

# Principi e Metodologie della Progettazione Meccanica

Corso del II anno della laurea specialistica  
in ingegneria meccanica

ing. F. Campana

a.a. 10-11

lezione 19A: esempi di applicazione del  
DOE

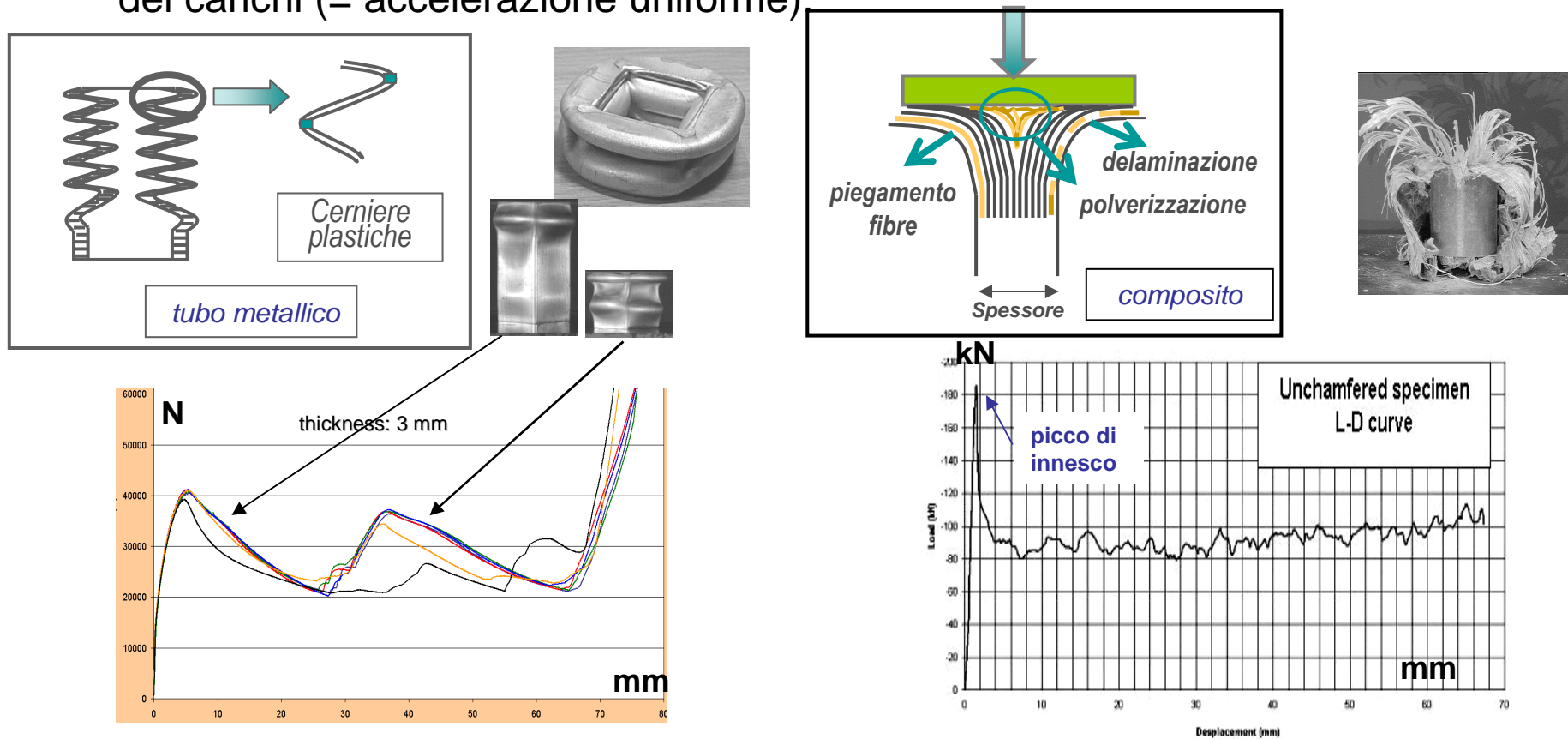
# Applicazioni di tecniche DOE

- A seguire si riportano degli esempi di applicazione di DOE inerenti a:
  1. *Caratterizzazione di schiume di alluminio come assorbitori d'urto*
  2. *Creazione di modelli di regressione a partire da piani CCD*
- Il loro scopo è quello di volgere l'attenzione sulle fasi di analisi del problema e familiarizzare con la visualizzazione dei risultati
- Per ciascuna applicazione si procederà con un'introduzione al problema specifico, seguita dall'impostazione del piano e dalla successiva analisi dei risultati.

