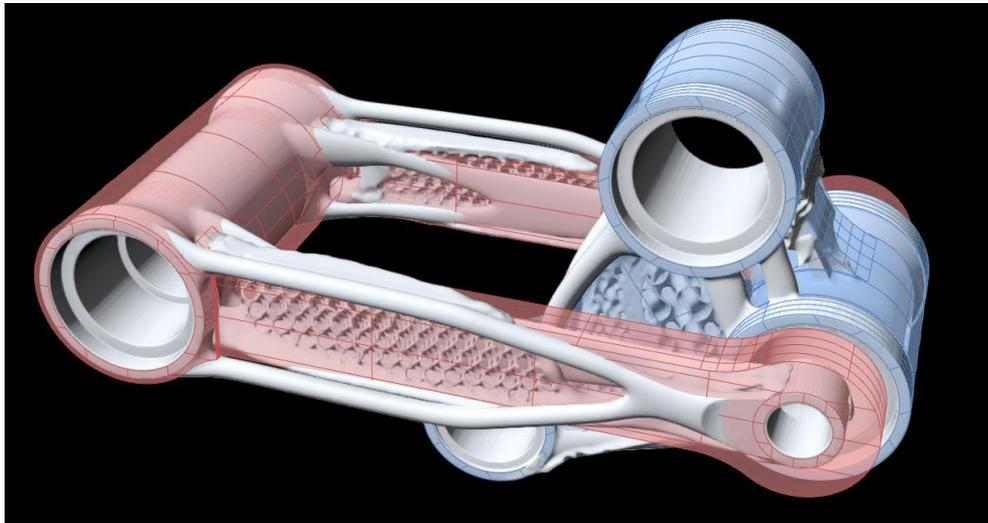
# Scopo del progetto

- Scopo primario del cliente è lo sviluppo di un telaio per moto da motocross che possa **ottimizzare il proprio peso complessivo senza pregiudicarne la sicurezza e la durata in esercizio.**
- Ci si è concentrati sull'ottimizzazione del **leveraggio** progettandolo con un **design space** modificato e utilizzando **un materiale alto-resistenziale** specifico, in modo da massimizzare i risultati in termini di leggerezza e rigidità dell'assieme finale
- Raggiunta la fase prototipale è quindi necessario **verificare sperimentalmente** che i calcoli del progetto, il materiale utilizzato e il processo produttivo scelto confermassero le performance sperate del componente prima di una eventuale fase di collaudo con intero veicolo o, addirittura, con un pilota

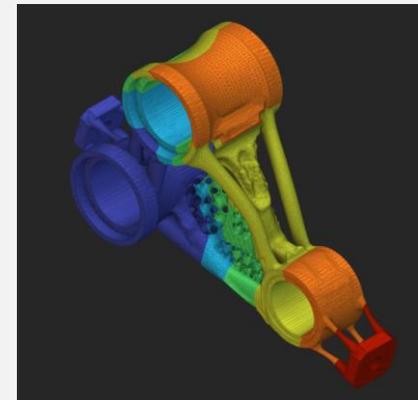
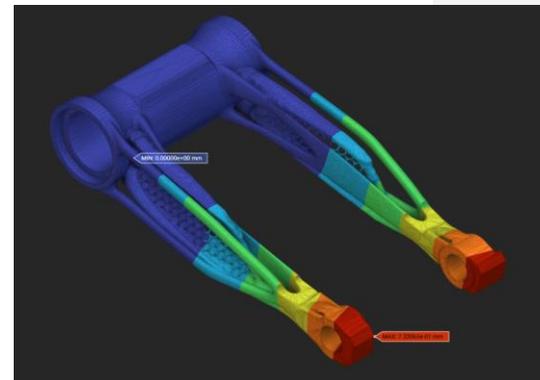


# Simulazione preliminare

**Simulazione FEM e analisi dell'intera cinematica** del telaio della moto, utilizzando un load-case proveniente da prove off-road e ipotizzando il **caso peggiorativo** di atterraggio sulla sola ruota posteriore.



