

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

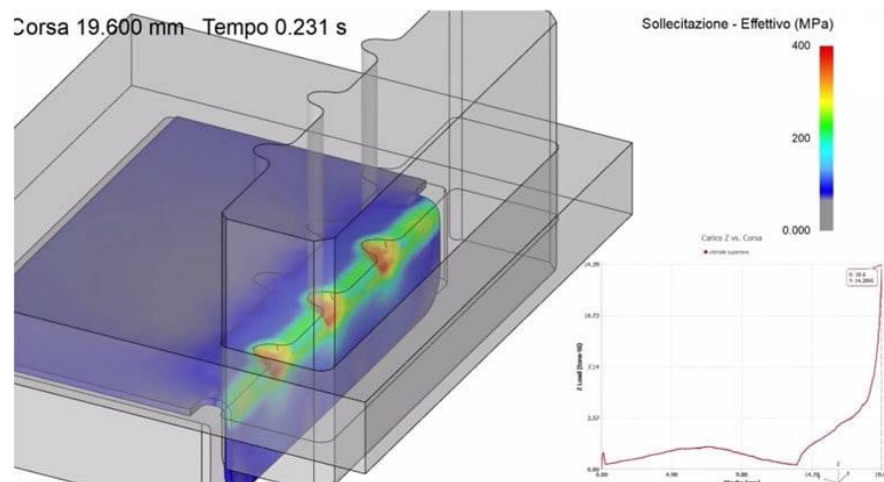
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale
«Caratterizzazione meccanica di materiali
metallici per processi di piegatura a freddo»***

Tutor universitario: Prof. GHIOTTI ANDREA

Laureando: *COGO DAMIANO 1220105*

Padova, 15/09/2022



Questo elaborato di tesi presenta la campagna sperimentale realizzata per definire le proprietà di materiali metallici

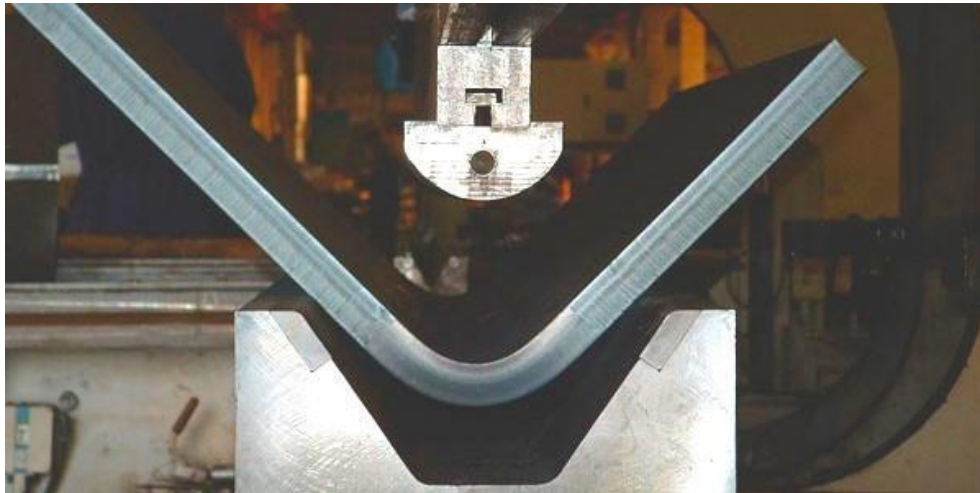
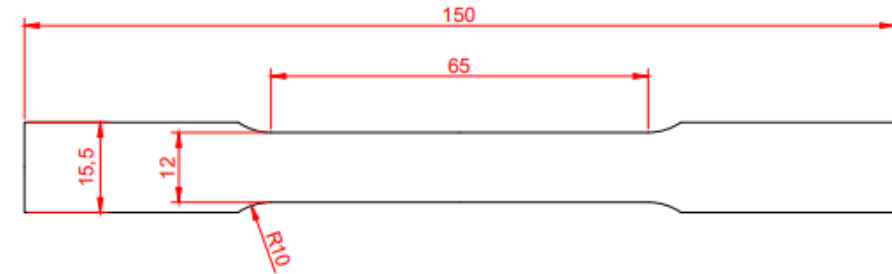
Lo scopo finale è quello di conoscere il comportamento delle leghe e le forze necessarie in un generico processo di piegatura eseguito a freddo

Obiettivi da definire :

