



---

Università degli Studi di Pavia  
Facoltà di Ingegneria  
**Corso di Laurea triennale**  
*in Ingegneria Civile- Ambientale*  
A.A. 2013– 2014

# **Caratterizzazione meccanica di materiali per stampa 3D con tecnologia FDM**

*Relatore:* Professor Ferdinando Auricchio

*Correlatore:* Stefania Marconi

*Laureando:*

**Stefano Dainotti**

# Caratterizzazione meccanica dei materiali per la stampa 3D con tecnologia FDM



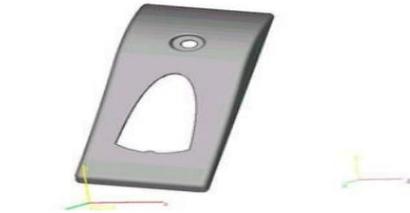
---

# OBIETTIVI DEL LAVORO

- **Capire funzionamento della stampa 3D**
- **Definire materiali utilizzati**
- **Individuare prove meccaniche**
- **Ricerca modelli ideali**

# Funzionamento della stampa 3D

- Software CAD



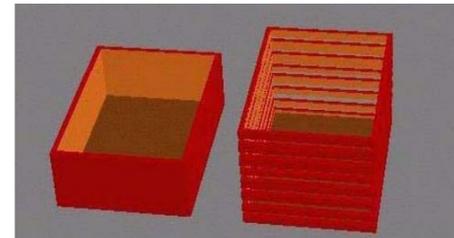
MODELLO CAD

- Modello STL



MODELLO STL

- Software per la stratificazione

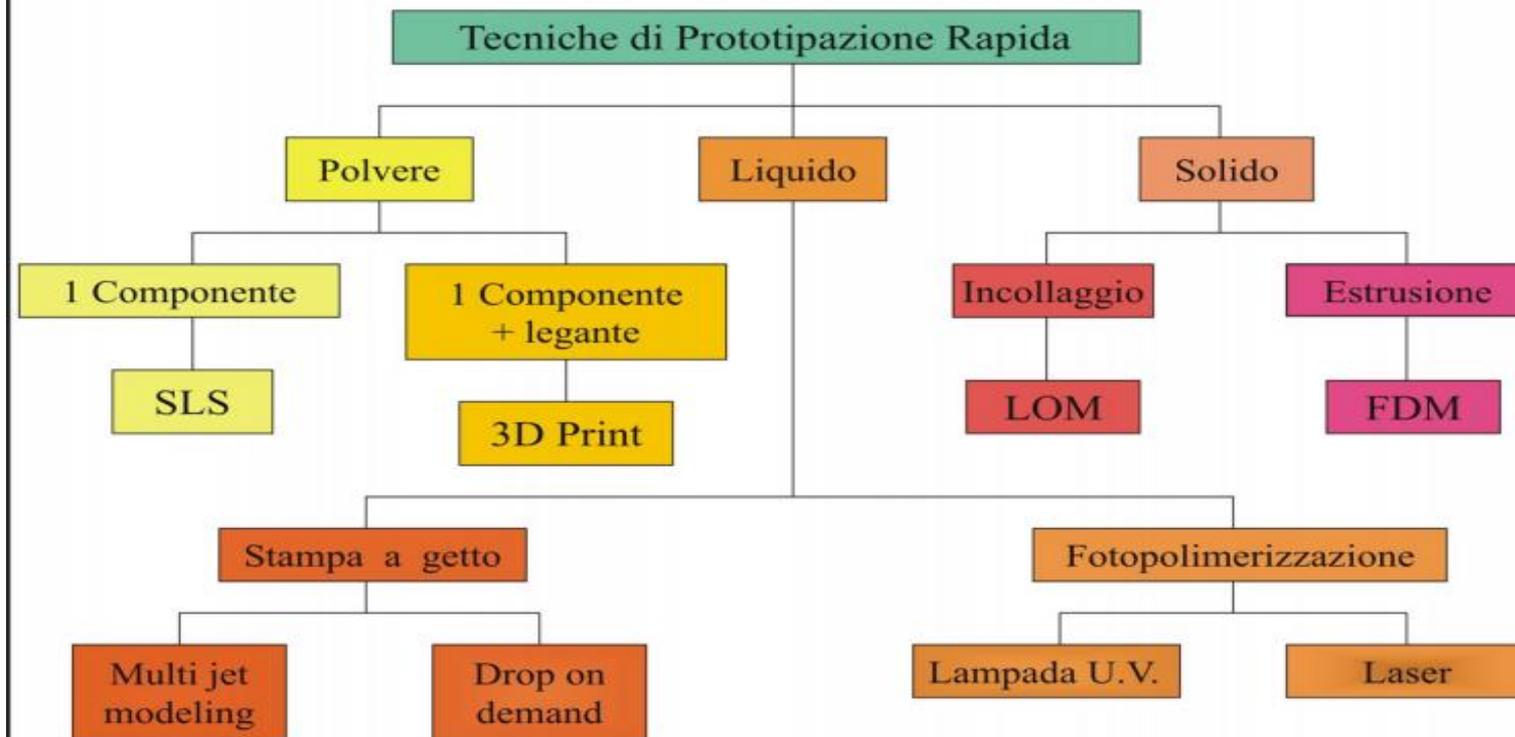


- Trasmissione dati alla stampa



# SUDDIVISIONE tecnologie in base ai MATERIALI utilizzati

## CLASSIFICAZIONE DELLE TECNICHE in base ai materiali utilizzati



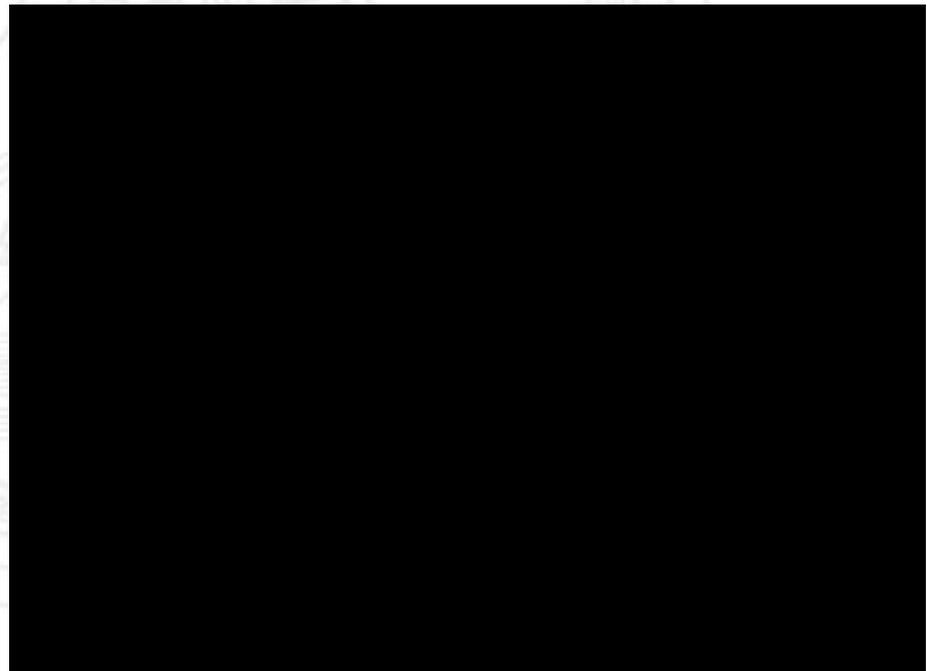
# La stampa FDM

La ricerca si è basata su una delle tecnologie in possesso dell'Università di Pavia ovvero la FDM (modello LeapFrog):