Von Mises Stresses



Displacement

# Approccio sperimentale adottato da TEC Eurolab

FASE 1



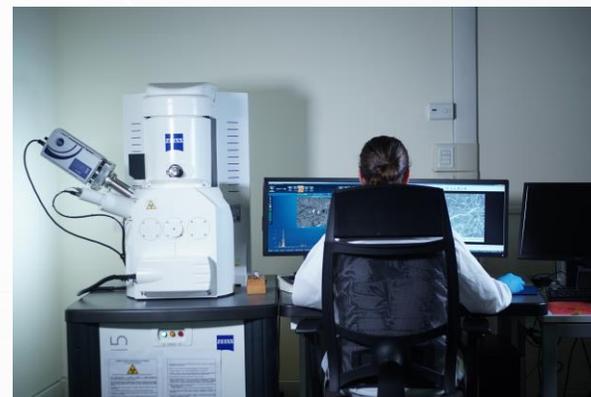
Analisi tomografica del componente nuovo

FASE 2



Prova statica (resistenza al carico massimo) e di fatica (ciclo sinusoidale ed endurance test in condizioni reali)

FASE 3



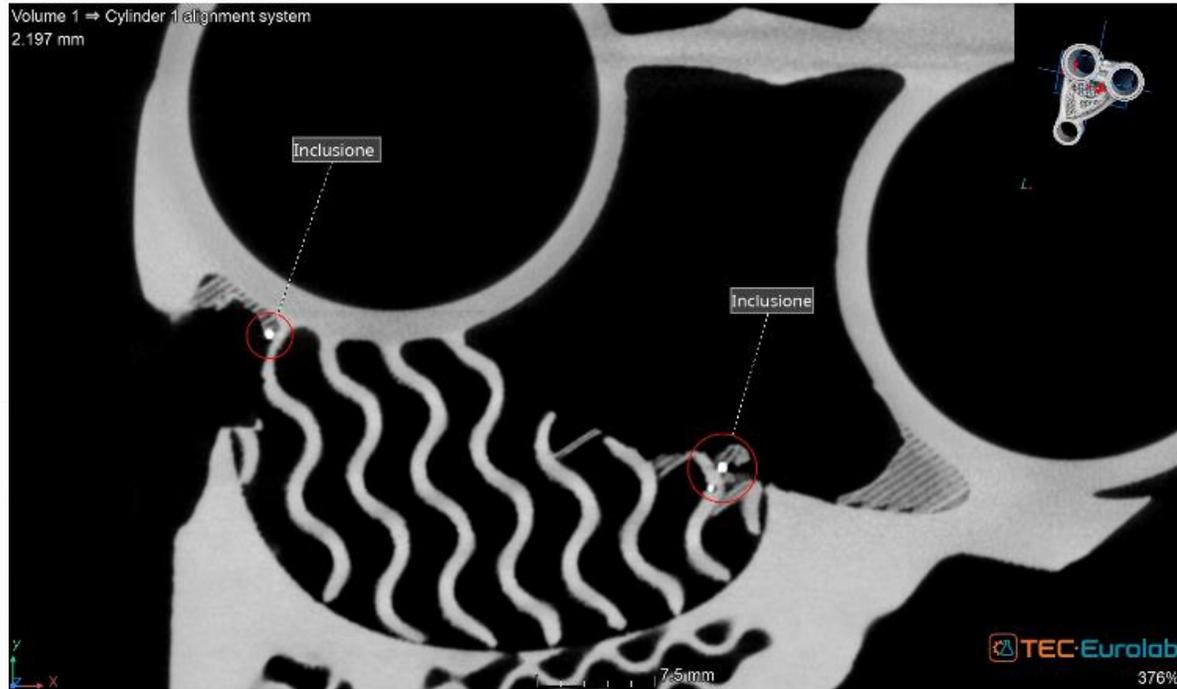
Analisi modalità danneggiamento (eventuale)