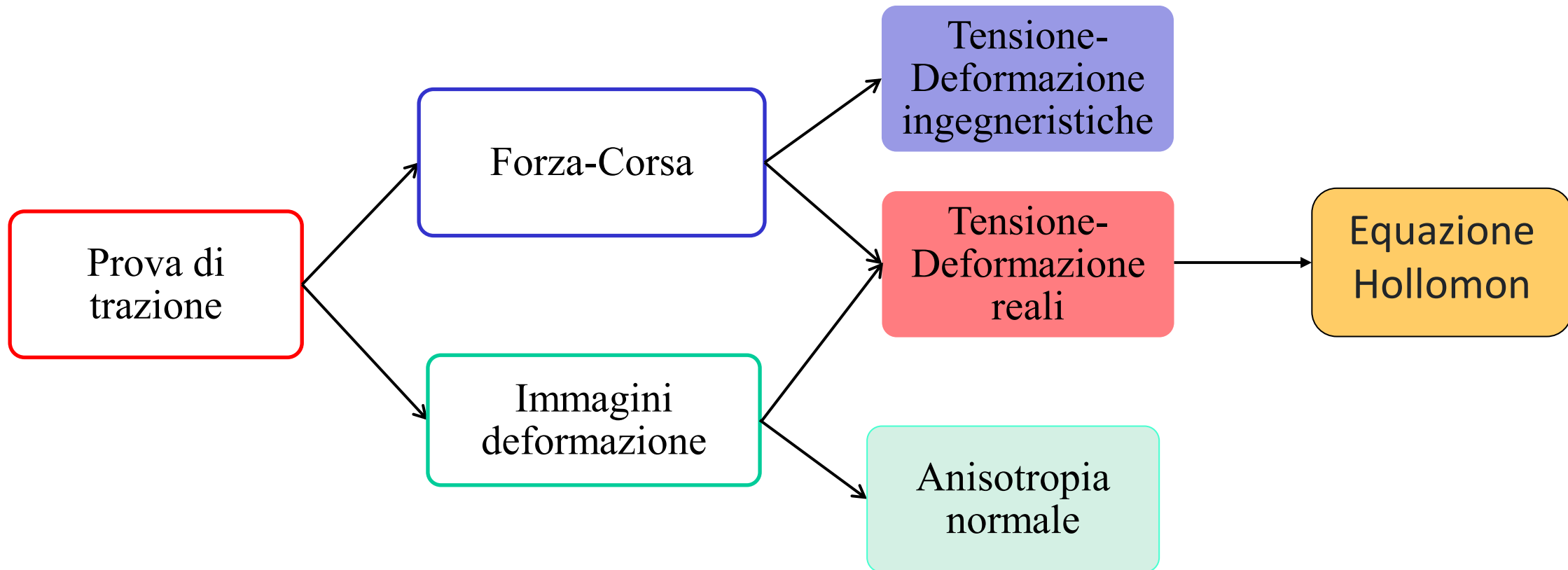
- equazione Hollomon
- anisotropia normale

Le caratteristiche desiderate dai materiali testati sono:

- Deformazione reale uniforme elevata
- Allungamento al limite di snervamento nullo
- Ritorno elastico contenuto
- Allungamento percentuale A elevato
- Anisotropia media superiore all'unità



- Le leghe testate sono **AA5754**, **DD11** e **AISI304**
- I provini con geometria ad osso di cane, sono ricavati da lamiere con **spessore nominale di 1 e 3 mm** e **direzioni rispetto a quella di laminazione 0°, 45° e 90°**



- L'obiettivo della prova è ricavare la curva sforzo-deformazione per il materiale usato nel test.
- Le prove sono state effettuate con velocità di deformazione costante $\dot{\epsilon} = 1 [s^{-1}]$ e a **temperatura ambiente**
- Sono state condotte **2 prove** per ciascuna tipologia di provino



Valori medi ricavati dalla prova (provini con spessore 1mm)

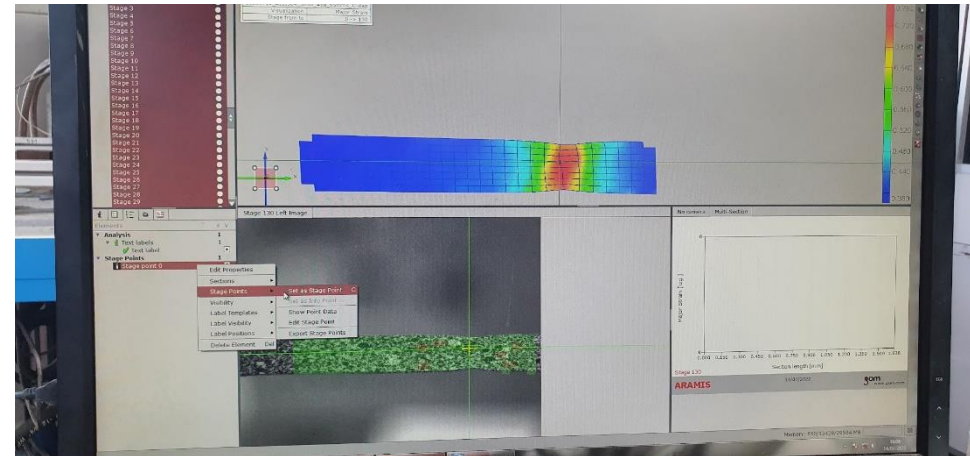
	DD11	AA5754	AISI304
UTS [Mpa]	360,5	207,8	623,25
$\epsilon_{ing MAX}$ [-]	0,413	0,29	0,614
$\sigma_{snervamento}$ [Mpa]	235,5	115,7	381,3