**E' caratterizzata da:**

- **Semplicità**
- **Economicità**
- **Velocità**



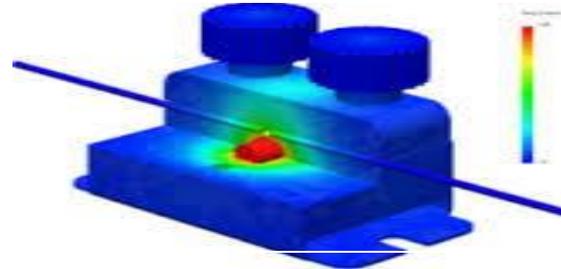
# Componenti

---

- Sistema di alimentazione



- Elemento riscaldante



- Ugello di estrusione

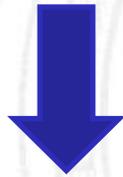


- Sistema di raffreddamento



# Materiali Utilizzati

Tra i più COMUNI, i materiali più utilizzati sono i **POLIMERI TERMOPLASTICI**



- ABS
- PLA
- PC
- Nylon
- PVA
- TPU

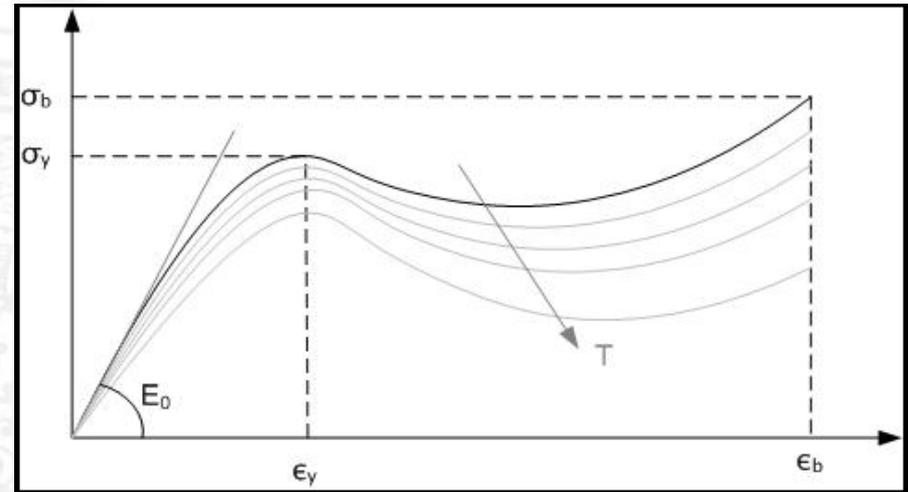


Diagramma sforzi-deformazioni polimeri termoplastici



# Prove Meccaniche

Ricerca bibliografica → Obiettivo:

- **Caratterizzazione dei modelli stampati**
- **Relazione tra i parametri**
- **Risposte alle prove**

a) Primo articolo: Campioni **ABS** → Prova di **trazione, flessione e resistenza agli urti**

b) Secondo articolo: Campioni **ABS** → Prova di **compressione**

c) Terzo articolo: Campioni **PLA** → Cicli di **raffreddamento e riscaldamento**, con prova di **trazione**

d) Quarto articolo: Campioni **ABS** → Prova di **trazione e flessione** studiati assieme alla **finitura superficiale**

---

## **I parametri che sono stati considerati nelle analisi sono:**

- **Spessore degli strati** (che dipende dalla tipologia di ugello)
- **Orientamento raster** (inclinazione sulla piattaforma di costruzione rispetto agli assi X, Y e Z)
- **Angolo di raster** (direzione della trama rispetto all'asse X)
- **Larghezza della trama** (larghezza del modello utilizzato per riempire regioni interne delle parti curve)
- **Traferro** (divario tra due raster adiacenti sullo stesso livello)

# PROVA A TRAZIONE

Resistenza a trazione diminuisce per poi crescere.

- Spessore ↑ - Resistenza ↑
- Traferro ↓ - Resistenza ↑
- Traferro ↓ - Tensioni interne ↑

