

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria meccanica

Relazione per la prova finale

*Studio sperimentale della compensazione
delle dimensioni di accoppiamento
di elementi realizzati mediante Additive Manufacturing*

Tutor universitario: Prof. Roberto Meneghello

Laureando: *Alessandro Cressoni*

Padova, 18/03/2022

- L'additive manufacturing è una tecnologia il cui uso si sta diffondendo in diversi settori. Alcuni esempi sono: meccanica di precisione, prototipazione, in campo medico, ecc.... .
- Per il presente elaborato sono state utilizzate le stampanti 3 e 3L di Formlabs che sfruttano la tecnologia SLA
- Questo lavoro nasce nel tentativo di risolvere le difficoltà riscontrate nella compensazione delle dimensioni nominali affinché queste rispettino le tolleranze per gli accoppiamenti
- Le stampe precedenti hanno rilevato che le dimensioni esterne tendono ad aumentare, viceversa per le dimensioni interne

- Attraverso la creazione di prototipi, la loro misurazione e l'inserimento e l'analisi dei dati ottenuti in file Excel troveremo le dimensioni effettive dei prototipi prodotti dalla stampante
- L'obiettivo finale posto è quello di creare uno strumento di compensazione delle differenze tra i valori nominali e quelli effettivamente rilevati

Per la scelta delle dimensioni dei prototipi sono stati presi in considerazione i primi cinque intervalli della tabella delle tolleranze UNI EN ISO 286-1:2010.

Per rendere i risultati più fruibili è stata utilizzata la media geometrica dei valori di estremità degli intervalli, arrotondando in modo opportuno:

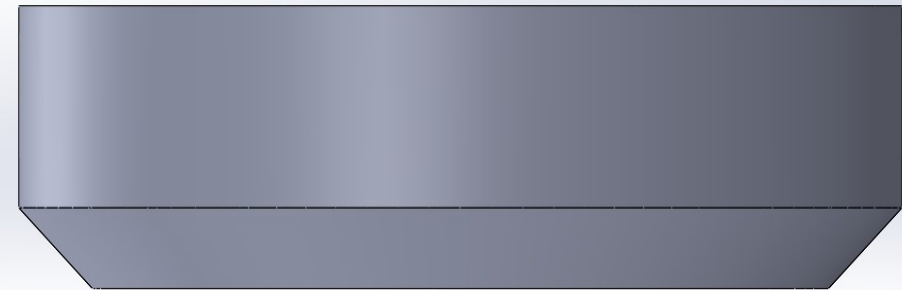
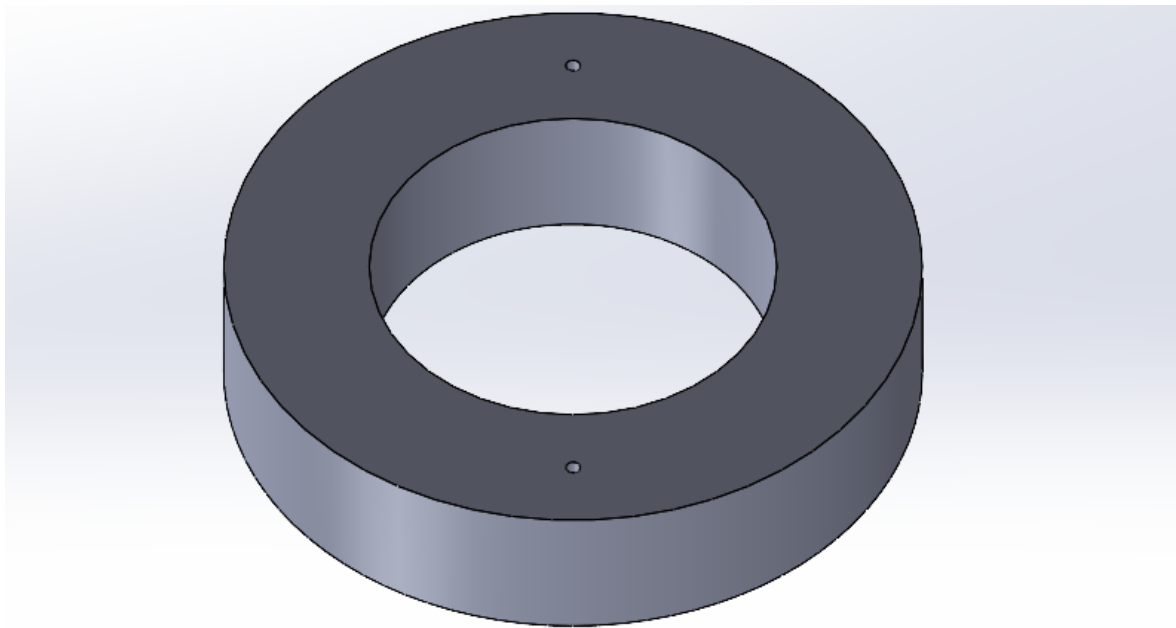
- Per l'intervallo $-/3 \rightarrow 2$ mm
- Per l'intervallo $3/6 \rightarrow 4$ mm
- Per l'intervallo $6/10 \rightarrow 8$ mm
- Per l'intervallo $10/18 \rightarrow 14$ mm
- Per l'intervallo $18/30 \rightarrow 24$ mm