L'apparato di misura della macchina di trazione è corredato da una **telecamera** a sensore CCD

Il **provini** sono opportunamente **colorati** con pattern stocastico di punti bianchi e neri

Tramite il software Aramis è possibile **calcolare la deformazione reale** ad ogni frame e corrispondente ad ogni parte del provino



Curva tensione-deformazione ingegneristica

- ricavata usando esclusivamente i dati forniti dalla macchina di trazione

$$\sigma_i = \frac{F}{A_0} [\text{Mpa}] \quad \epsilon_i = \frac{l - l_I}{l_I}$$

Curva tensione-deformazione reale:

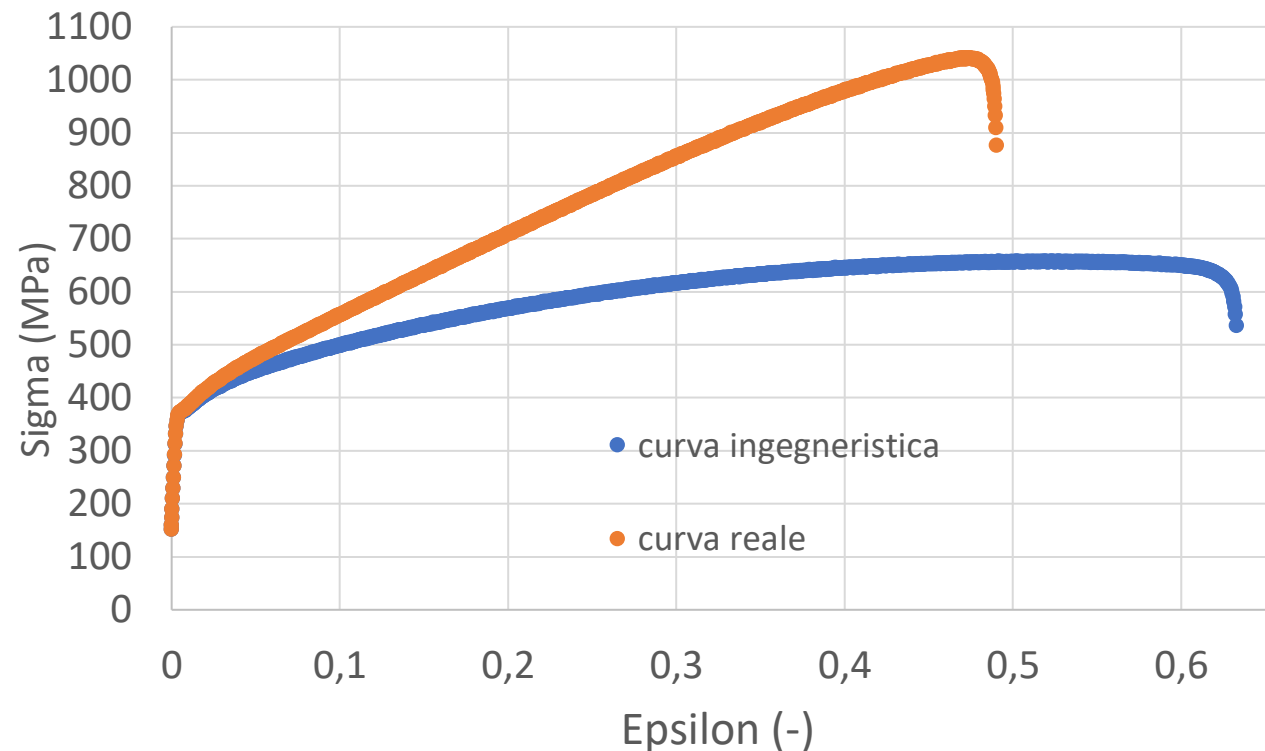
1) ricavata usando esclusivamente i dati forniti dalla macchina di trazione

$$\sigma_r = \frac{F}{A} [\text{Mpa}] \quad \epsilon_r = \ln \left(\frac{l}{l_i} \right)$$