Curva Sforzi-Deformazioni per Trazione

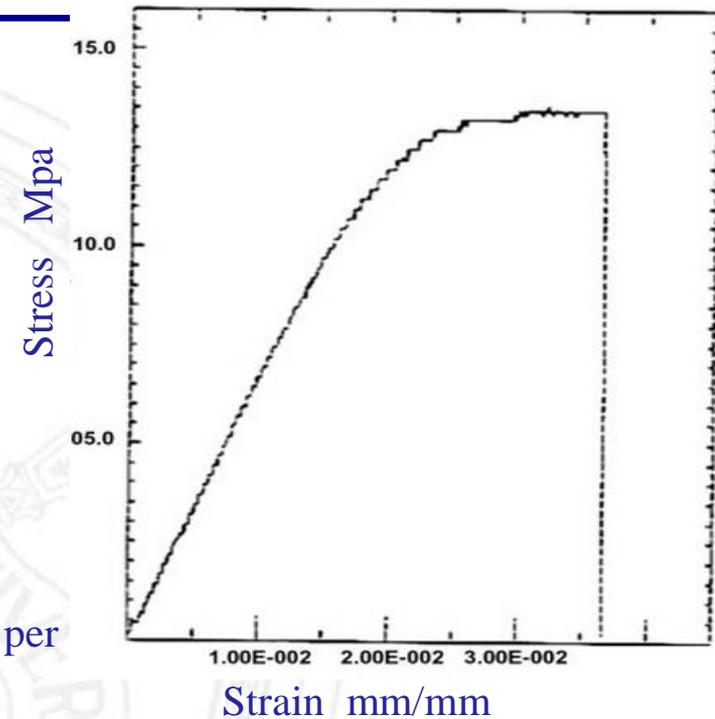
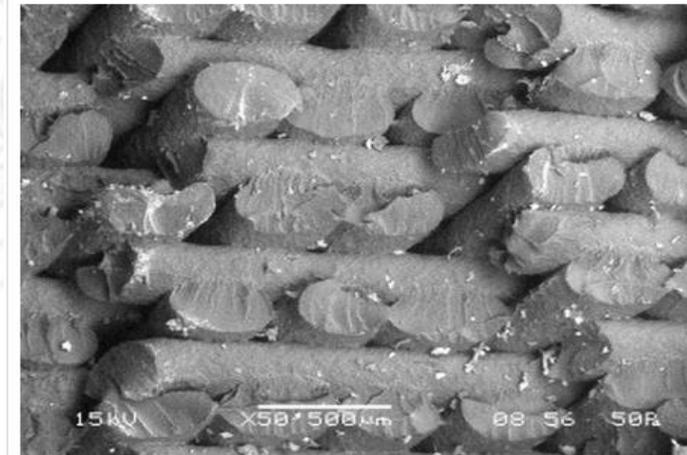


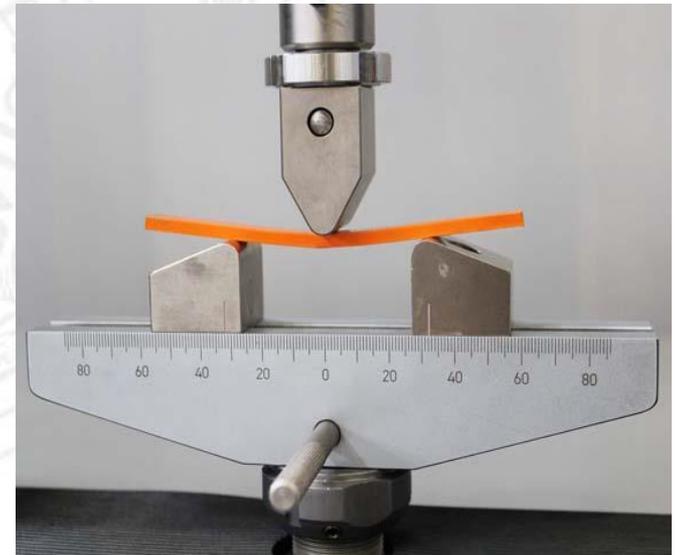
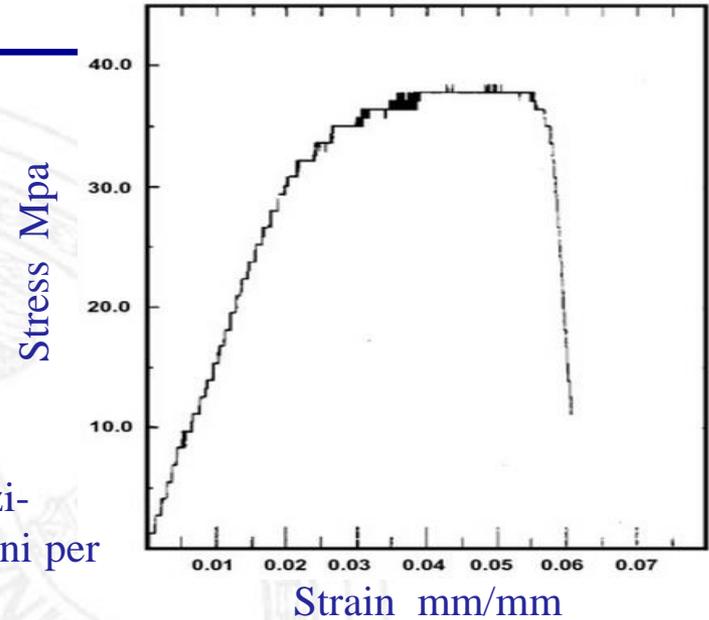
Immagine SEM (Scanning Electron Microscope) per rottura a trazione



# PROVA A FLESSIONE

- Traferro ↓ - Resistenza ↑
- Angolo raster ↓ - Resistenza ↑

Curva Sforzi-Deformazioni per Flessione



Prova a Flessione

# PROVA DI RESISTENZA AGLI URTI

La resistenza aumenta inizialmente per poi diminuire.