Per ottenere risultati statisticamente attendibili è stato deciso di produrre dieci campioni per ogni tipo di intervallo preso in considerazione

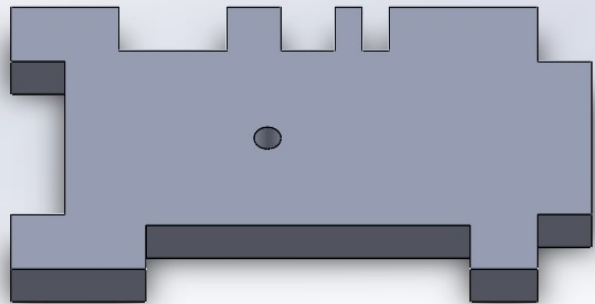
L'analisi si divide in due parti:

- Ripetibilità: un prototipo per ogni dimensione viene misurato dieci volte
- Campionamento: dieci prototipi per ogni dimensione vengono misurati una volta

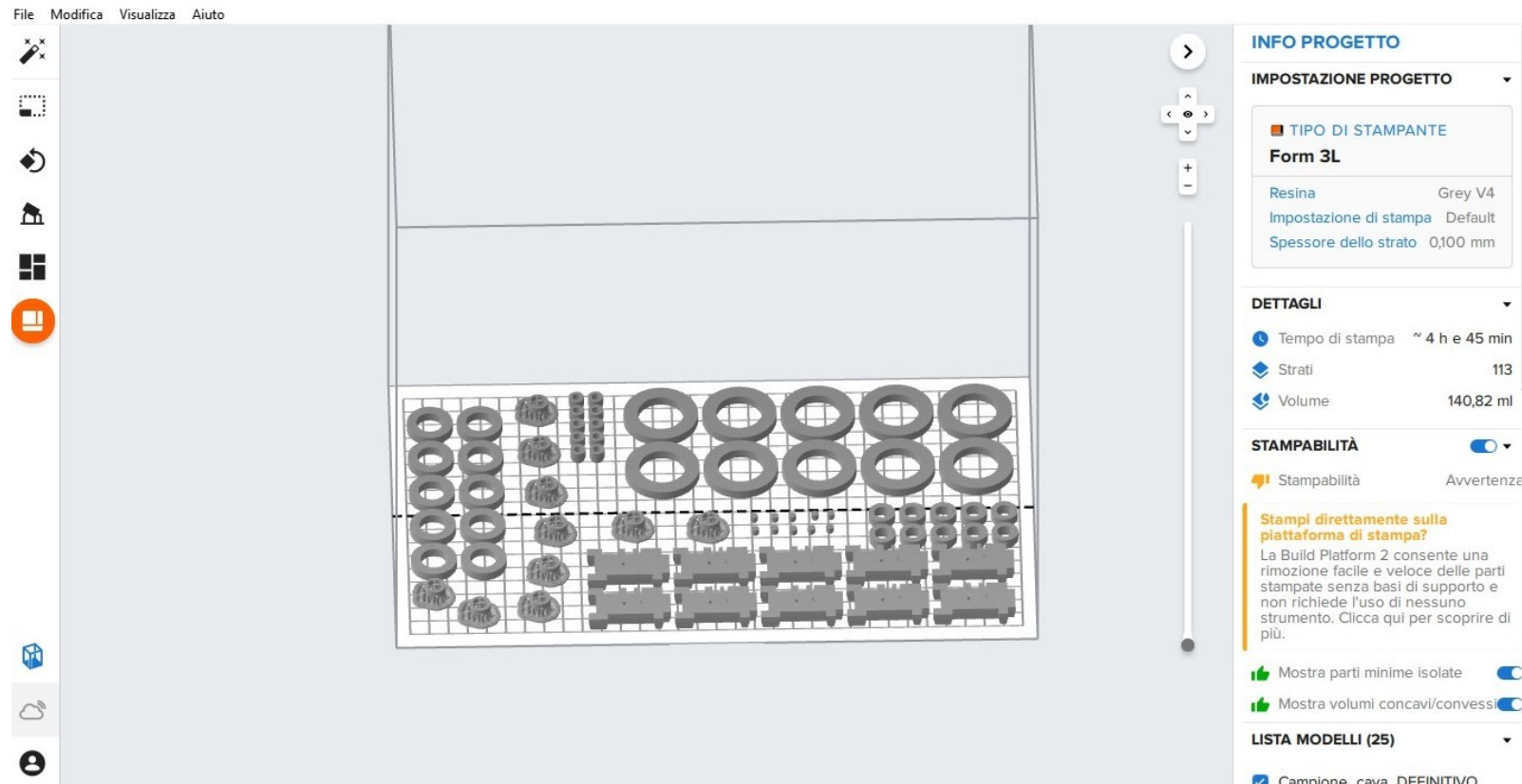
Prototipo cilindrico di diametro esterno 24 mm e diametro interno 14 mm di altezza 5 mm



