MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Servizi per migliorare la qualità

Laboratorio MUSP

www.musp.it

MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Collaudo volumetrico

Calibrazione volumetrica della Macchina Utensile

Laboratorio MUSP

www.musp.it

Perché la Calibrazione Volumetrica

Accuratezza Volumetrica è l'indice più importante della capacità di produrre parti accettabili

Può essere stimata misurando errori geometrici all'interno dell'intero volume di lavoro → **Errore Volumetrico**

Calibrazione Volumetrica = misura dell'errore volumetrico lungo le 4 diagonali del volume di lavoro

Vantaggi:

- Misura all'interno dell'intero volume di lavoro
- Misura di singole componenti d'errore e generazione automatica di file di compensazione volumetrica
- **Riduzione errori** da **200%** a **500%**
- **Poche ore** di fermo macchina richieste (calibrazione con approcci tradizionali richiede qualche giorno)

A chi si rivolge?

Costruttori e **utilizzatori** di Macchine CNC e CMM

Applicazioni:

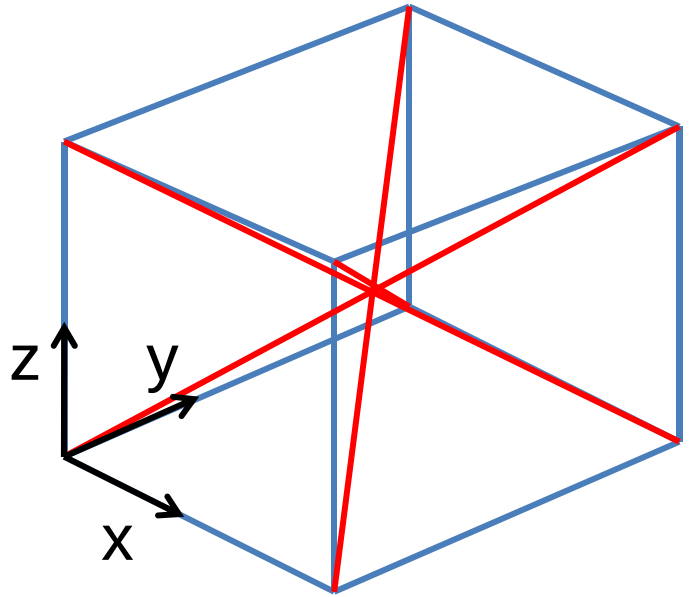
- Stima dell'accuratezza volumetrica
- Calibrazione veloce e precisa
- Misura della perpendicolarità degli assi
- Compensazione volumetrica e incremento della qualità delle parti prodotte
- Controllo periodico delle prestazioni della macchina

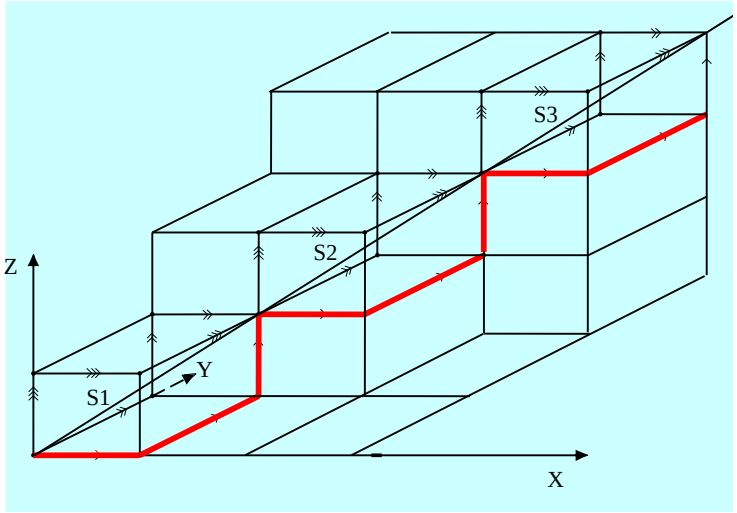
Come si effettua la Calibrazione Volumetrica