- Larghezza raster ↓ - Resistenza ↓
- Orientamento ↑ - Resistenza ↑

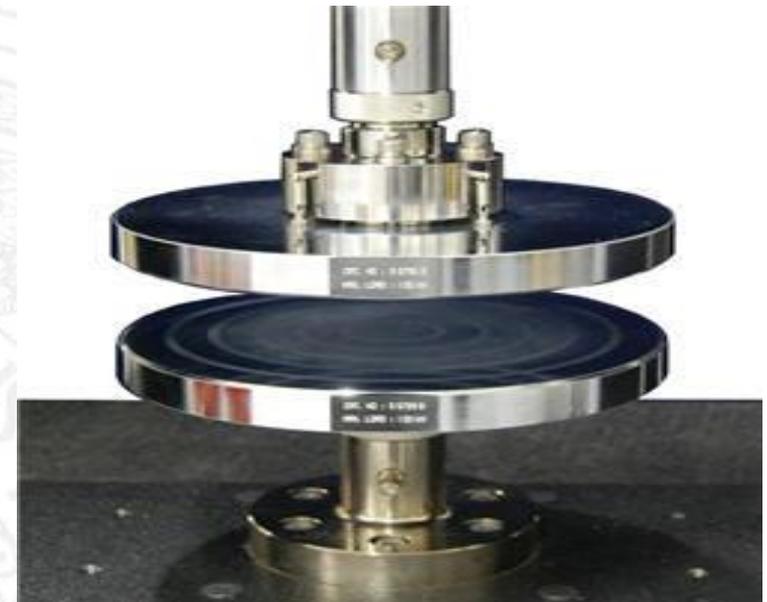
Prova di  
resistenza agli  
urti: Martello  
Charpy



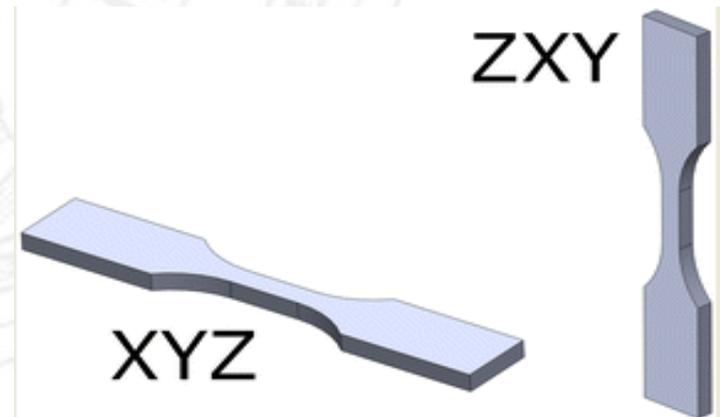
# PROVA A COMPRESSIONE

La resistenza a compressione risulta:

- Inizialmente piuttosto bassa per la natura anisotropica dell'oggetto
- Maggiore in direzione assiale piuttosto che trasversale



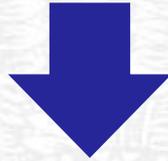
Prova a compressione



# Modelli Ideali

---

Materiali con buone caratteristiche + accorgimenti e trattamenti



- **RINFORZANDO** con altri materiali come fibra di **JUTA**, **TiO<sub>2</sub>** ed **ELASTOMERI**
- Esponendo il materiale a **RADIAZIONI IONIZZANTI** agendo sull'anisotropia
- Sottoponendo i campioni a **TRATTAMENTI CHIMICI**
- Miscelando percentuali di **MATERIALI VERGINI** e **RITRATTATI**

# Concludendo

---

## Per la caratterizzazione di un materiale:

- **Scelta dei parametri**
- **Calcolo deformazione con trazione video-controllata**
- **Verifica a flessione mediante prova a tre punti**
- **Determinazione resistenza agli urti con Martello Charpy**
- **Studio sulla resistenza a compressione con sistema automatizzato**

---

**GRAZIE  
PER  
L'ATTENZIONE**