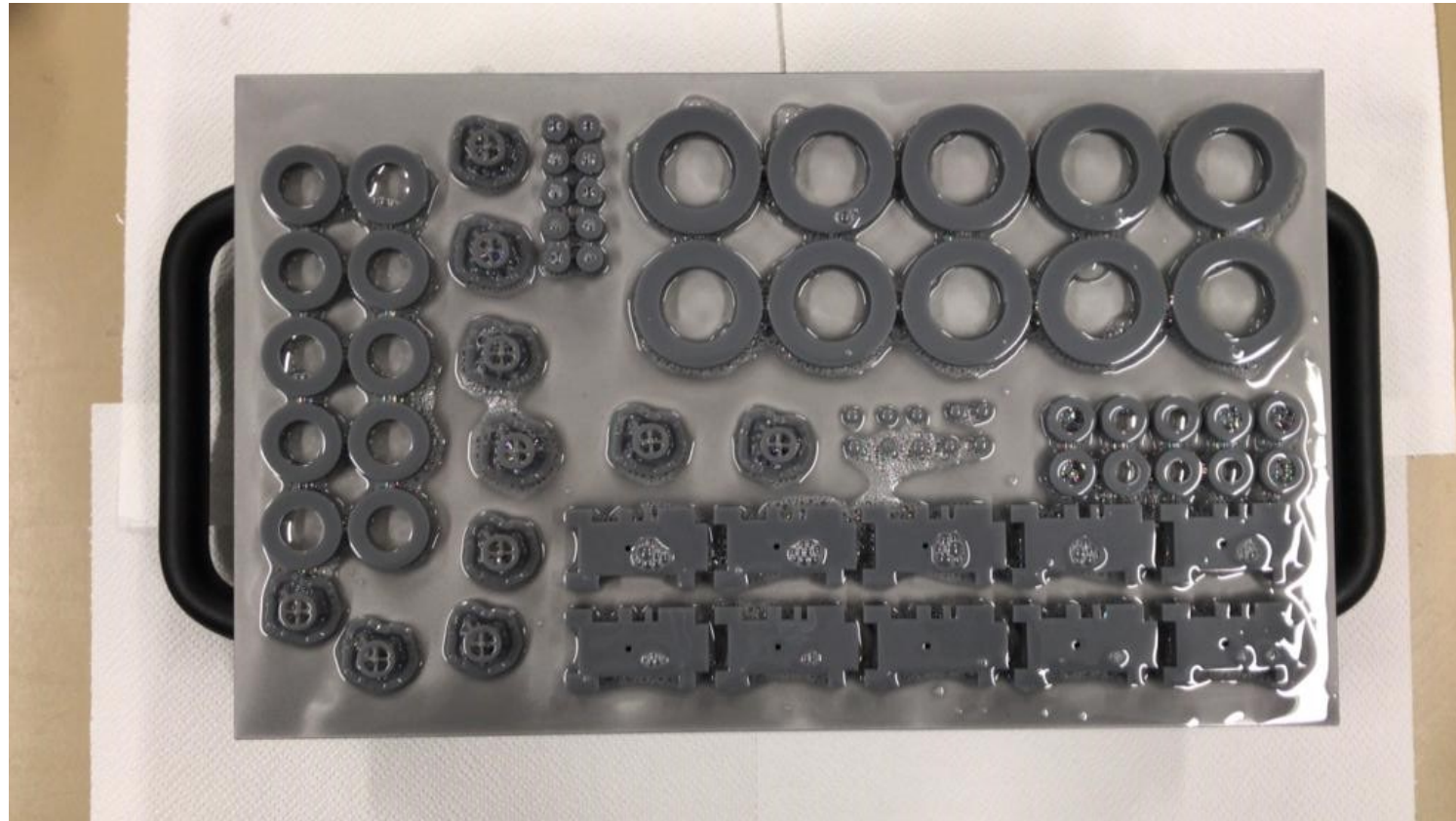
Prototipo prismatico rettangolare di lunghezza 43 mm e larghezza 24 mm e altezza 5 mm contenente tutte le dimensioni delle lunghezze e la dimensione del foro da 2 mm