Misura lungo le 4 diagonali del volume di lavoro

Sorgente laser sul pianale e specchio su mandrino

Movimentazione sequenziale per passi – *brevetto Optodyne*

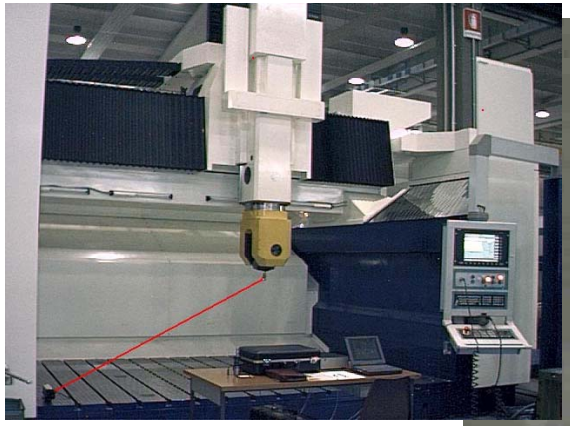


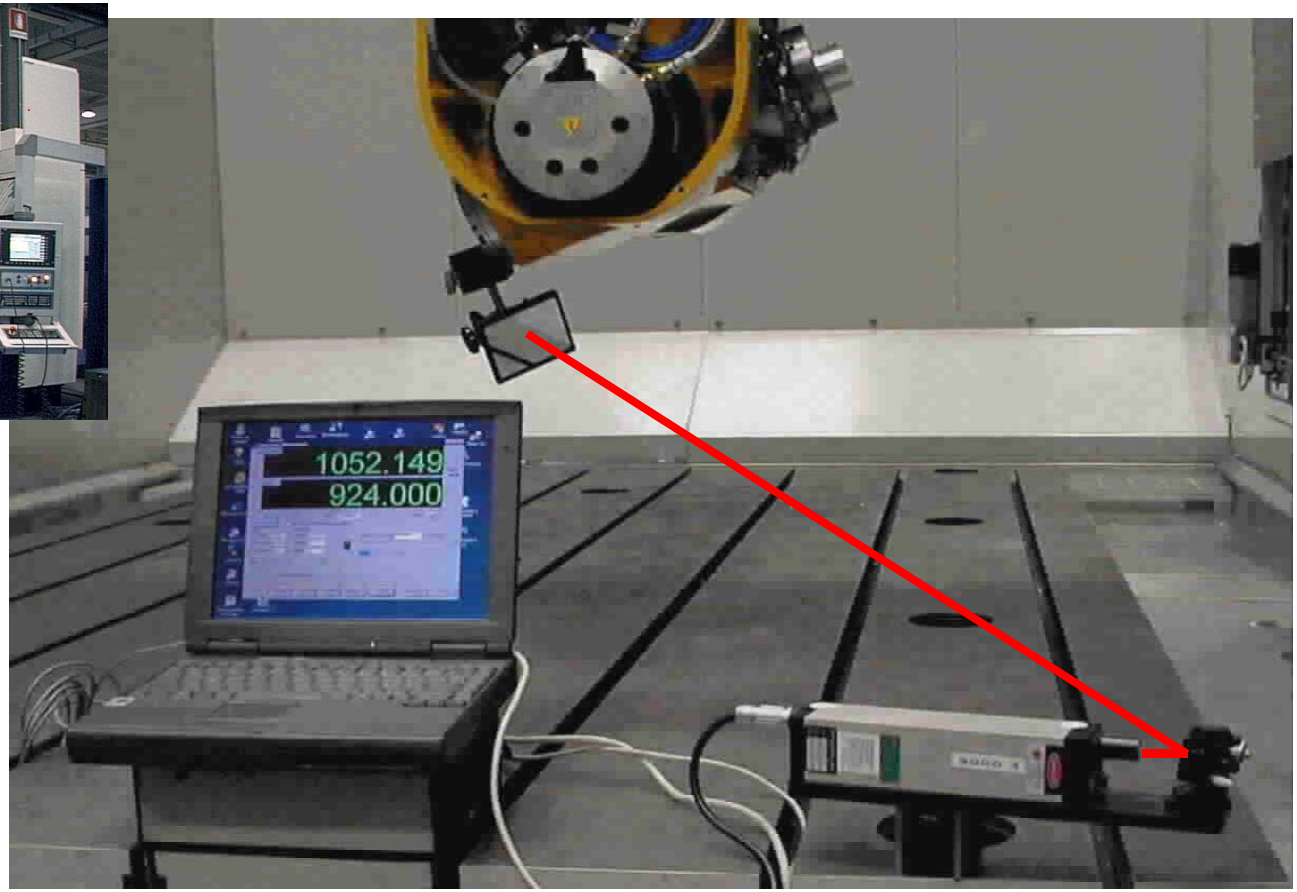


Ad ogni passo il mandrino viene spostato lungo un asse per volta

Componenti d'errore possono essere misurate separatamente

