Università degli studi di Pavia

Corso di laurea in ingegneria civile e ambientale

Caratterizzazione meccanica a trazione di Acido Polilattico additivato con grafene e stampato in 3D, con tecnologia FDM.

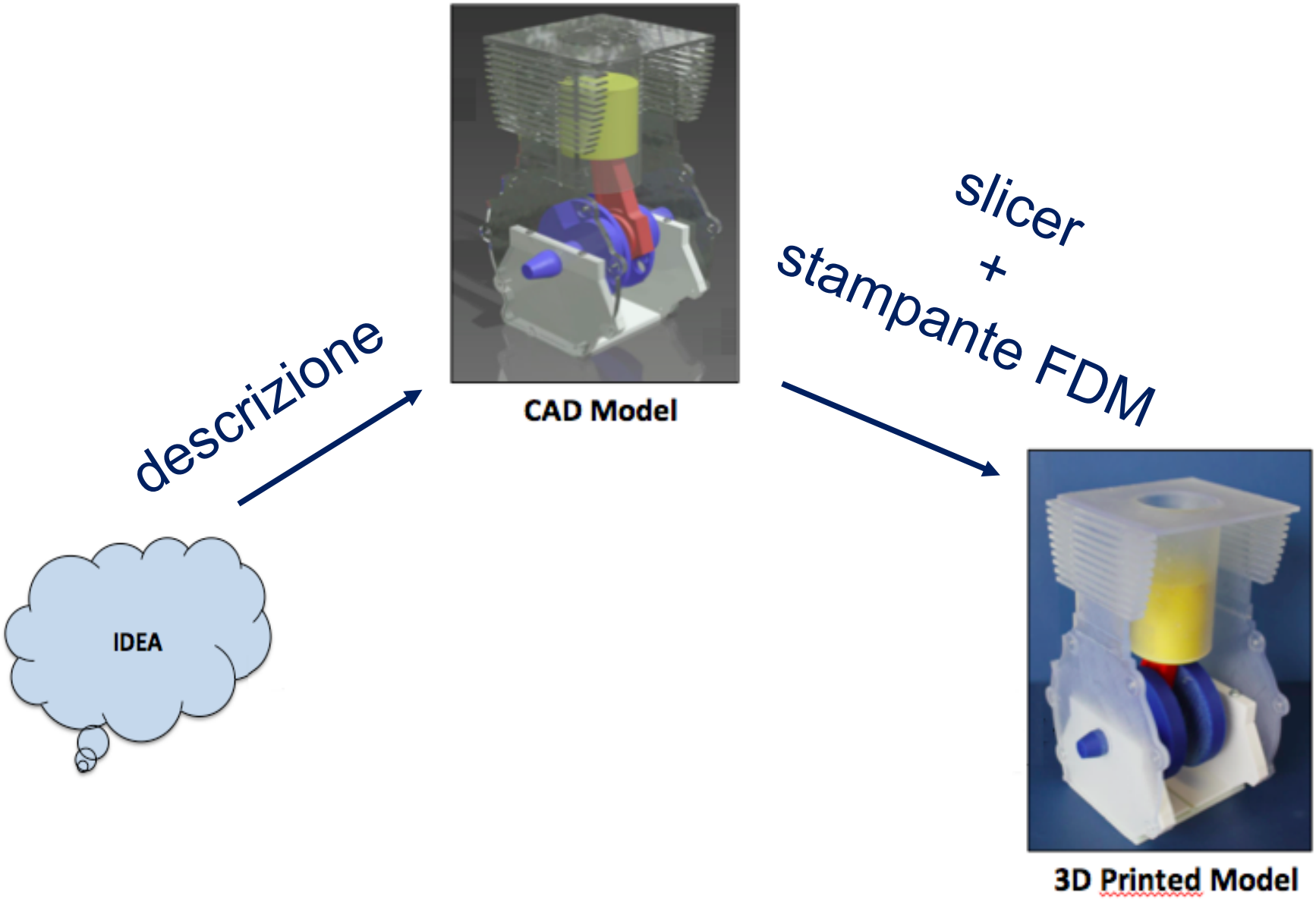
Relazione discussa in sede di esame finale
Dal candidato: Michele Torre

Docente tutore: Prof. Alessandro Reali

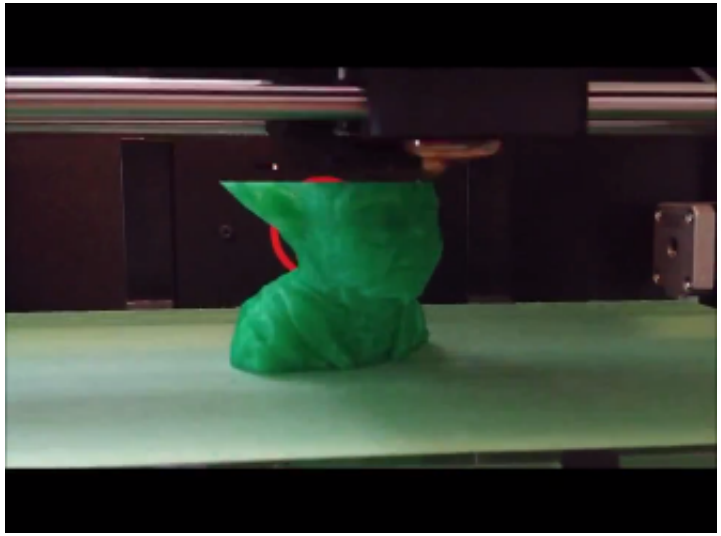
Correlatori: Ing. Gianluca Alaimo
Ing. Stefania Marconi