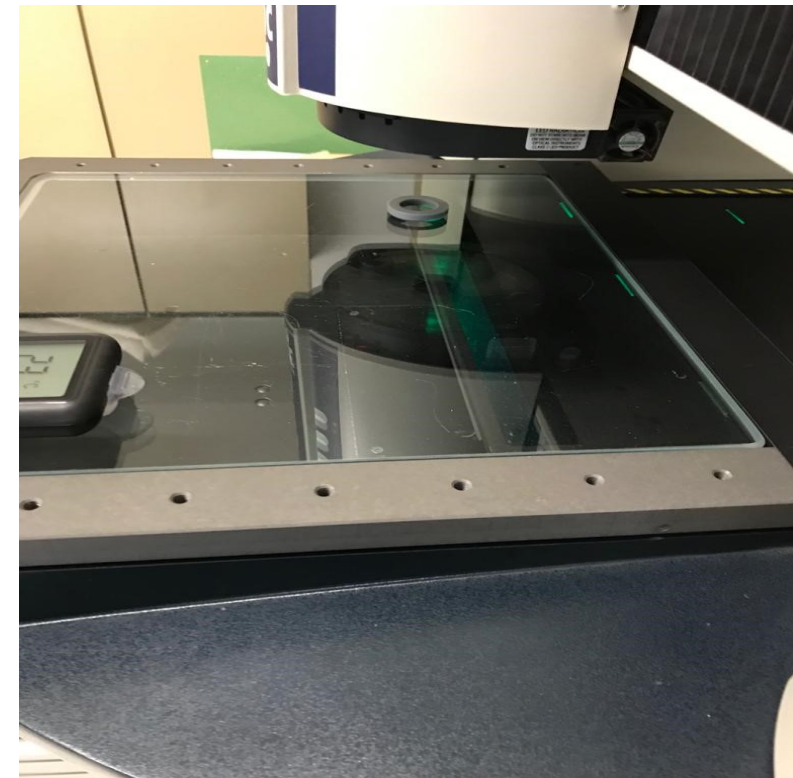
Procedo ora al posizionamento dei prototipi sulla piastra della stampante 3L grazie al software Preform di Formlabs.



Risultato della stampa dei prototipi con la stampante 3L di Formlabs



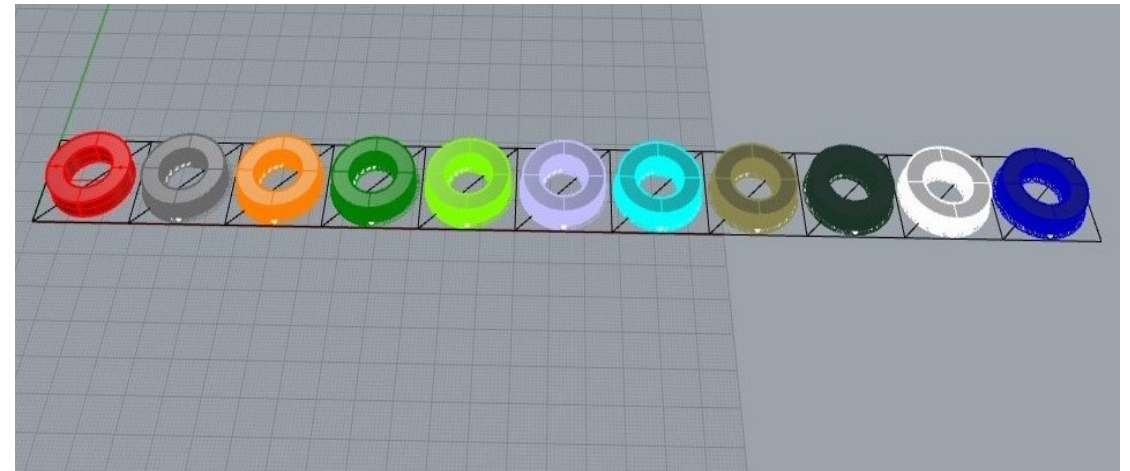
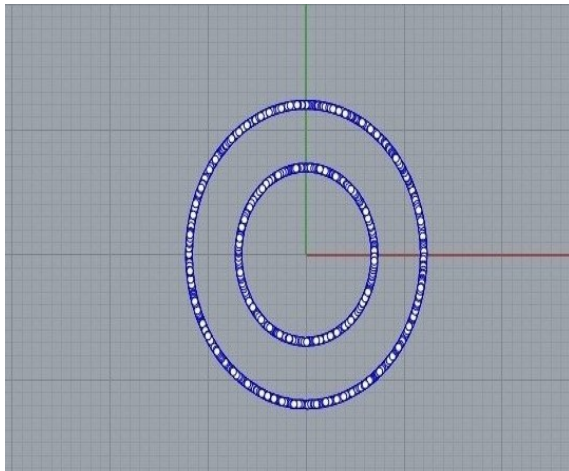
Grazie ad una macchina di misura ottica è avvenuta l'acquisizione delle nuvole di punti dei prototipi stampati da cui ricostruire il modello tridimensionale