FASE 4



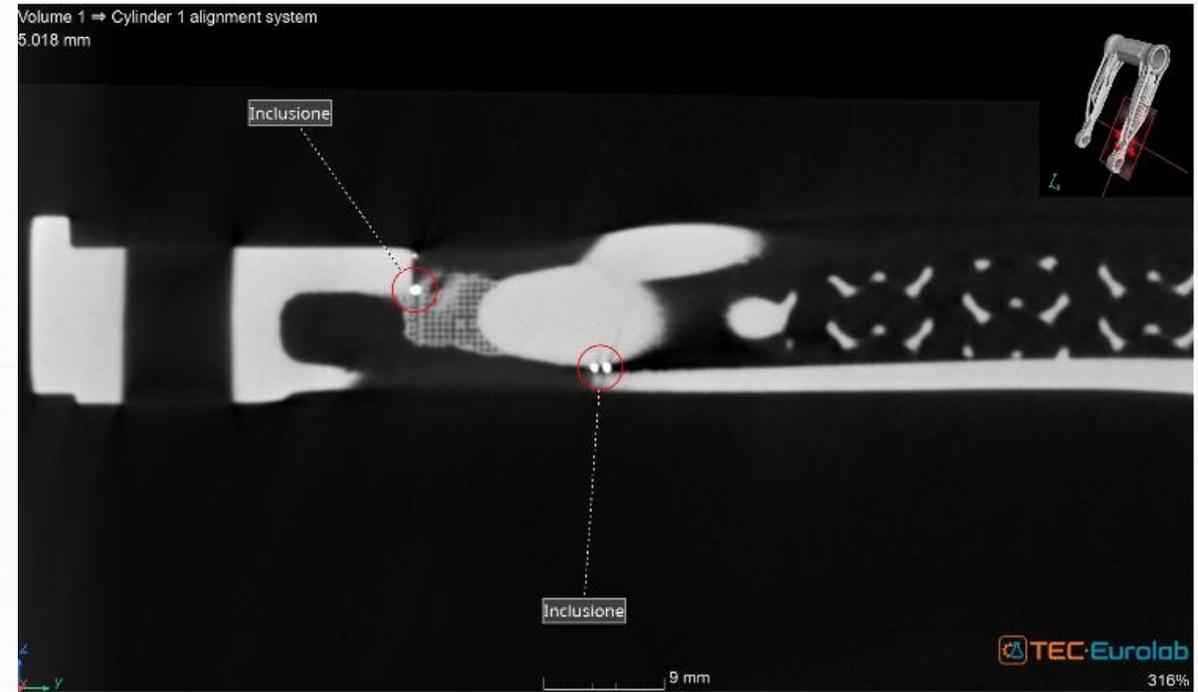
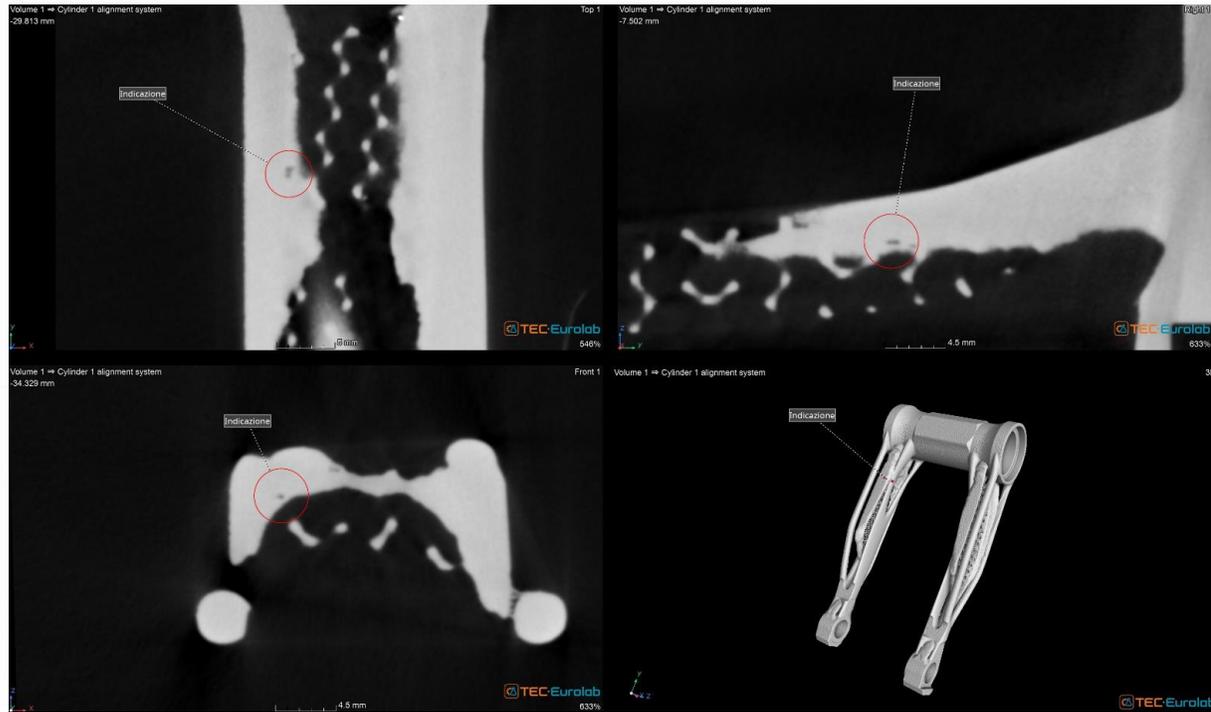
Analisi tomografica per verificare lo stato di integrità del componente