A.A. 2016/2017

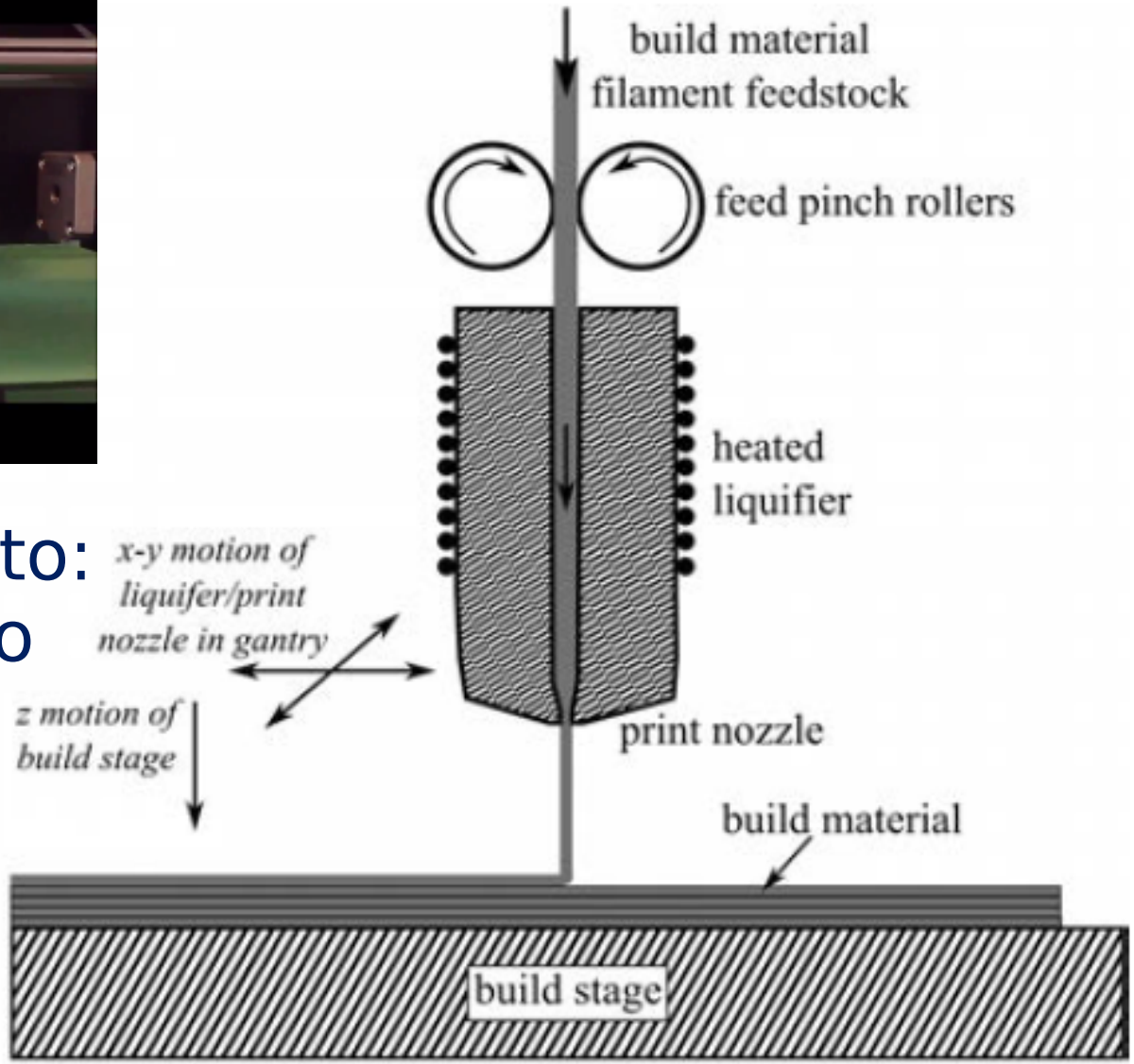
Processo FDM



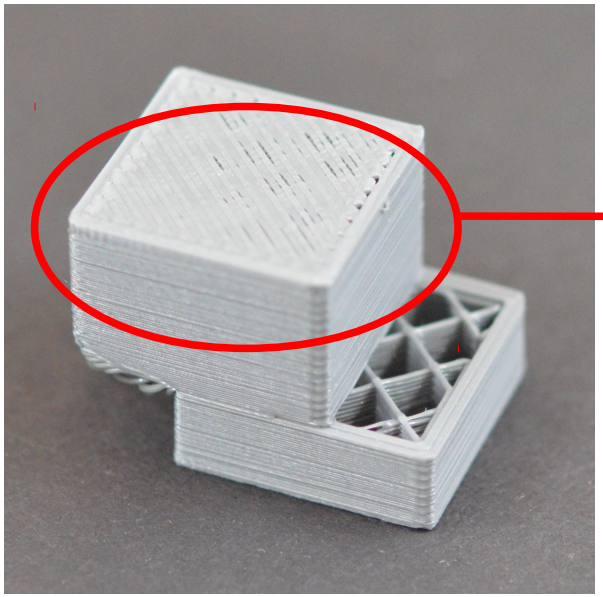
Stampa FDM

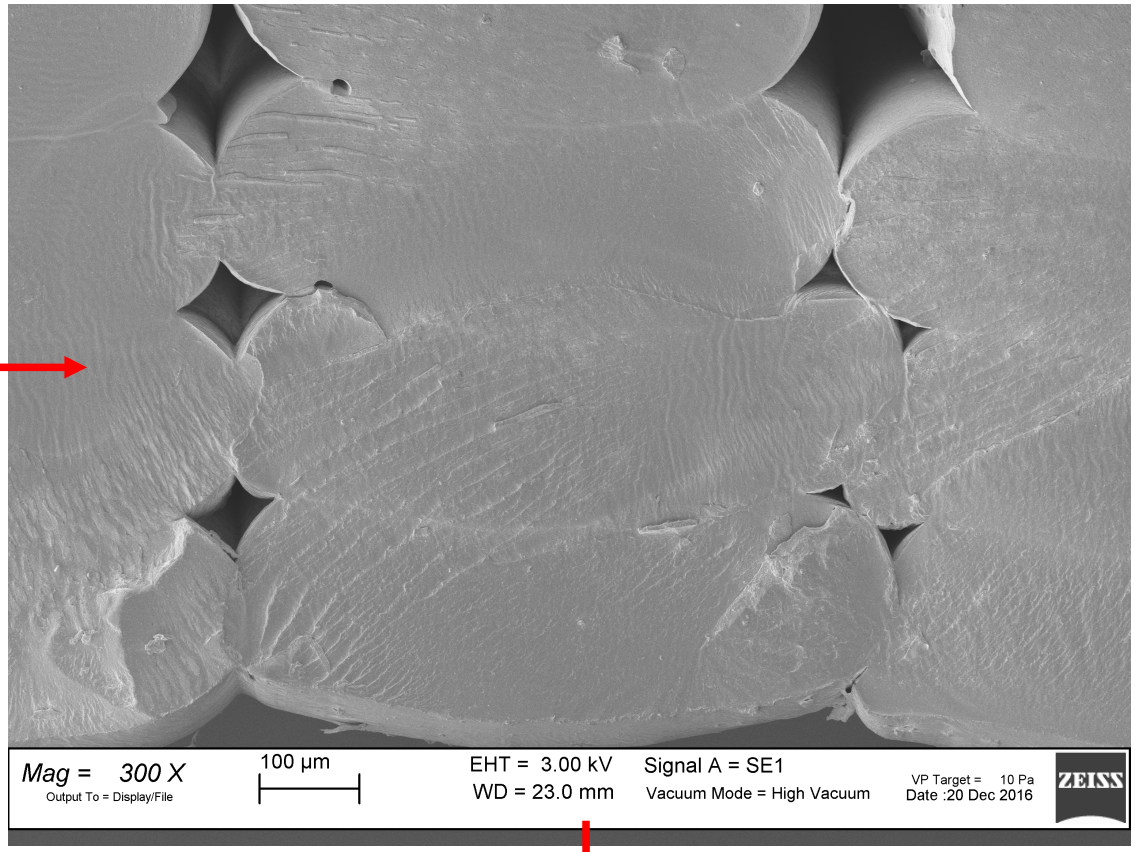


Materiale utilizzato:
Acido PoliLattico



Risultato stampa FDM





Ipotesi: lamina ortotropa trasversalmente isotropa