Importando i dati in Rhino è stato possibile ricostruire il modello 3D.

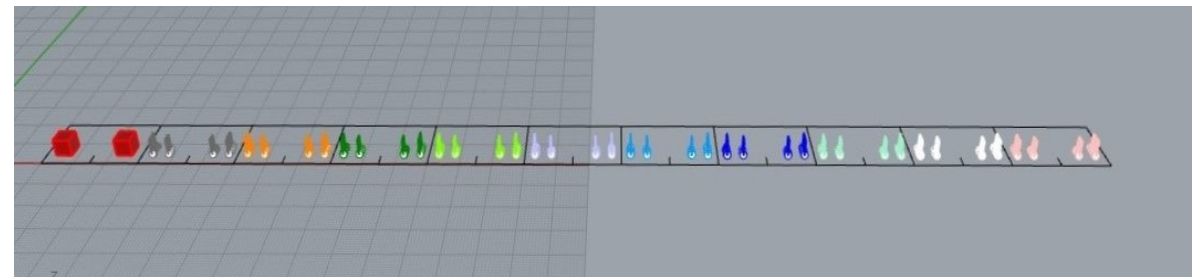
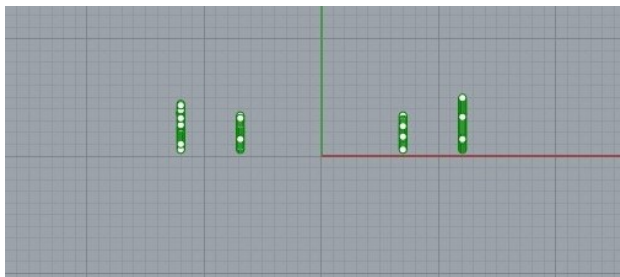
Le operazioni eseguite sono :

1. Creazione di due linee interpolatrici chiuse di grado uno per le due circonferenze
2. Estrusione delle due circonferenze ad altezza 5 mm
3. Salvare i modelli singolarmente come file STL