2) ricavata usando i dati provenienti dalla macchina di trazione e software Aramis

$$\sigma_r = \frac{F}{A_0} \exp(\epsilon) [\text{Mpa}]$$

Curva ingegneristica e reale MTS



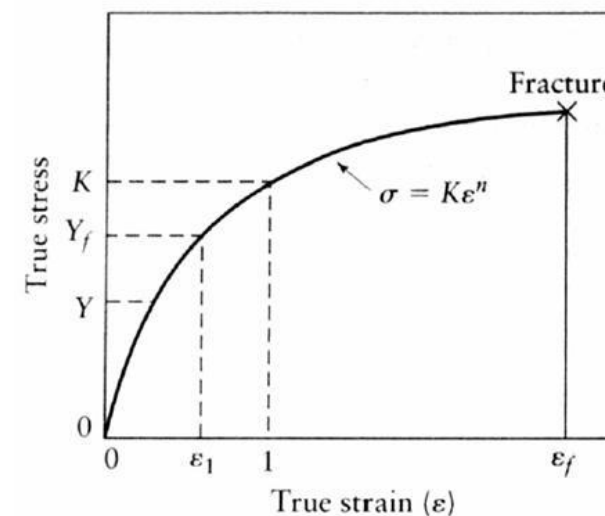
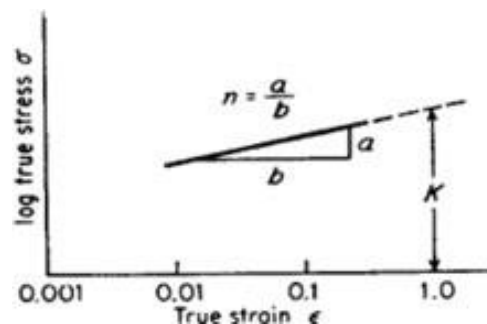
Scopo **definire il tratto plastico** della curva tensione-deformazione

Per le prove di trazione, condotte a freddo, l'equazione che descrive una curva di tensione-deformazione reale del materiale è

$$\sigma = K \epsilon^n$$

La deformazione alla quale inizia il fenomeno della strizione è data da $\epsilon = n$

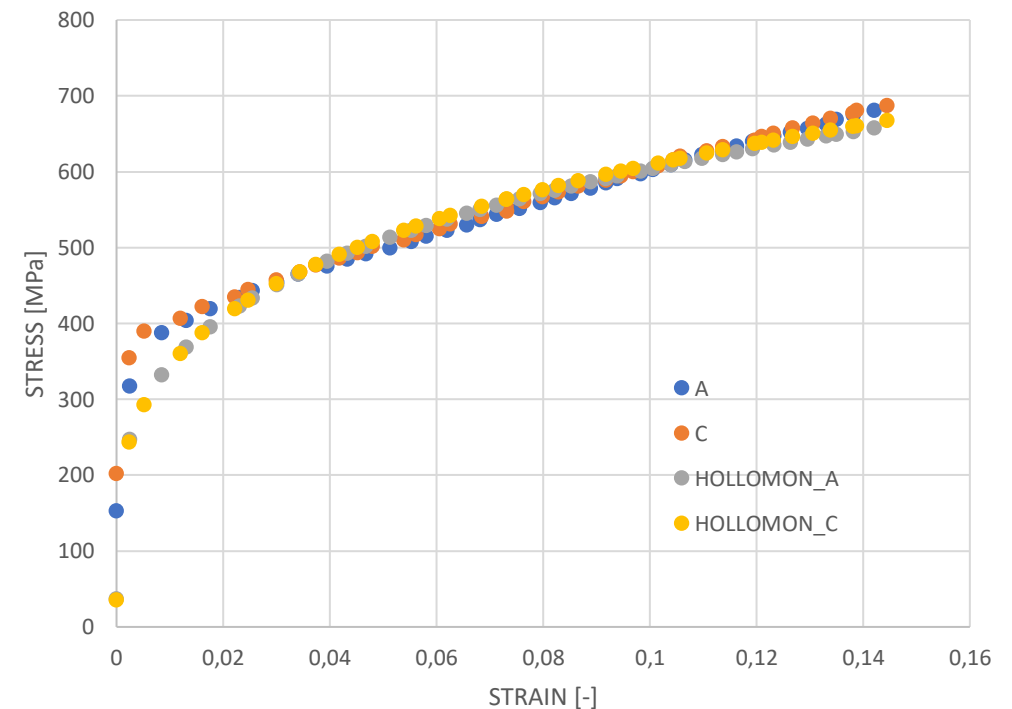
Un elevato valore dell'esponente di incrudimento (n) indica un'elevata deformazione uniforme che è desiderabile nei processi di piegatura.