Modellizzazione del problema elastico

Laminato sottile → Classical Lamination Theory

↓

Stato di sforzo bidimensionale nel piano della lamina

Lamina ortotropa trasversalmente isotropa

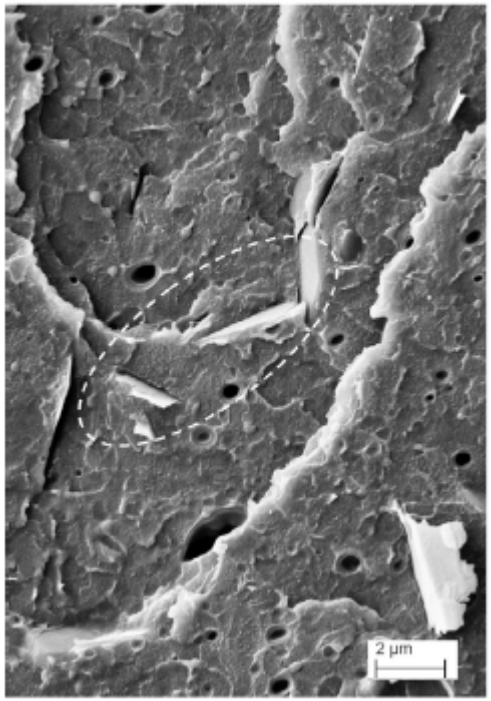
Legame funzione di quattro costanti elastiche indipendenti →