Come si effettua la Calibrazione Volumetrica





Come si effettua la Calibrazione Volumetrica

Procedura in accordo con norme **ASME B5.54** ed **ISO230-6**

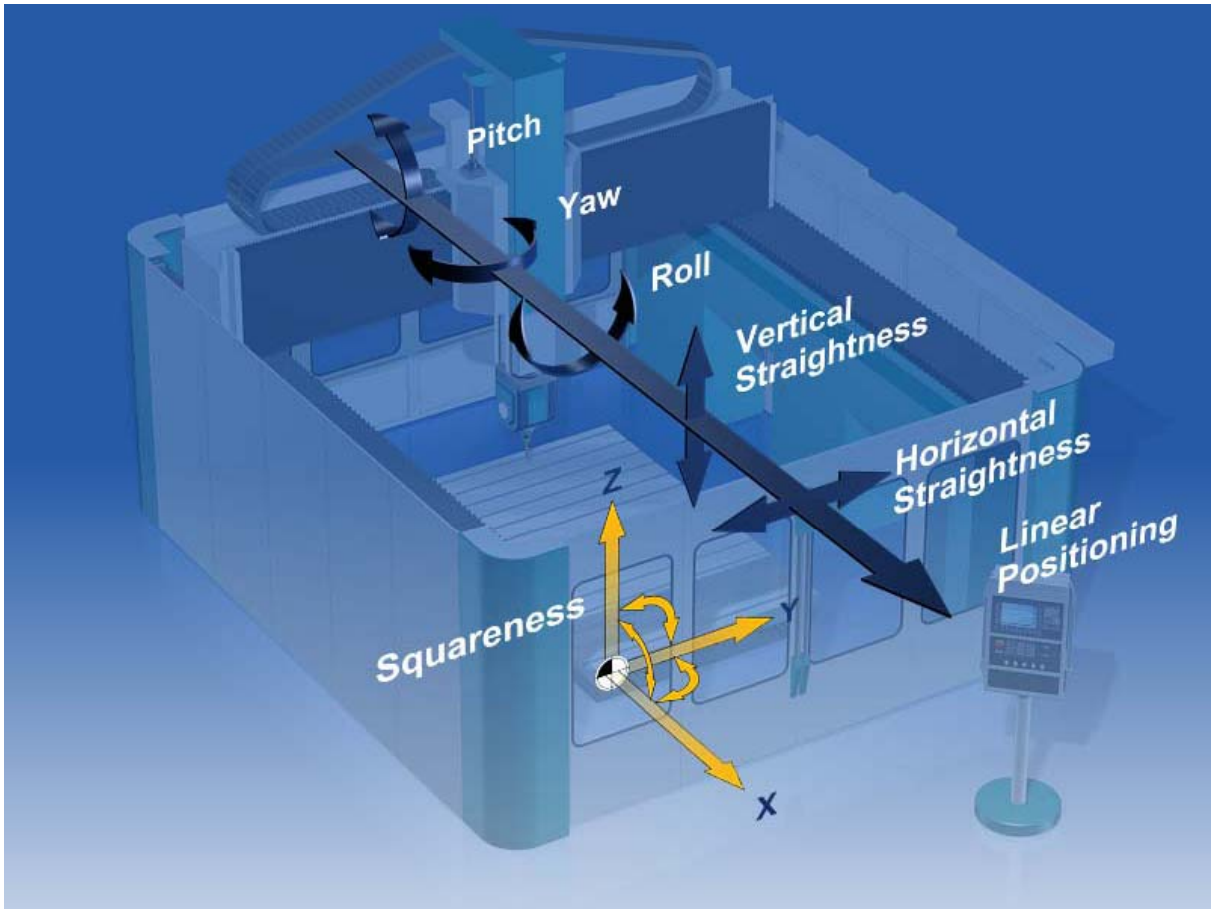
Componenti d'errore misurate:

- 3 errori di posizionamento lineare,
- 6 errori di rettilineità (orizzontale e verticale),
- 3 errori di quadratura.