# Fase 1 - Analisi tomografica del componente nuovo



Difettologie lievi: inclusioni residui di polvere intrappolata nella struttura lattice

# Fase 1 - Analisi tomografica del componente nuovo



Difettologie lievi: inclusioni e indicazioni superficiali

# TEST ENGINEERING IN TEC EUROLAB

## TEST STATICI E DINAMICI

- 8 Banchi prova modulari per setup customizzati
- Più di 20 attuatori pneumatici ed elettromeccanici (da 50N a 30kN)
- 4 sistemi prova per l'esecuzione di test static e dinamici (da 1kN a 500kN)



## TEST TERMOFLUIDODINAMICI

- Sistemi ausiliari la preparazione ed esecuzione di test customizzati in olio ed acqua ed aria
- Banco prova oleodinamico per test in pressione pulsata fino a 350bar
- Sistemi di prova pneumatici per l'esecuzione di prove statiche e dinamiche fino a 30bar
- Sistemi di generazione del vuoto per vacuum test static e dinamici
- 

LABORATORIO



TEST ENGINEERING



CONTROLLI NON DISTRUTTIVI

## ENVIRONMENTAL TEST

- 4 camere climatiche ausiliarie per il condizionamento dell'ambiente di prova anche durante i test termofluidodinamici (Temperature da -80°C a 180°C, controllo RH, Dimensioni fino a 2mq)
- Thermal Shock Chamber (Temp -70°C/+220°C | -80°C/+100°C)



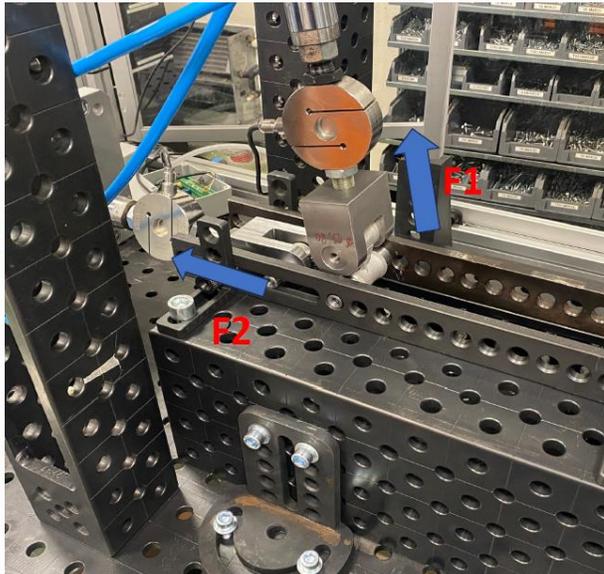
## SISTEMI DI CONTROLLO ED ACQUISIZIONE

- 5 sistemi di controllo ed acquisizione real time (fino a 4 assi di controllo indipendenti e simultanei, fino a 40 canali in acquisizione)
- 4 sistemi di acquisizione specifici (strain gauges, termocoppie, accelerometri, sensori di pressione, trasduttori di forza ecc., fino a 16 in contemporanea)