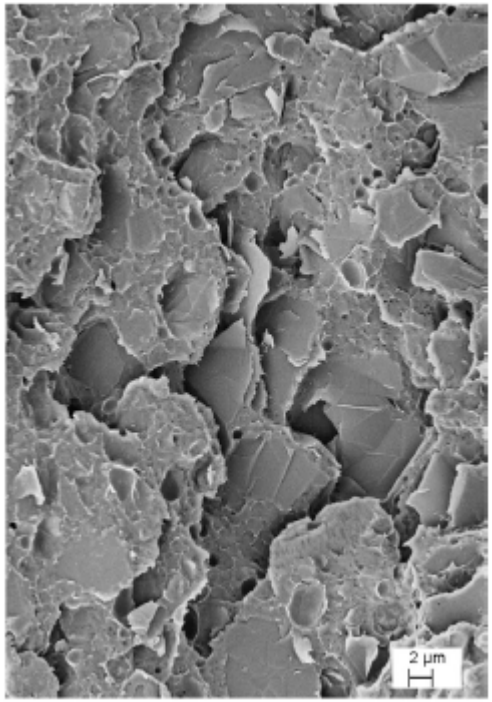
- E_{11}
- E_{22}
- G_{12}
- ν_{12}

Composito PLA- 256

Rinforzo PLA → PLA additivato grafene

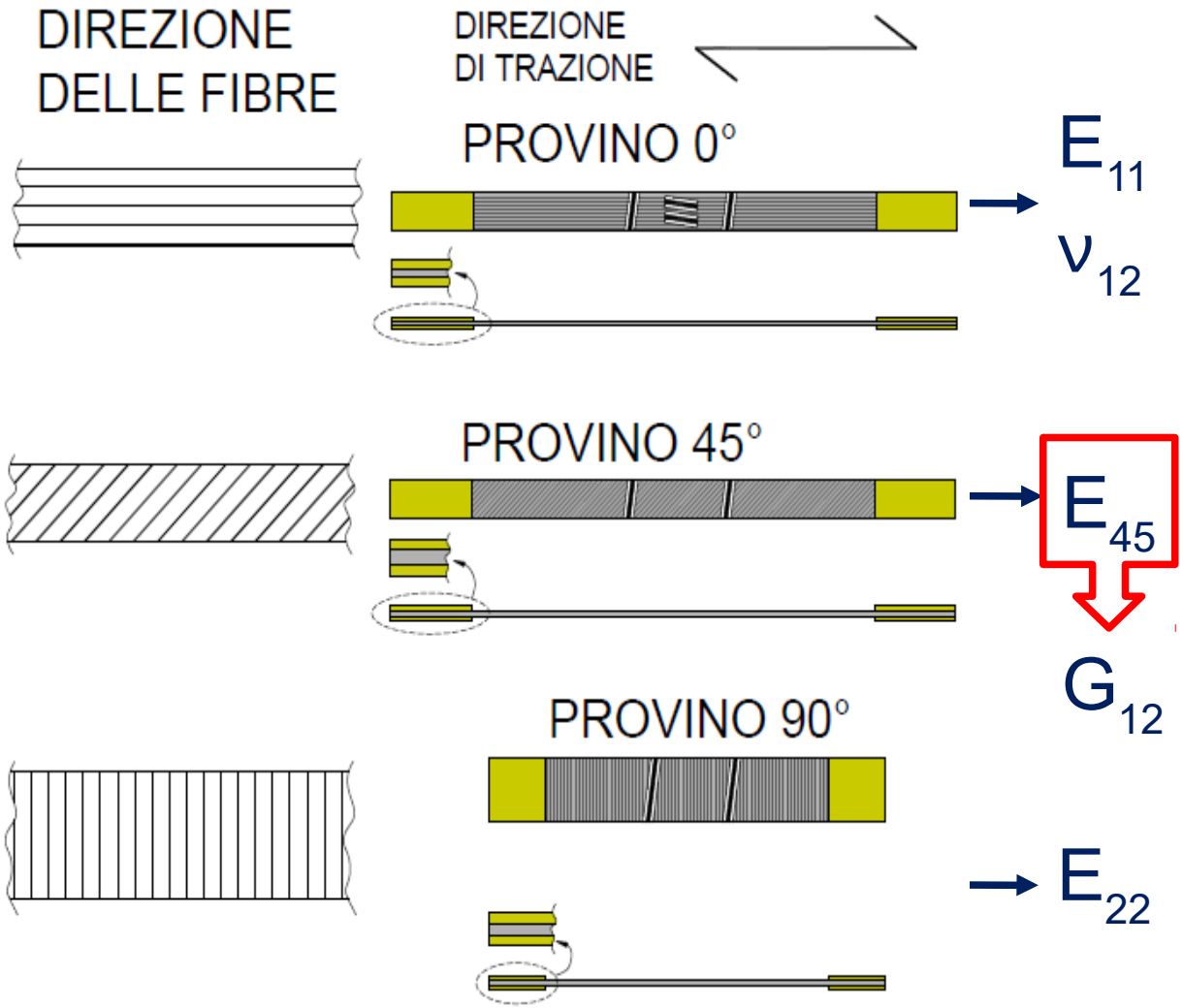
- PLA base
- PLA + 1% grafene
- PLA + 2% grafene