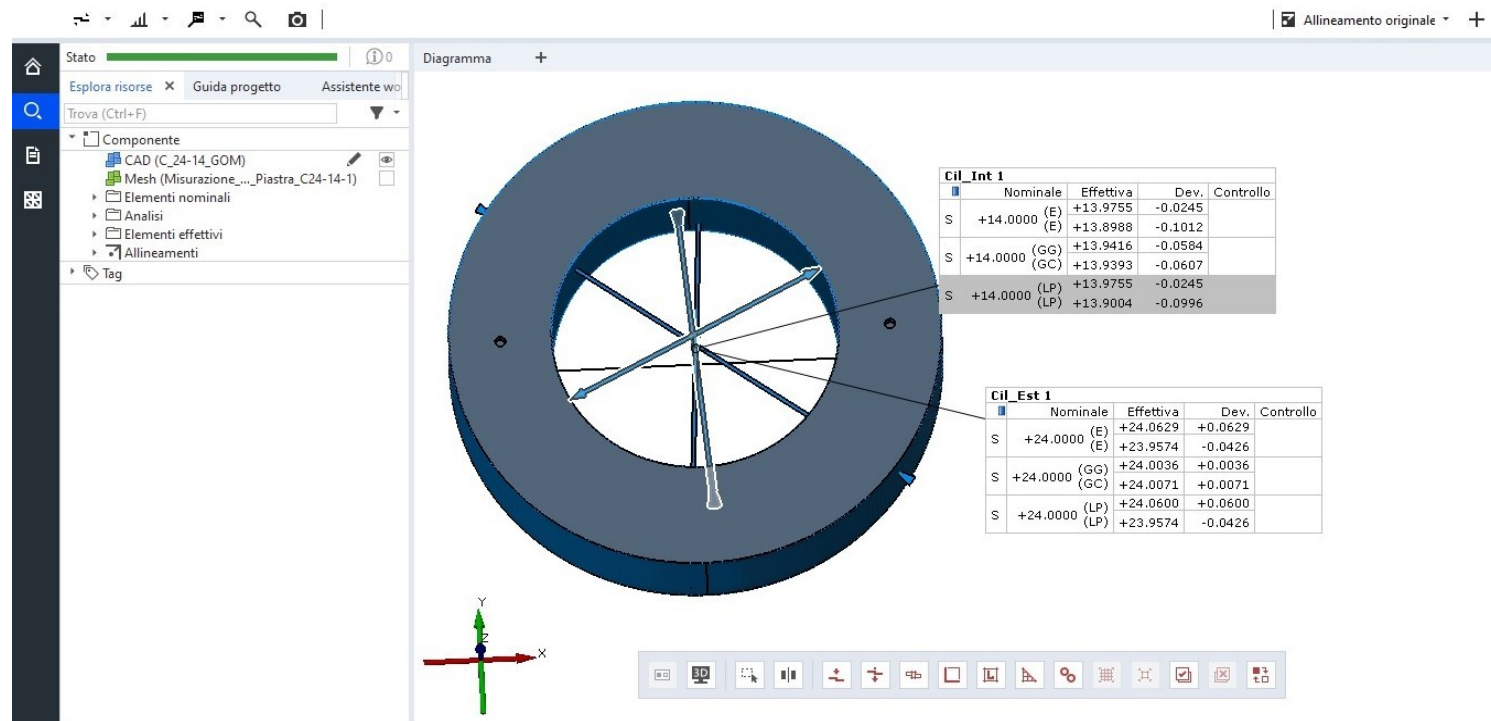


Una simile sequenza di operazione è stata utilizzata anche per le nuvole di punti delle lunghezze:

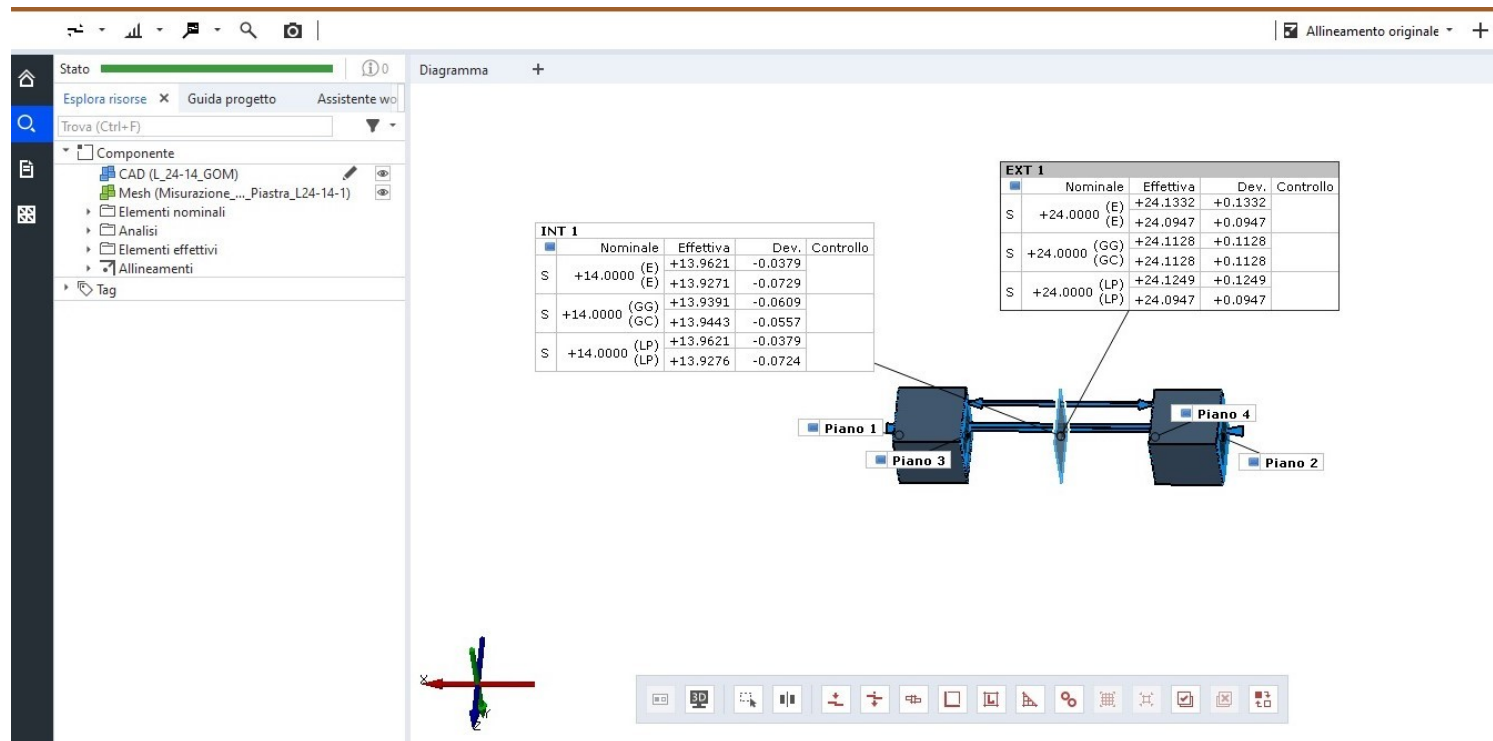
1. Creazione di quattro linee interpolatrici aperte di grado uno, una per ogni linea di punti
2. Estrusione delle quattro linee ad altezza 5 mm
3. Salvare i modelli singolarmente come file STL