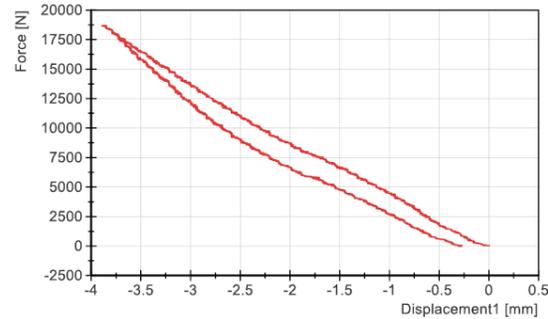
# Fase 2A - Prova statica

## Test statico a massimo carico

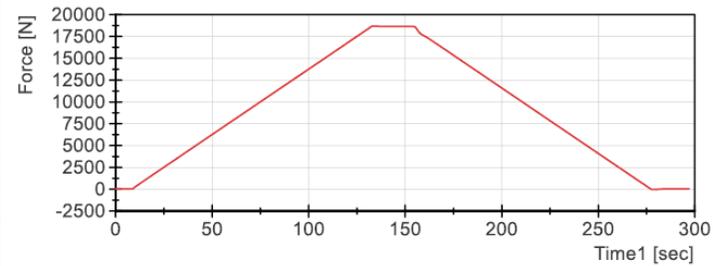
PARAMETRI DI PROVA	
Tipologia di prova	Test statico a carico massimo
Raggiungimento massimo carico con SF e valutazione deformazioni	Caricamento simultaneo con F1 = 18kN F2 = 7kN



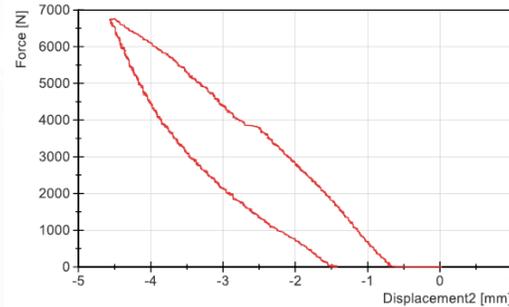
F1 - Curva Forza (N) vs spostamento (mm)



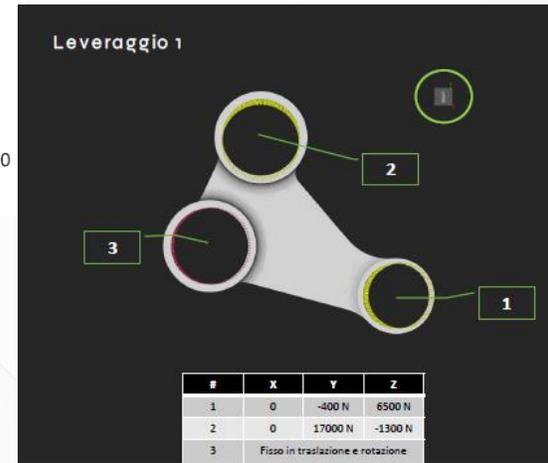
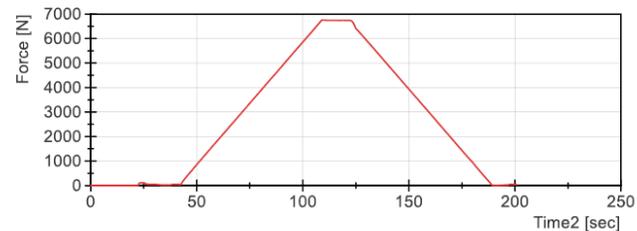
F1 - Curva Forza (N) vs tempo (mm)



F2 - Curva Forza (N) vs spostamento (mm)