Prove di trazione quasi statiche

Provini unidirezionali

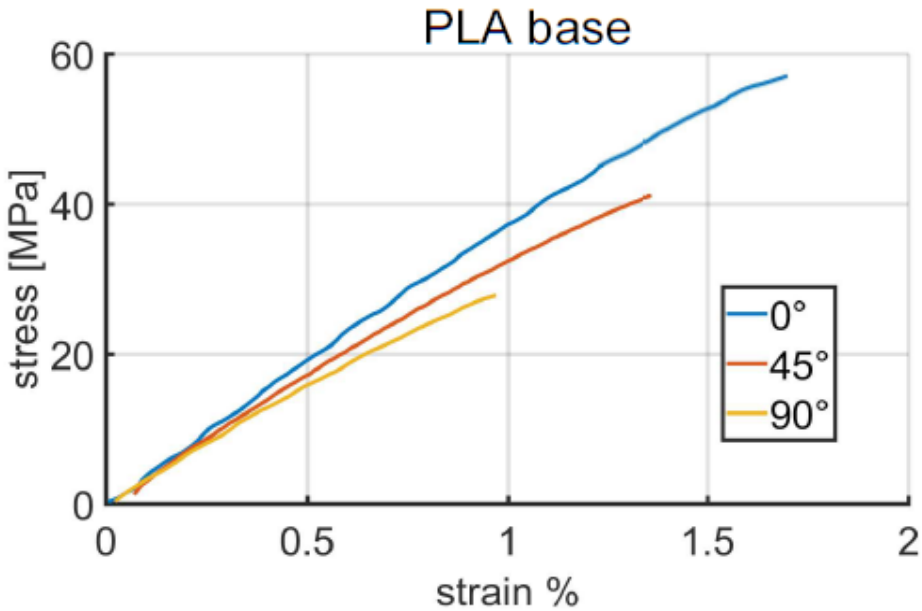


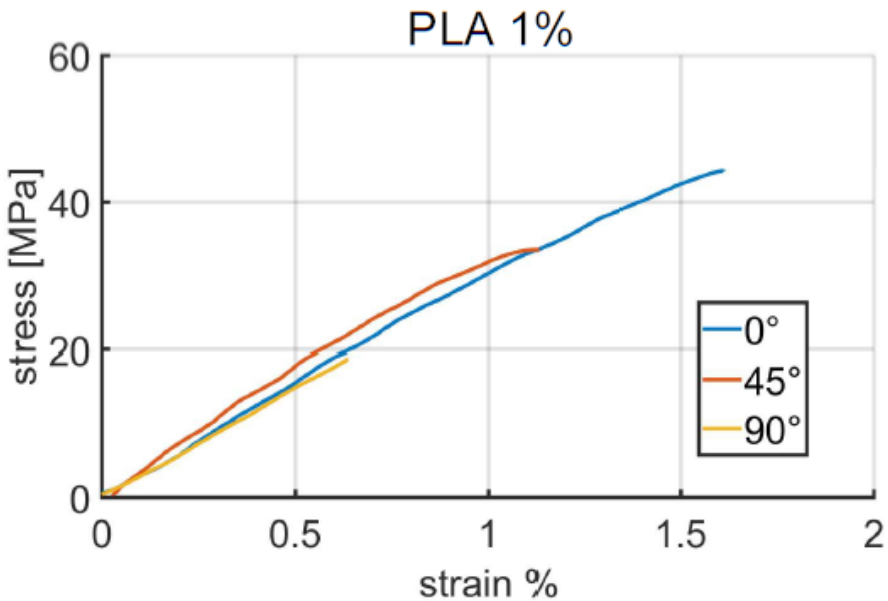
- Costanti elastiche
- Punto snervamento
- Punto rottura

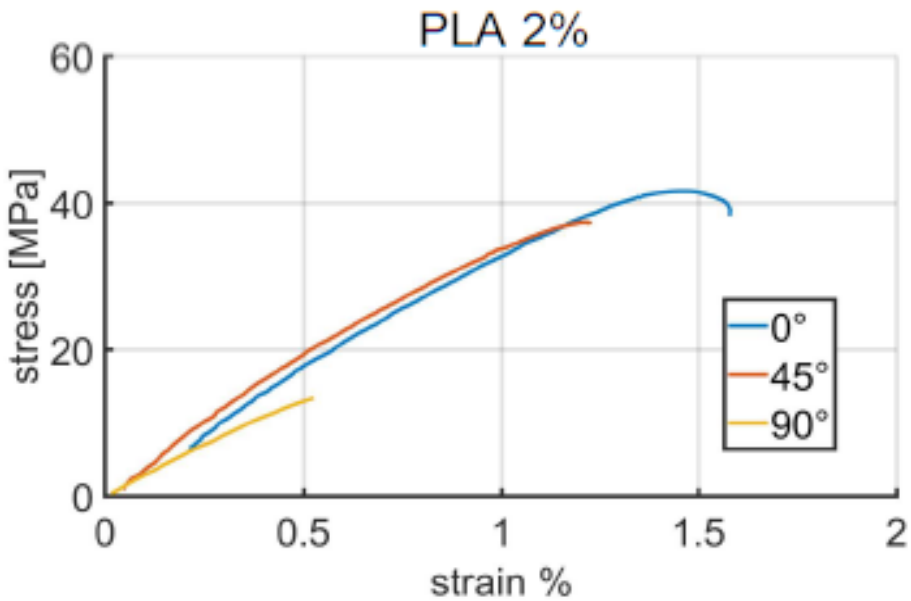
forma dei provini da: ASTM D3039/D3039M-00