# 1. Caratterizzazione di schiume di alluminio

**Premessa** Gli assorbitori d'urto frontale devono assorbire energia attraverso processi di dissipazione (creazione di cerniere plastiche nel caso di tubi scatolati; sfaldamento e delaminazione nel caso di elementi in composito).

Dalla curva F-s (carico-spostamento) si ricava l'energia assorbita, il comportamento ottimale è quello che riduce il picco iniziale e le oscillazioni dei carichi (= accelerazione uniforme)



*Perché applicare le schiume di alluminio* Le schiume di alluminio sono materiali cellulari, ovvero si presentano come un insieme di celle a parete sottile, con dimensioni variabili in funzione dei parametri di processo (per saperne di più [www.metalfoam.net](http://www.metalfoam.net)).

La possibilità di una graduale deformazione plastica delle pareti lascia presupporre una elevata stabilità di comportamento nell'assorbire energia d'urto. Inoltre la natura cellulare della struttura si traduce in un alleggerimento del componente (a parità di dimensioni) che dovrebbe consentire il raggiungimento di valori energia/massa (J/kg) più vantaggiosi.

### *Obiettivi del DOE*

Attraverso l'applicazione del Design of Experimentss si vogliono investigare:

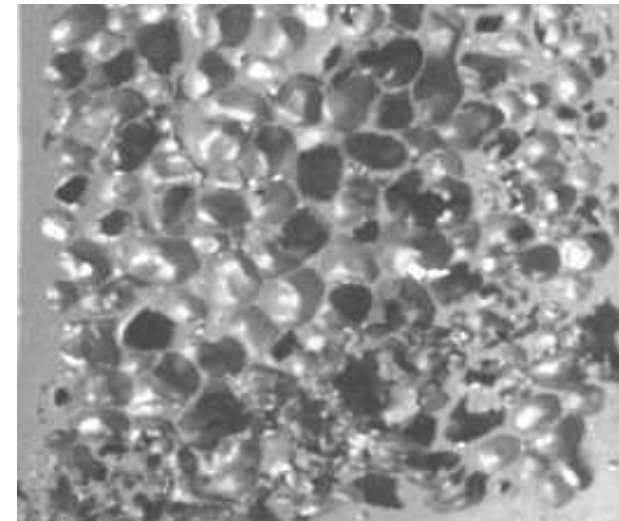
- gli effetti della densità nei confronti delle capacità di assorbimento;
- il ruolo della schiuma nel caso sia usata come riempitivo di profilati.

### *Risposte registrate e funzione obiettivo y*

**Diagramma carico/spostamento**

$$E_{ass} = \int_{s_0}^{s_{60}} F(s) \cdot ds$$

Il diagramma è ottenuto con prove di compressione quasi statica realizzate in controllo di spostamento (v dopo il primo picco: 0.2 mm/s)



## Piano degli esperimenti

	Tipo Provino	s	densità	
PIANO A	tubo + schiuma	2 mm	600 kg/m <sup>3</sup>	4 replicazioni
	tubo + schiuma	3 mm	600 kg/m <sup>3</sup>	4 replicazioni
	tubo + schiuma	2 mm	900 kg/m <sup>3</sup>	4 replicazioni
	tubo + schiuma	3 mm	900 kg/m <sup>3</sup>	4 replicazioni
Prove B	tubo	2 mm		3 replicazioni
	tubo	3 mm		3 replicazioni