Generazione automatica delle tabelle di **compensazione volumetrica** - formati supportati:

- Siemens 840 – 840D,
- Fanuc 15 - 16/18,
- Giddings & Lewis,
- Milltronics
- Altro (Fidia, Selca, ...)

Errori geometrici su assi lineari

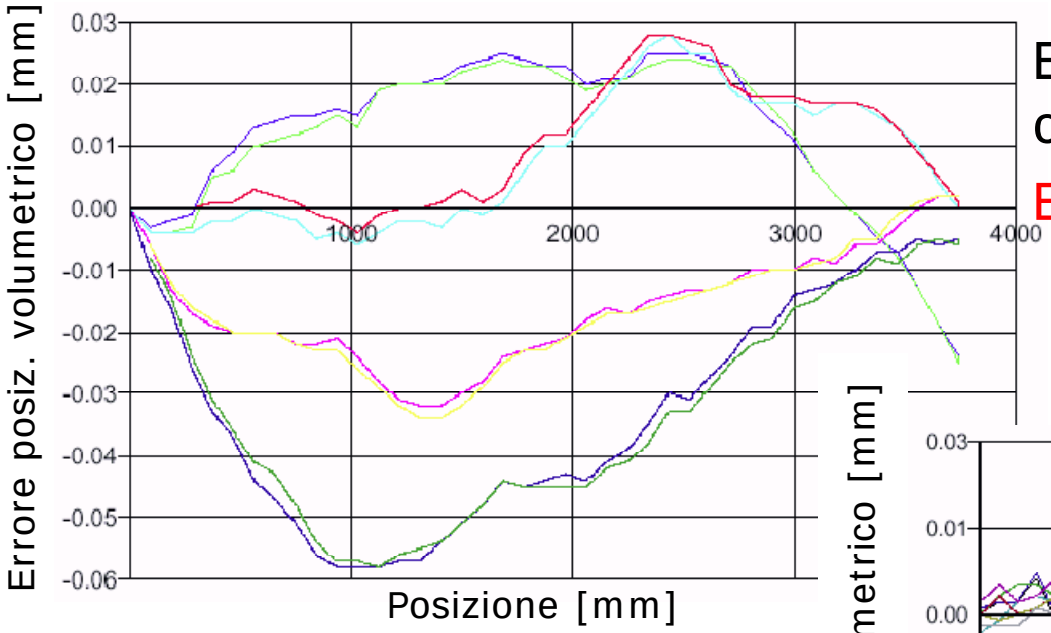


Come si effettua la Calibrazione Volumetrica

Il servizio prevede le seguenti fasi:

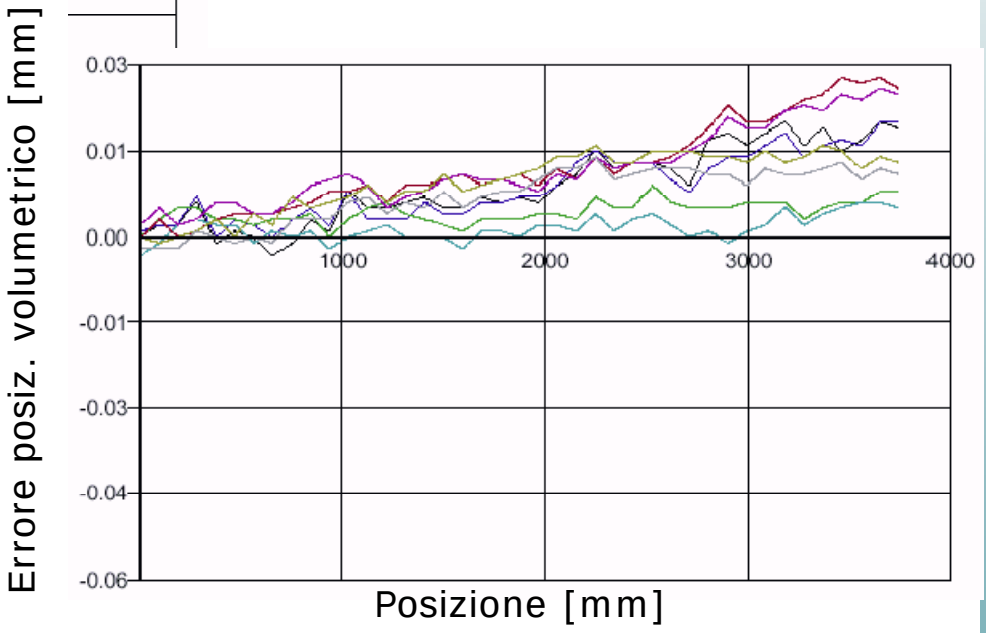
- **Allestimento** della misura per ciascuna diagonale;
- **Acquisizione** dei dati con metodo di misura per passi;
- **Processamento** dei dati, generazione report e file di compensazione;
- **Verifica** degli errori a valle di compensazione volumetrica – si esegue misura diagonale classica (tempi più ridotti).