Curva stress-strain

I provini orientati a 90° sono i più fragili

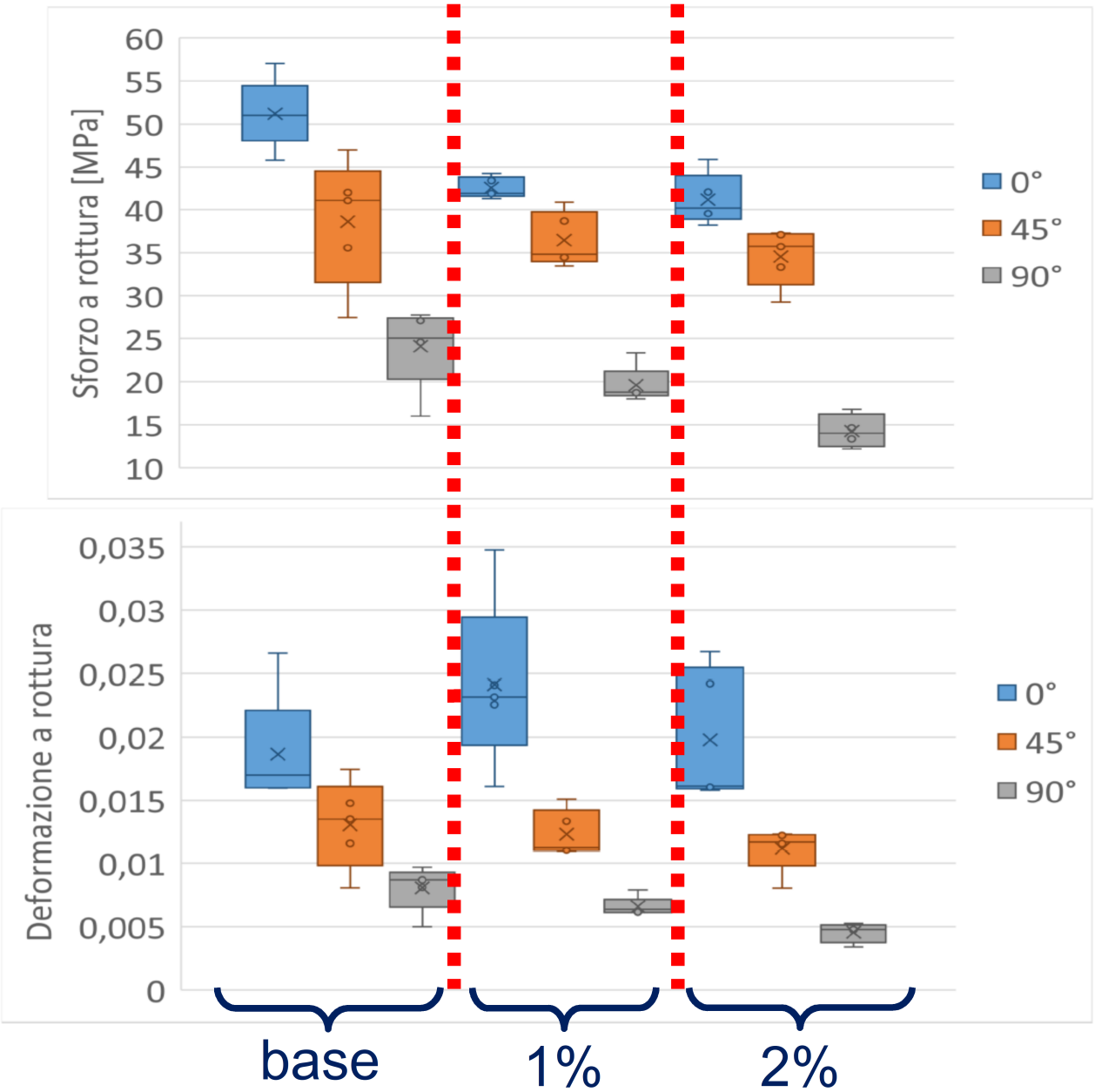




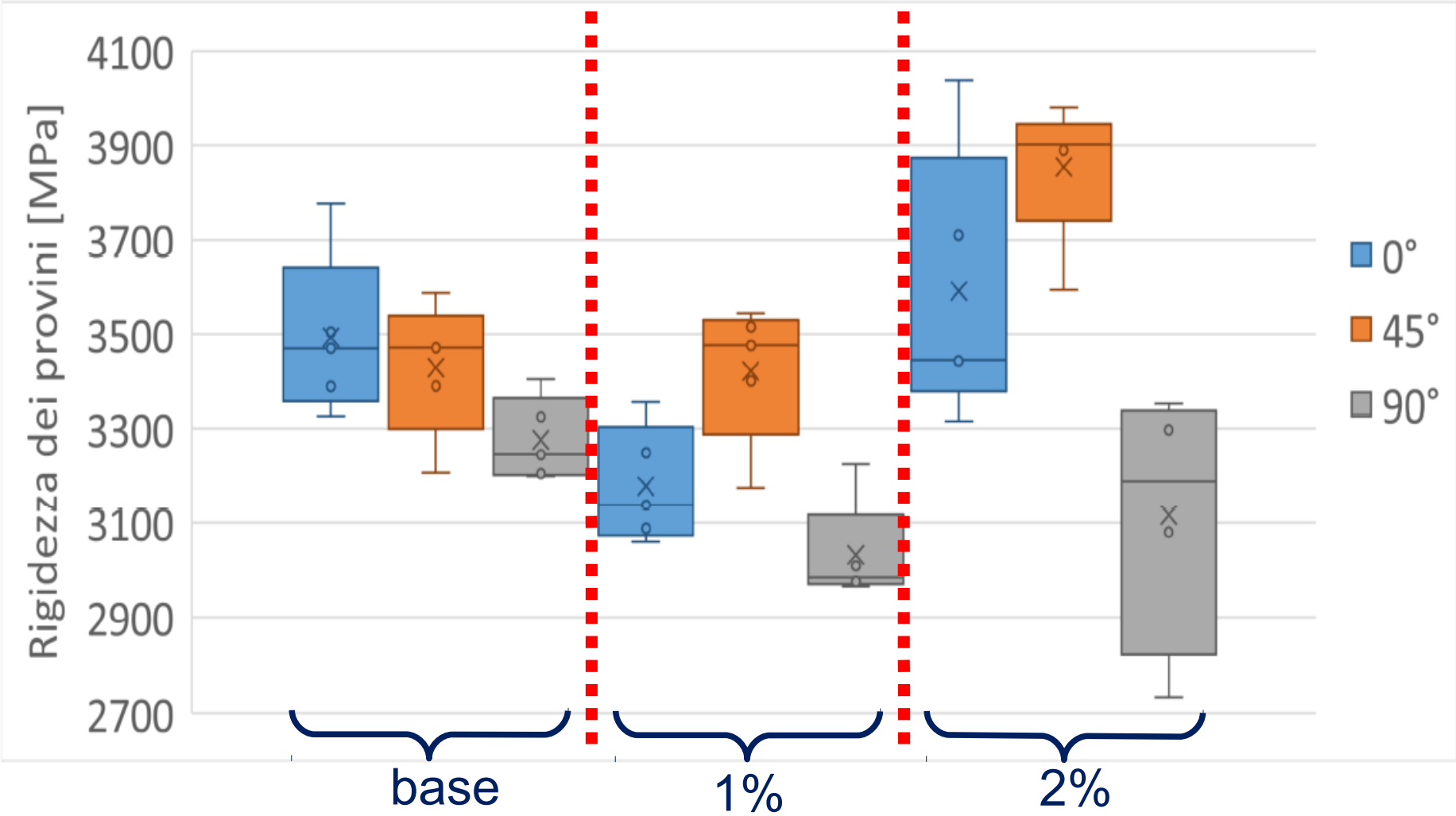


Comportamento a snervamento e rottura

Per ogni combinazione di carica di grafene e orientamento si testano 5 campioni (in totale 45)