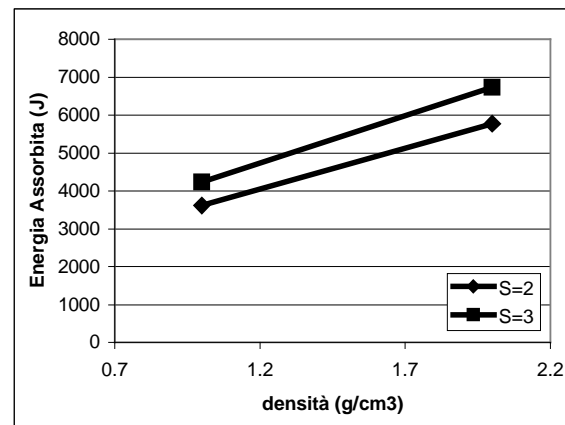
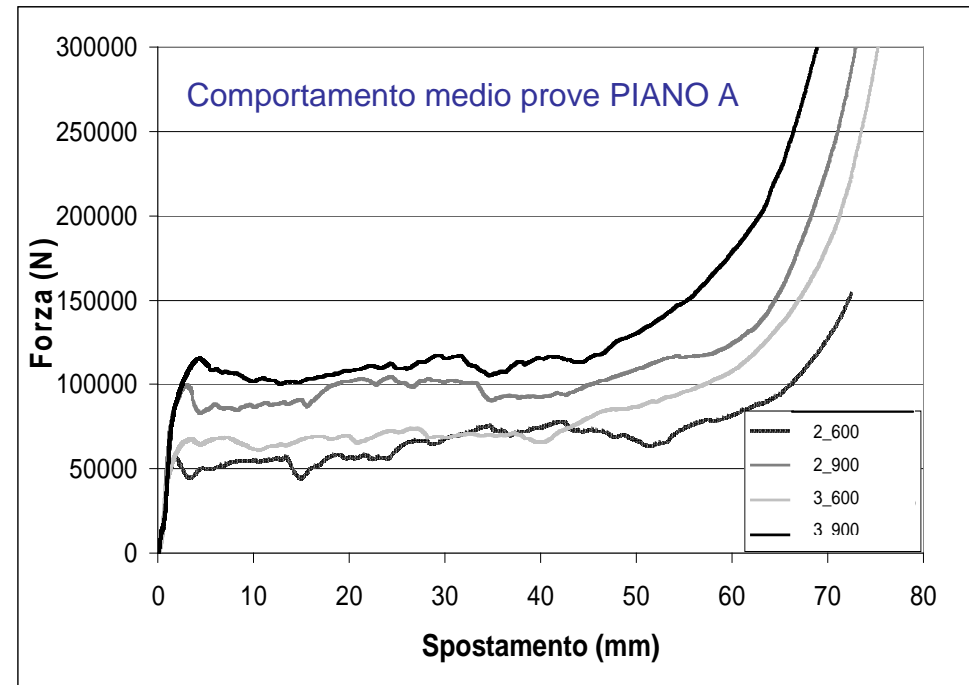
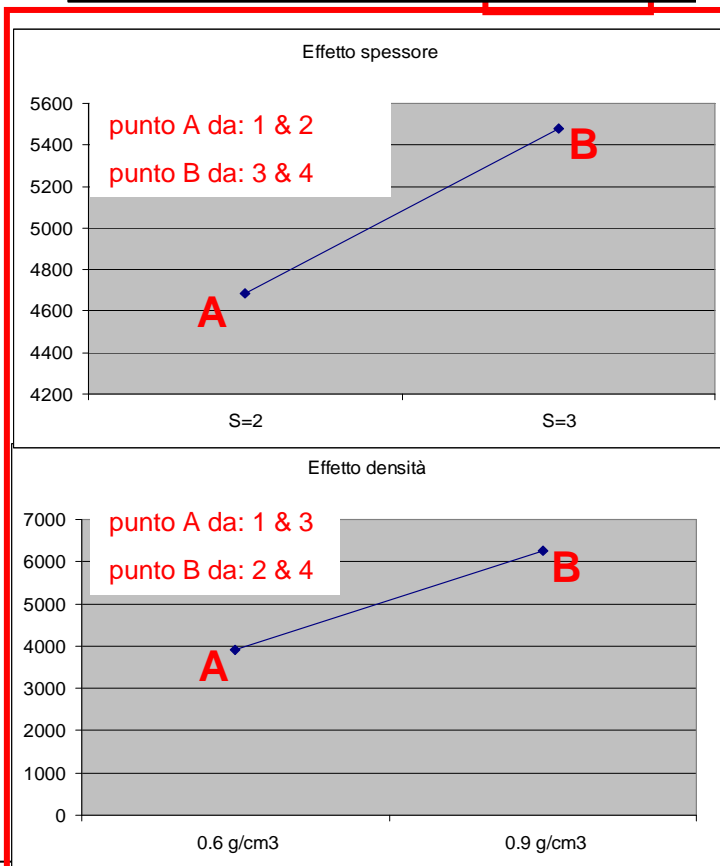


- Per i soli tubi le replicazioni sono in numero minore in virtù della loro maggiore ripetibilità di prova
- Da queste prove posso valutare mediante il PIANO A (un piano fattoriale completo 2<sup>2</sup>) l'effetto della densità e dello spessore sulle capacità di assorbimento dei provini composti nonché la possibile interazione tra spessore del tubo e densità. Inoltre grazie alle PROVE B posso valutare come la schiuma influenza la risposta del tubo