Esempio



Errore ***PRIMA*** della compensazione volumetrica

Errore complessivo ~ 90µm



Errore ***DOPO*** compensazione volumetrica

Errore complessivo ~ 30µm

Tecnologia Laser Doppler Displacement Meter (LDDM)

Sistema laser **Optodyne** corredato del kit per il Collaudo Volumetrico

Compensazione automatica rispetto a variabili ambientali - temperatura e pressione

Precisione elevata → incertezza di misura attorno a 1ppm

Tempi intervento e output del servizio

Tempo complessivo di fermo macchina:

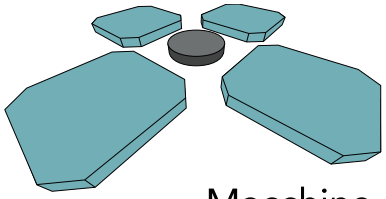
- **2 - 4 ore:** per un volume di lavoro di **un metro cubo;**
- ***una giornata:*** per grandi macchine con volumi di lavoro di diversi metri cubi.

Al termine dell'intervento verrà consegnato un rapporto contenente:

- Stato della macchina prima e dopo la calibrazione e la compensazione volumetrica in termini di errori;
- Tabelle e grafici delle singole componenti d'errore.

Verranno inoltre consegnati:

- file di compensazione volumetrica nel formato compatibile con il sistema di controllo utilizzato;
- certificazione dell'accuratezza volumetrica acquisita a seguito della calibrazione.