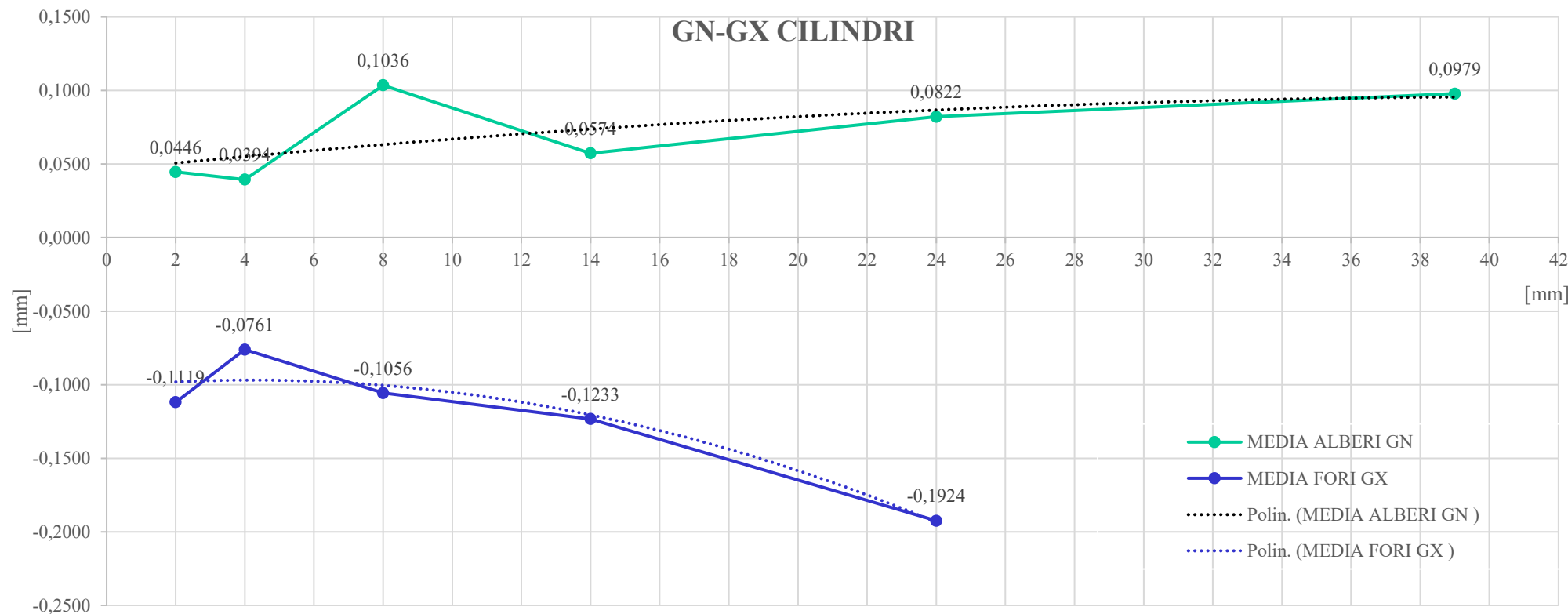


Attraverso la costruzione di cilindri nominali interni ed esterni vengono calcolate le dimensioni delle mesh attraverso cinque tipologie di misurazioni: GN-GX, GG, GC, LP_MAX ED LP_MIN