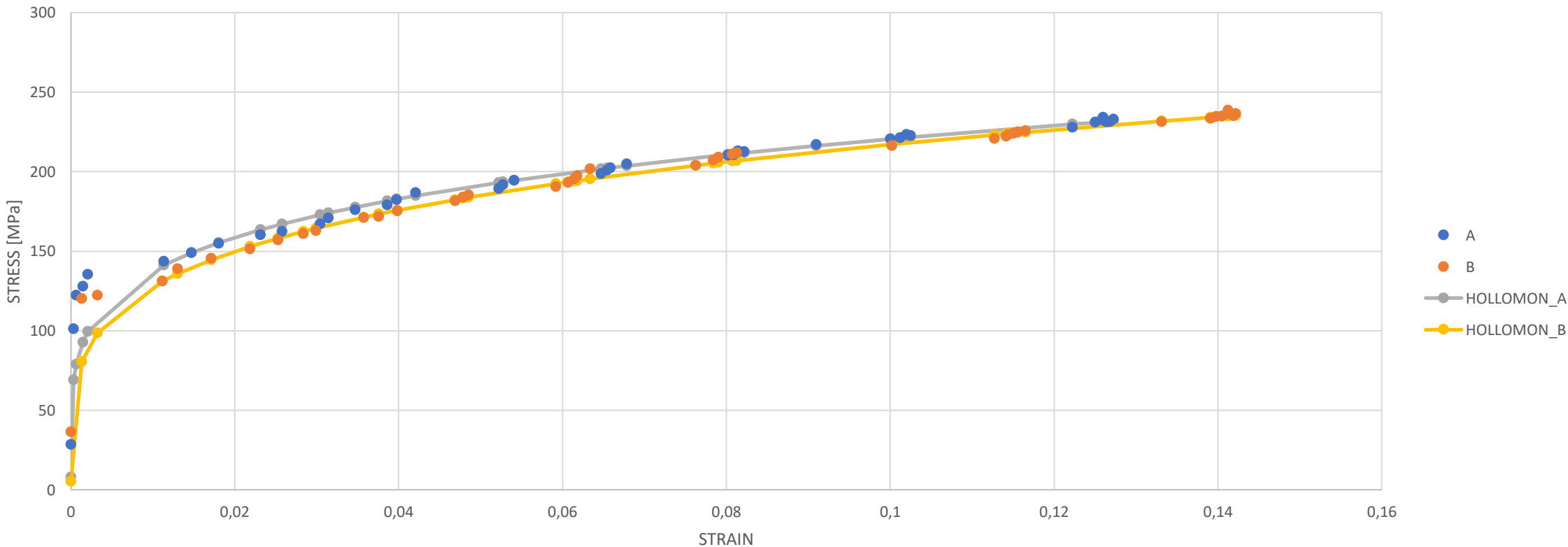
- Partendo dai dati tensione-deformazione reale ricavati da MTS e Aramis
- Impongo arbitrariamente k e n
- Utilizzando i dati tensione MTS e equazione di Hollomon ricavo deformazione ϵ
- Rilevo lo scarto $\Delta\epsilon = \epsilon_{ARAMIS} - \epsilon_{HOLLOMON}$ per tutte le rilevazioni
- Usando un **risolutore** determino k e n capaci di **ridurre al minimo la somma di tutti gli scarti**