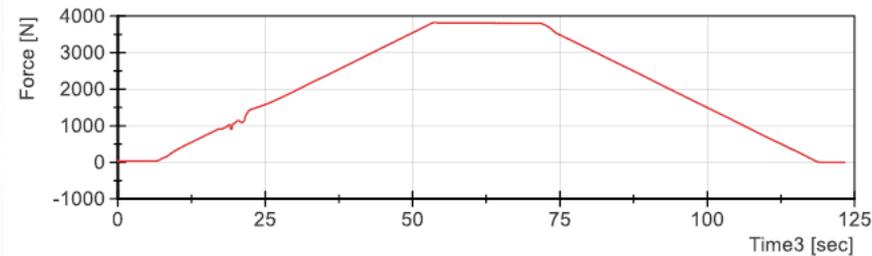
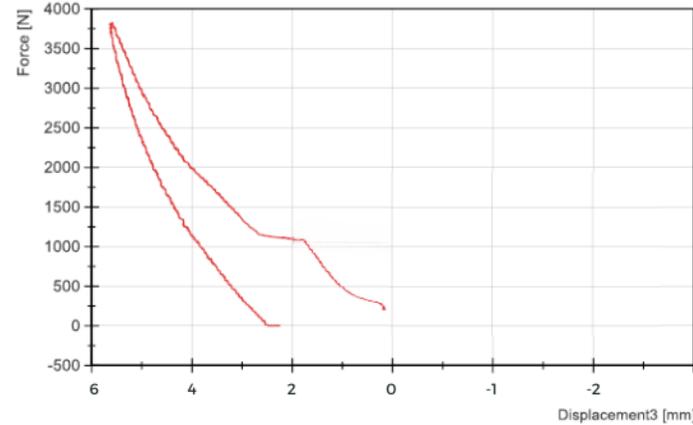


F2 - Curva Forza (N) vs tempo (mm)



# Fase 2A - Prova statica

## Test statico a massimo carico



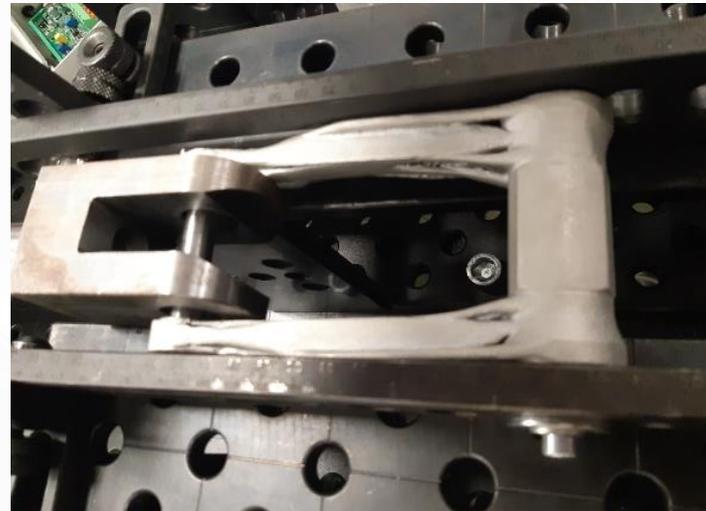
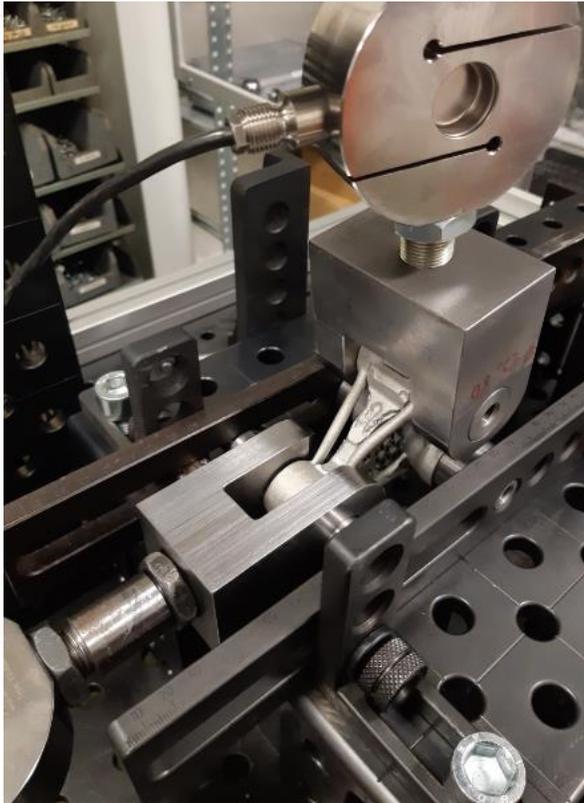
PARAMETRI DI PROVA	
Tipologia di prova	Test statico a carico massimo
Raggiungimento massimo carico con SF e valutazione deformazioni	Caricamento monoassiale con vincolo rigido $F = 3,7\text{kN}$