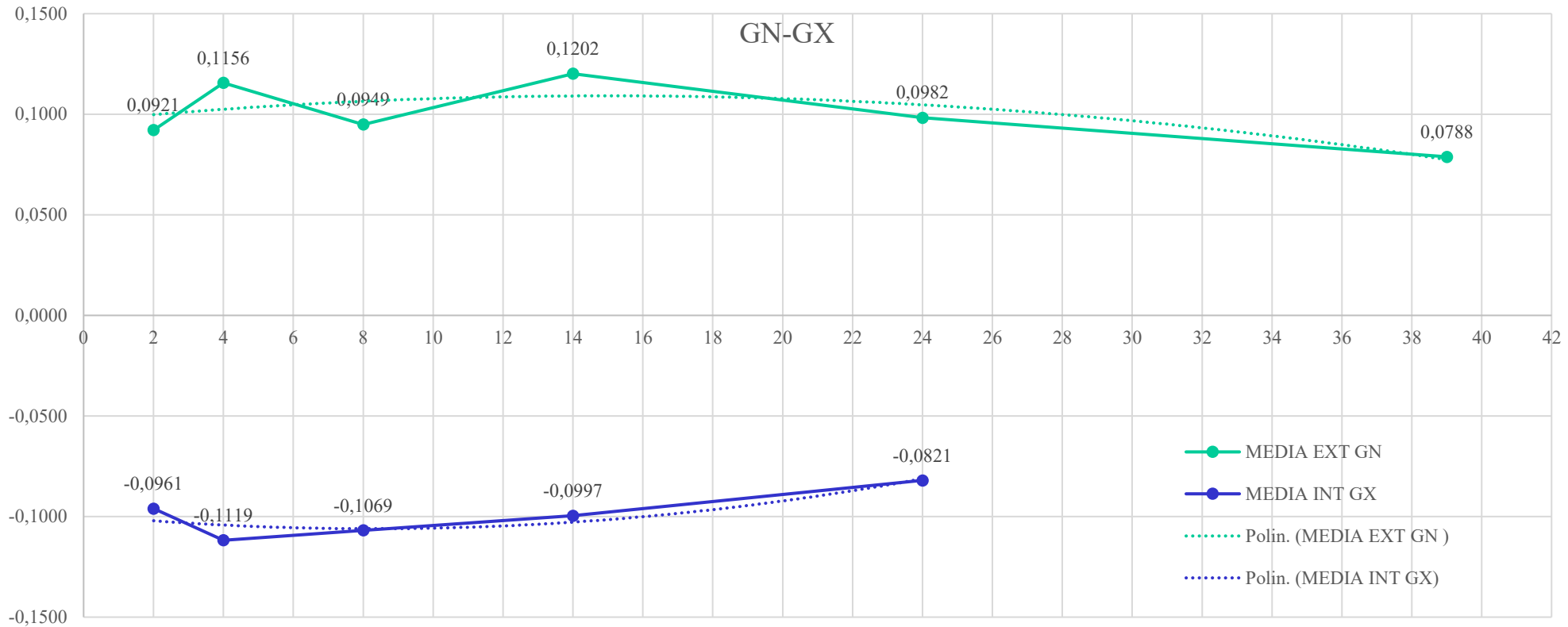


Attraverso la costruzione di piani nominali e piani simmetrici interni ed esterni vengono calcolate le dimensioni delle mesh attraverso cinque tipologie di misurazione: GN-GX, GG, GC, LP_MAX ED LP_MIN





All'aumentare dei valori nominali aumenta la differenza tra i valori dei fori e degli alberi



Discorso inverso viene riscontrato per le misure delle lunghezze

- Questo studio conferma l'ipotesi iniziale data dall'esperienza: le lunghezze esterne tendono ad aumentare rispetto al valore nominale mentre le lunghezze interne tendono a diminuire.
- Linea di tendenza polinomiale tenda ad avvicinarsi ai valori calcolati all'aumentare delle dimensioni sia nei prototipi cilindrici che in quelli prismatici
- Siamo riusciti nell'intento di creare uno strumento di compensazione delle differenze tra i valori nominali e quelli effettivamente rilevati