$$\sigma = K \epsilon^n$$

2022_07_07_AISI304_1mm_90°_6.5mms



20220712_AA5754_1mm_90°_6.5mms

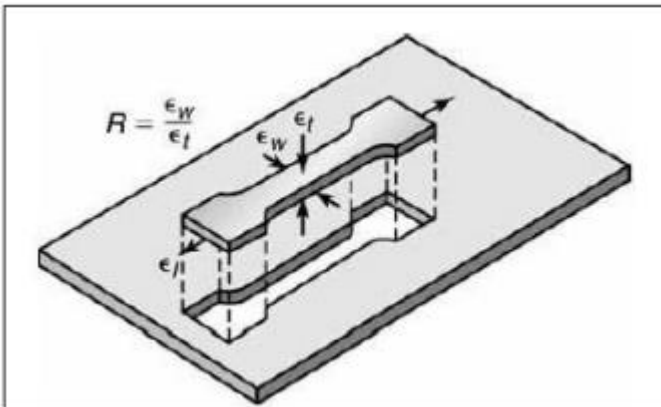


MODELLO HOLLOMON A	K	353,4507397
	n	0,204727683

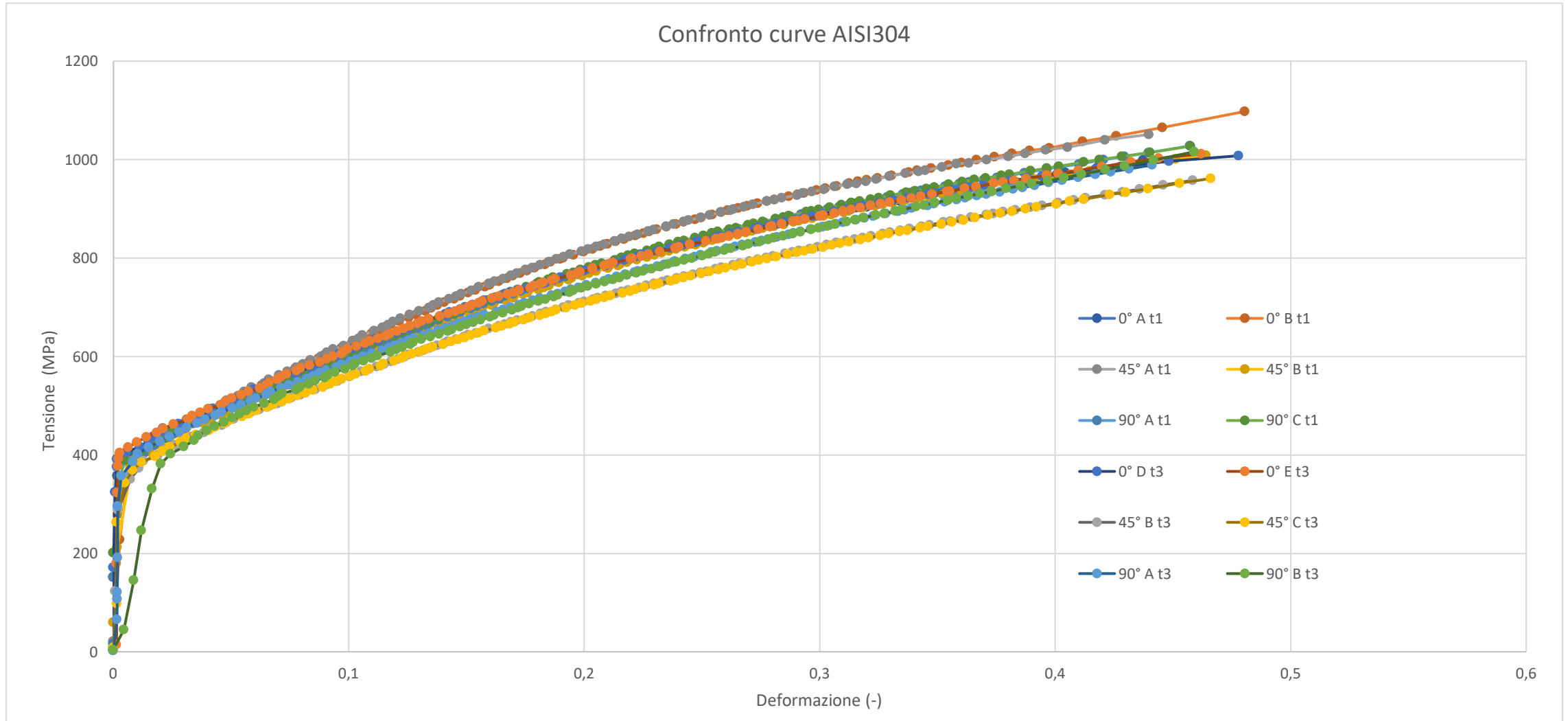
MODELLO HOLLOMON B	K	368,8223
	n	0,23019

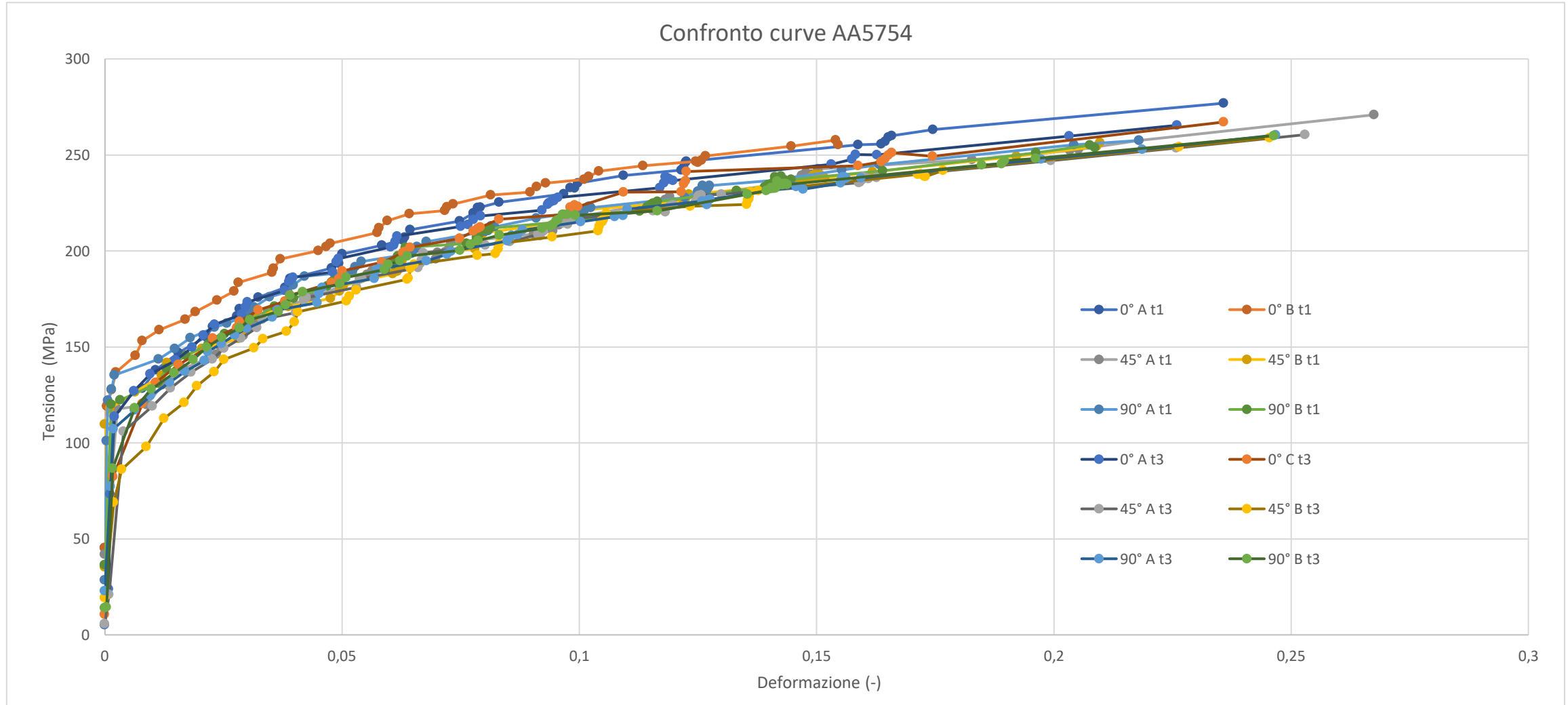
- E' condizionata dal ciclo di produzione termo meccanico dagli eventuali trattamenti termici a cui una lamiera è sottoposta.
- Si definisce **anisotropia normale** della lamiera il **rapporto tra la deformazione della larghezza e dello spessore**