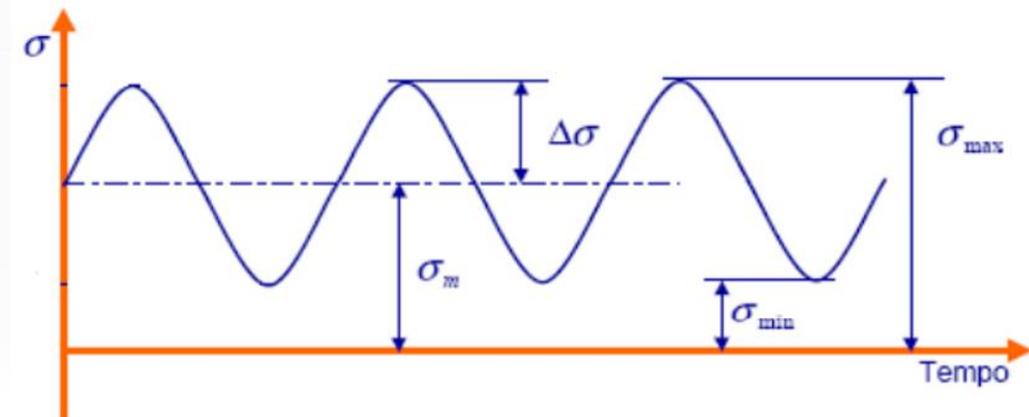
- Sollecitazione gradualmente crescente fino al carico massimo
- Verifica di danneggiamenti e deformazioni residue

# Fase 2B - Prova di fatica

## Test a fatica (profilo impostato)



PARAMETRI DI PROVA	
Tipologia di prova	Test di fatica con profilo sinusoidale
N° cicli di prova / frequenza di prova	100.000 cicli / 2Hz
Carico	70% carico massimo (100% carico pari a 3,7kN)

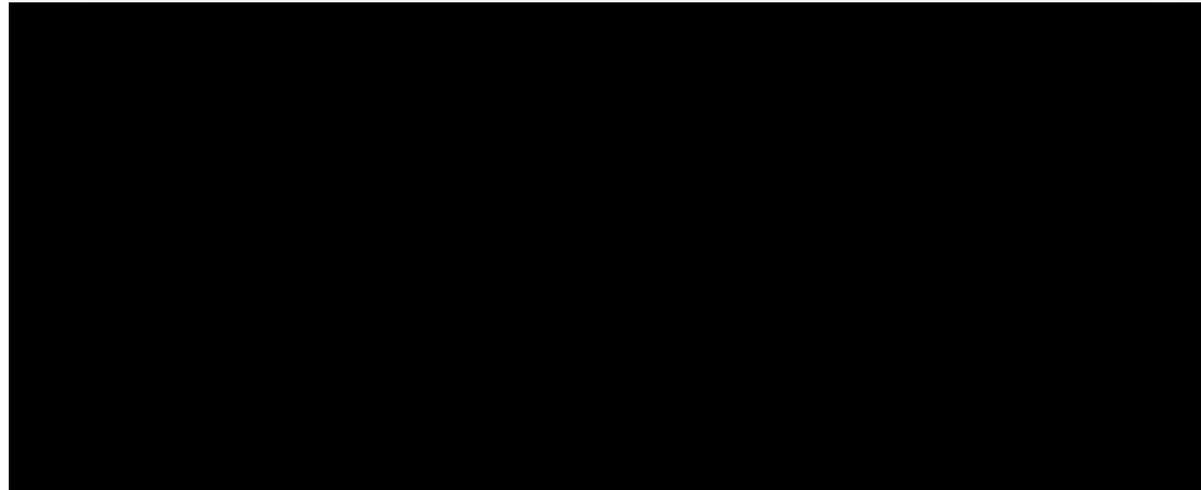
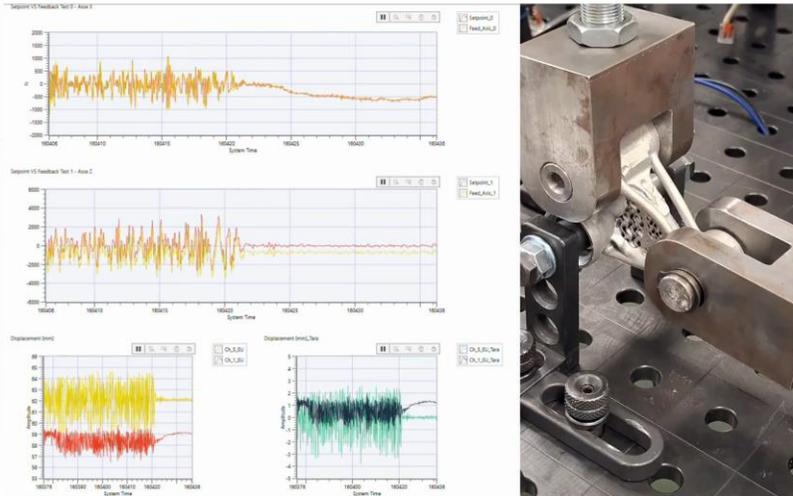