Rigidezza dei provini

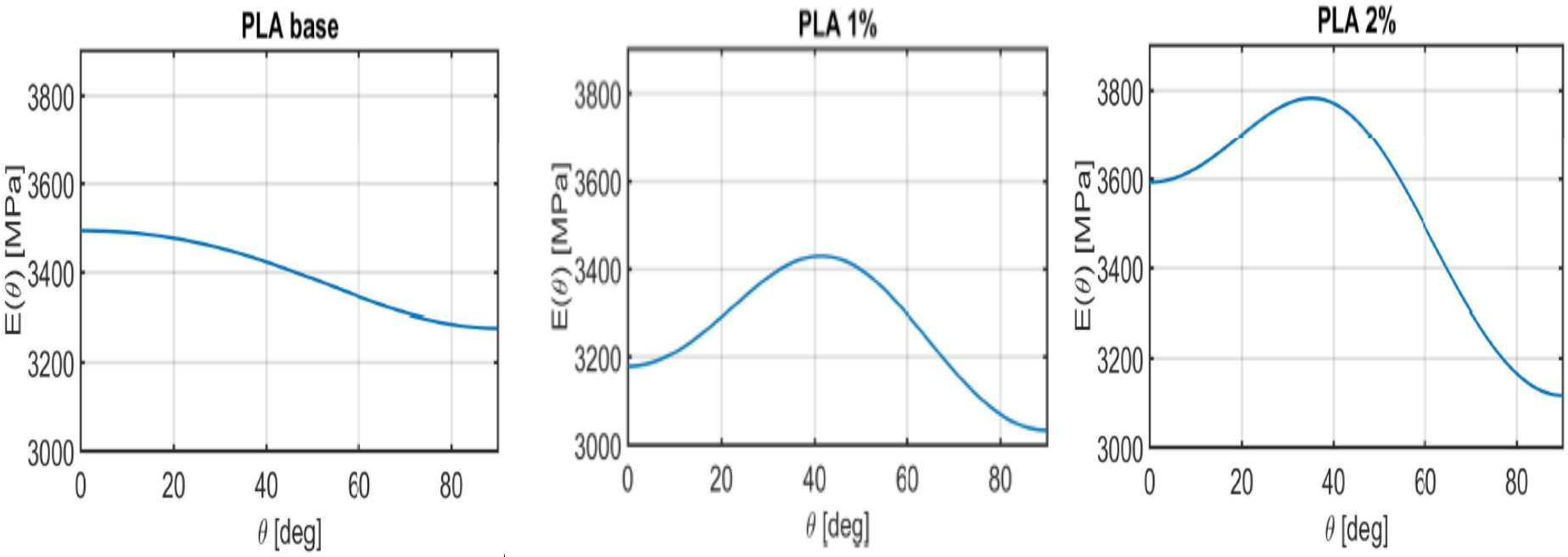


$$G_{12}=\left(\frac{4}{E_{45}}-\frac{1}{E_{11}}-\frac{1}{E_{22}}+\frac{2\nu_{12}}{E_{11}}\right)^{-1}$$

(P.K. Mallik, 2007)

Funzione rigidezza

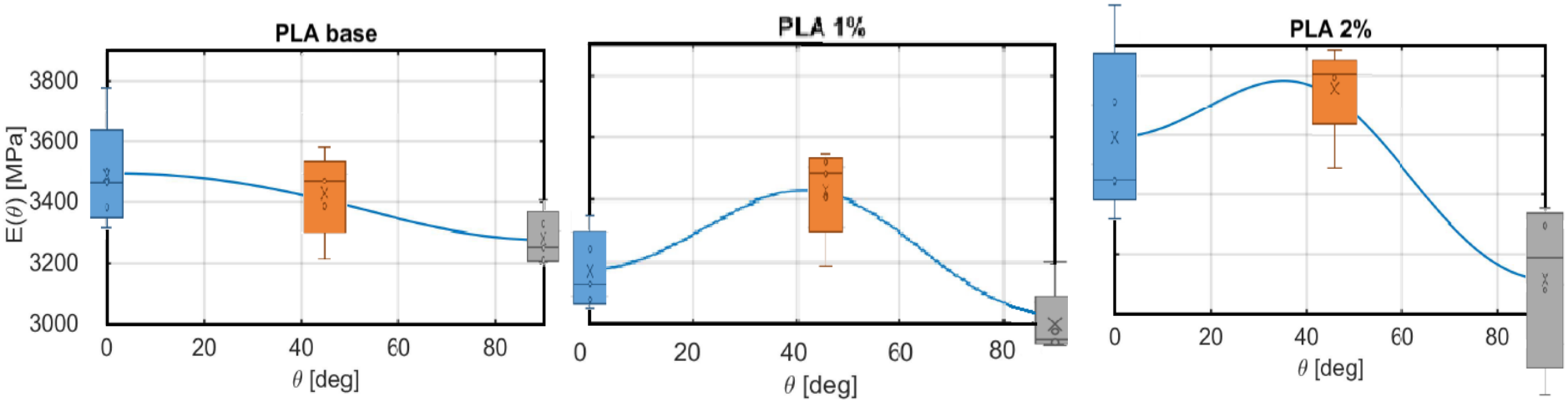
$$E(\theta)=\frac{\sigma_{aa}}{\varepsilon_{aa}}=\left[\frac{\cos^4(\theta)}{E_{11}}+\frac{\sin^4(\theta)}{E_{22}}+\frac{1}{4}\left(\frac{1}{G_{12}}-\frac{2\nu_{12}}{E_{11}}\right)\sin^2(2\theta)\right]^{-1}$$



$$\frac{E_{11}}{2\left(\frac{E_{11}}{E_{22}}+\nu_{12}\right)}<G_{12}<\frac{E_{11}}{2(1+\nu_{12})}$$

$$G_{12}>\frac{E_{11}}{2(1+\nu_{12})}$$

Confronto tra dati sperimentali e modello teorico



Risultati e indagini future

Risultati:

- Maggior resistenza meccanica in direzione della fibra
- Ipotesi di lamina ortotropa trasversalmente isotropa verificata
- Riduzione della resistenza con l'aggiunta di grafene
- Variazione della rigidezza nei provini caricati
- Concordanza tra modello e dati sperimentali

Studi futuri potrebbero riguardare:

- Maggiori quantitativi di grafene aggiunti alla matrice di PLA