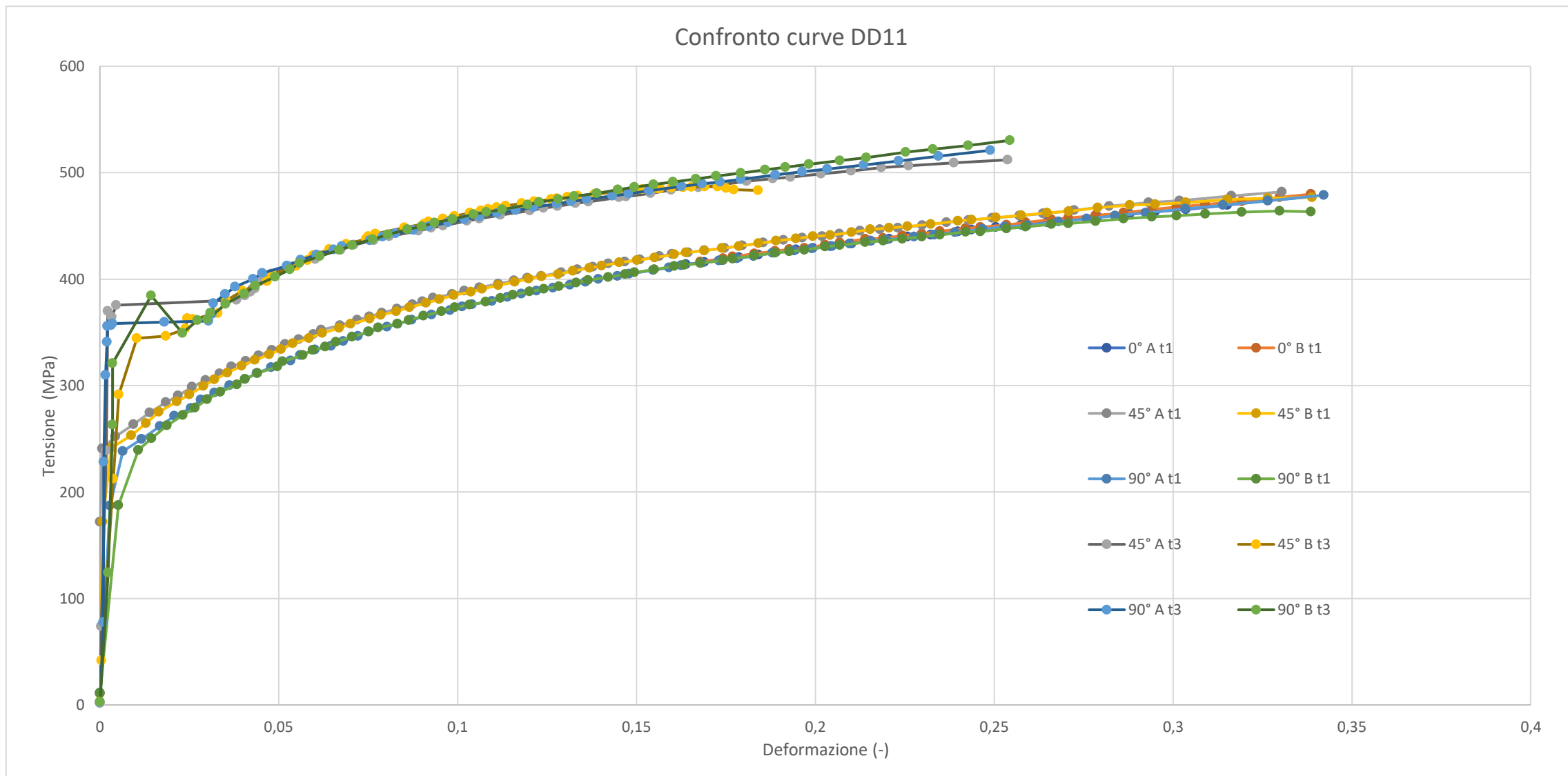
$$R = \frac{\varepsilon_w}{\varepsilon_t} = \frac{\ln\left(\frac{w_0}{w_t}\right)}{\ln\left(\frac{t_0}{t_t}\right)}$$