In queste prove si analizza come eventuali difetti o anomalie di stampa del componente potrebbero andare ad influenzare il comportamento a fatica della parte, sottoposta a carico sinusoidale.

# Fase 2B - Prova di fatica

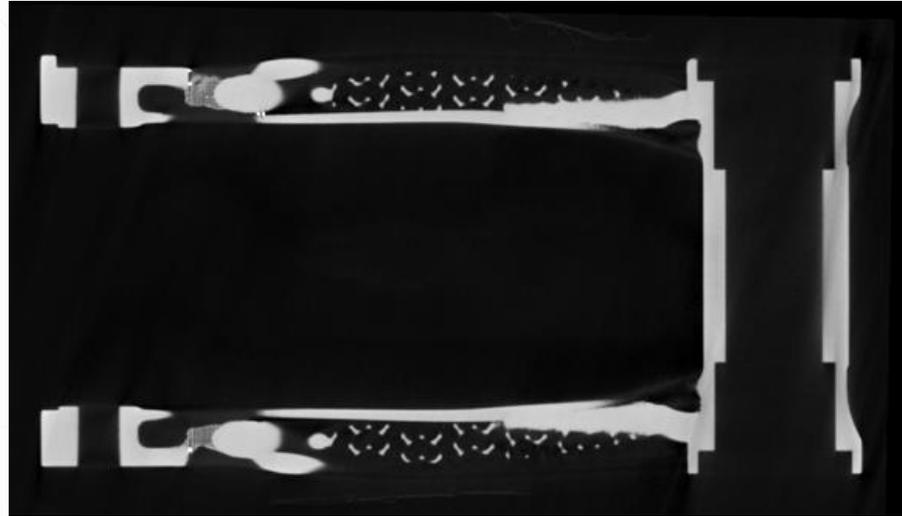
## Endurance test con sollecitazione multiassiale

PARAMETRI DI PROVA	
Tipologia di prova	Simulazione di funzionamento – endurance test
N° cicli di prova / frequenza di prova	N° giri di pista
Carico	Profilo di carico campionato come da prova su pista



- Replica delle forze previste in utilizzo su banco prova.
- Si riproduce la condizione di funzionamento reale, senza necessità di test sul veicolo completo.

## Fase 4 - Analisi tomografica del componente dopo i test



Non si riscontrano inneschi di cricche superficiali o altri difetti dopo i test a banco

# Sintesi risultati sperimentali

- L'analisi tomografica evidenzia una buona realizzazione del componente che presenta difetti di dimensione trascurabile e alcune inclusioni
- Le prove strutturali, in particolare le prove di carico statico, **confermano la resistenza ai carichi di progetto** e confermano la bontà delle simulazioni FEM
- Si conferma **ottimale la scelta del materiale utilizzato**, ovvero la lega di alluminio alto-resistenziale m4p™ StrengthAl
- L'endurance test inoltre conferma che il **design ed il processo sono idonei alle sollecitazioni previste** in un eventuale utilizzo su strada.
- Analisi tomografica post test statico e di endurance non evidenzia lo sviluppo di cricche superficiali o inneschi di difetti
- Il componente analizzato è attualmente montato su una moto e perfettamente funzionante.



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**