# Esecuzione delle prove ed elaborazione risultati

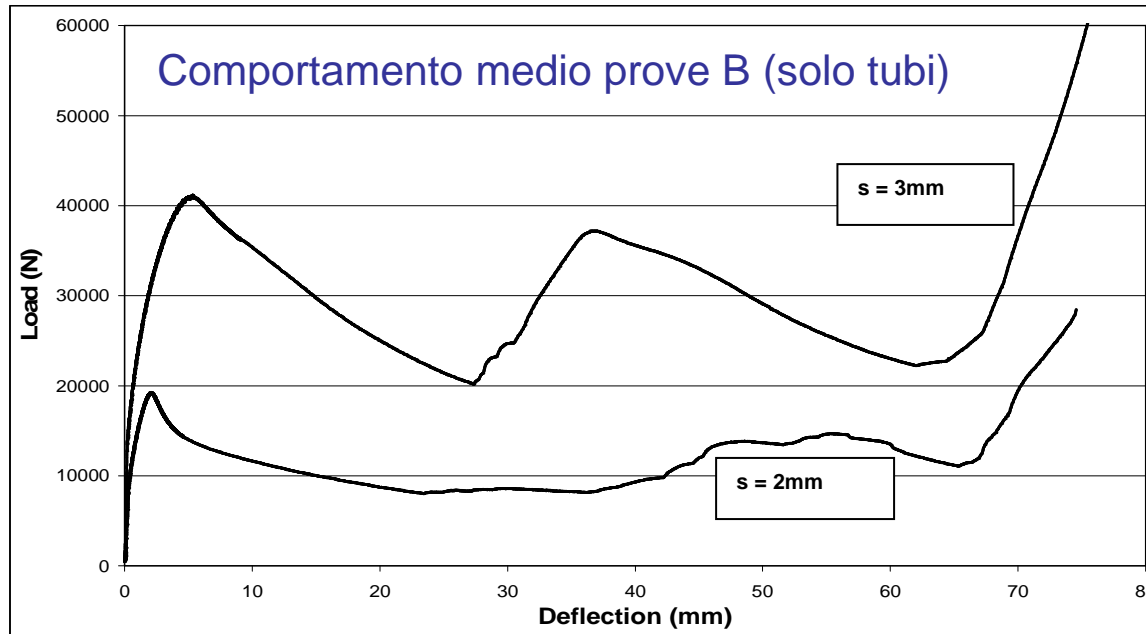
PIANO A: valori globali mediati per ciascuna condizione di prova

	Campione	$E_{ass} (J)$
1	S= 2 mm $\rho = 0.6 \text{ g/cm}^3$	3608.2
2	S= 2 mm $\rho = 0.9 \text{ g/cm}^3$	5767.0
3	S= 3 mm $\rho = 0.6 \text{ g/cm}^3$	4231.5
4	S= 3 mm $\rho = 0.9 \text{ g/cm}^3$	6723.6



Non c'è interazione tra densità e spessore del tubo

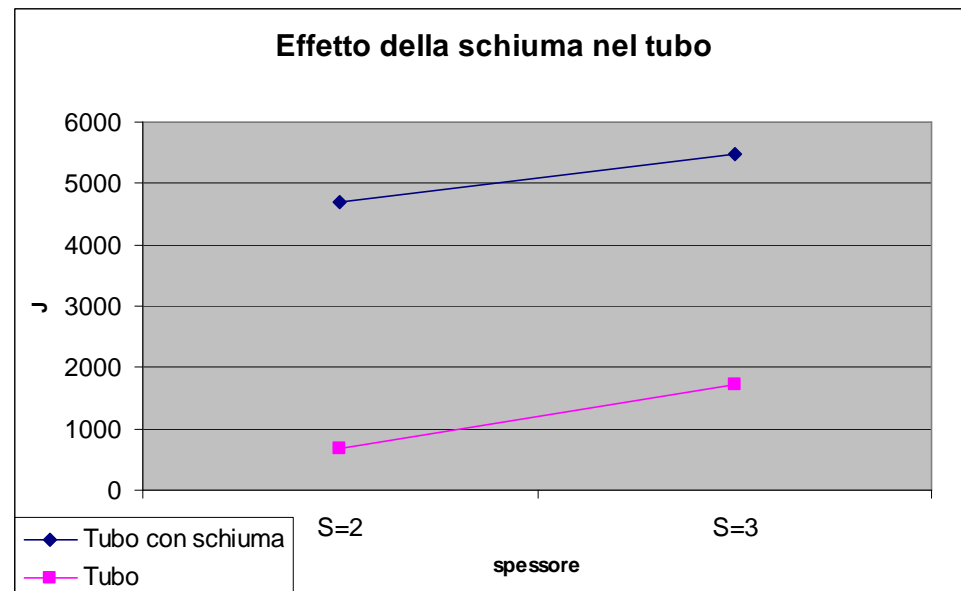
## Esecuzione delle prove ed elaborazione risultati



S=2 mm 678 ±40 J

S=3 mm 1721 ±110 J

*dispersione dei risultati  
visibile per le  
replicazioni*



Confrontando i valori medi di queste prove con l'effetto principale dello spessore studiato con il PIANO A scopriamo che l'effetto della schiuma sul tubo fa aumentare l'energia assorbita in modo molto marcato