- Tramite il software Aramis è possibile ricavare la deformazione reale della larghezza e dello spessore e successivamente trovare R
- Le lamiere presentano un valore di R del provino a trazione che dipende dalla direzione secondo la quale il foglio è stato laminato

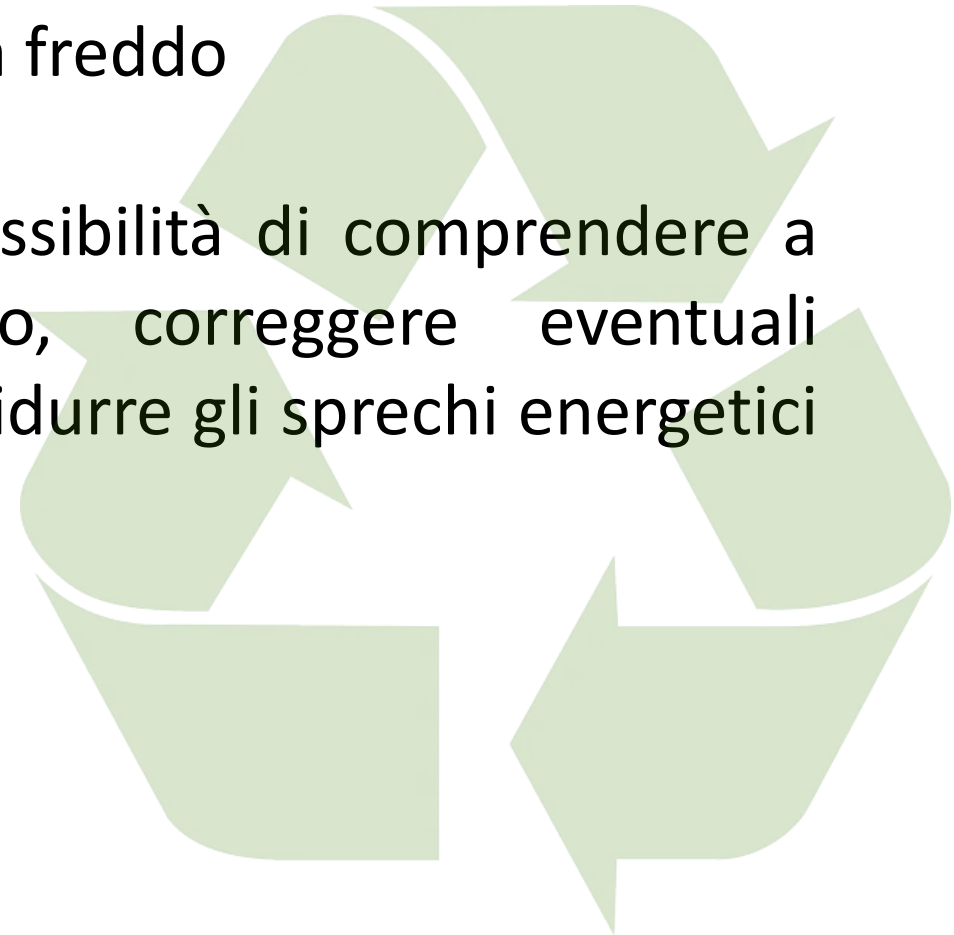






Si è formulato un primo modello numerico che dà la possibilità di conoscere il comportamento delle leghe e le forze necessarie in un generico processo di piegatura eseguito a freddo

Conoscere i materiali utilizzati dà la possibilità di comprendere a priori la fattibilità di un progetto, correggere eventuali problematiche, eseguire ottimizzazioni, ridurre gli sprechi energetici e di materiale



Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
***«Caratterizzazione meccanica di materiali
metallici per processi di piegatura a freddo»***

GRAZIE PER L'ATTENZIONE