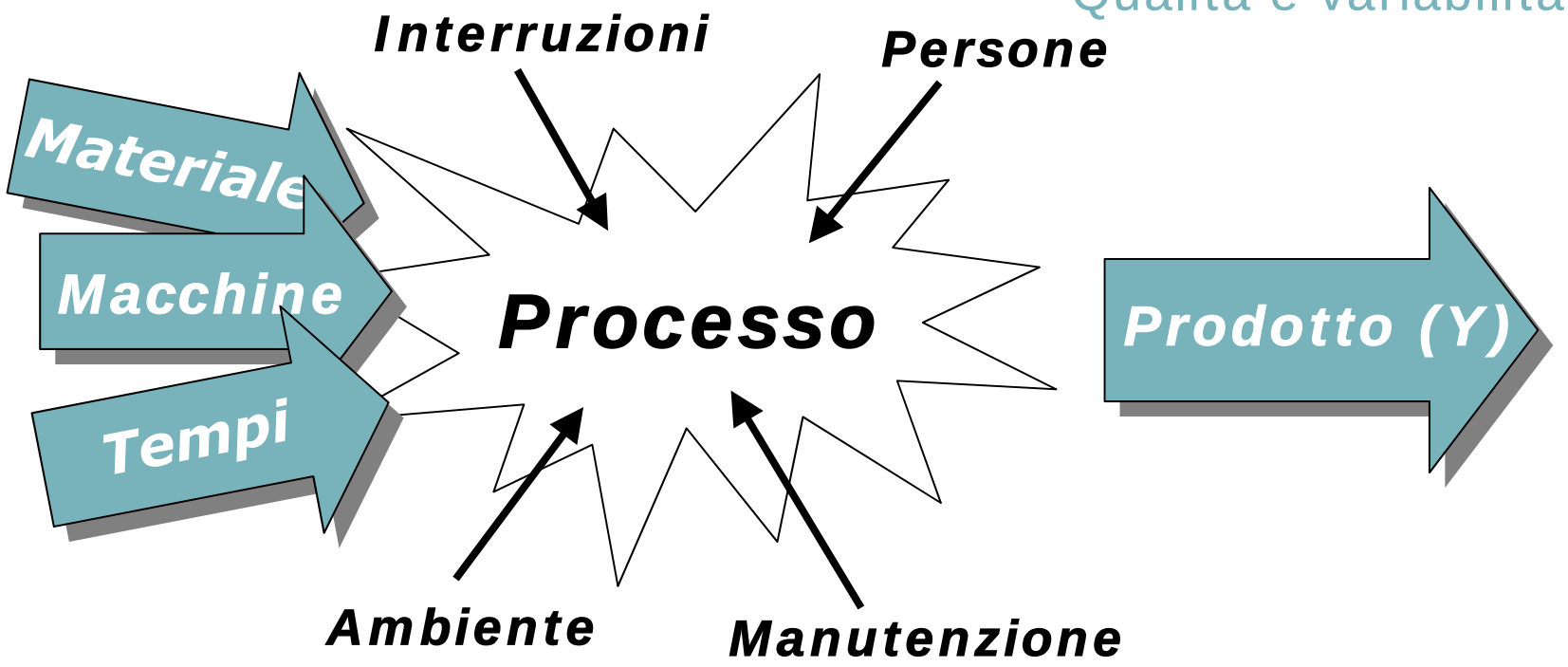
MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Misura e certificazione della qualità di prodotto

Laboratorio MUSP

www.musp.it



$$Y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, \ldots, x_n) \Rightarrow Variabilità$$

Si conosce e si controlla solo ciò che si misura

Cos'è Y

- Una dimensione (es. diametro di un foro)
- Una caratteristica meccanica (es. il carico di rottura di un giunto saldato o rivettato)
- Una qualunque quantità misurabile, legata la prodotto, che al cliente interessi

Attenzione: il cliente non è disposto a pagare per la "sovra-qualità"

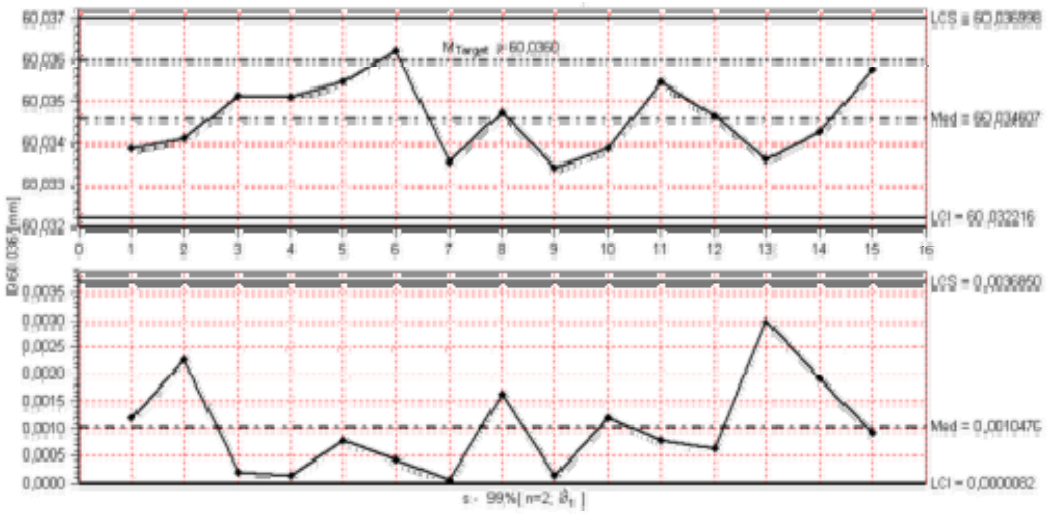
A che cosa serve la misura della qualità?

Obiettivo: *valutare la qualità complessiva di un processo produttivo*, date le specifiche del prodotto, con l'obiettivo di:

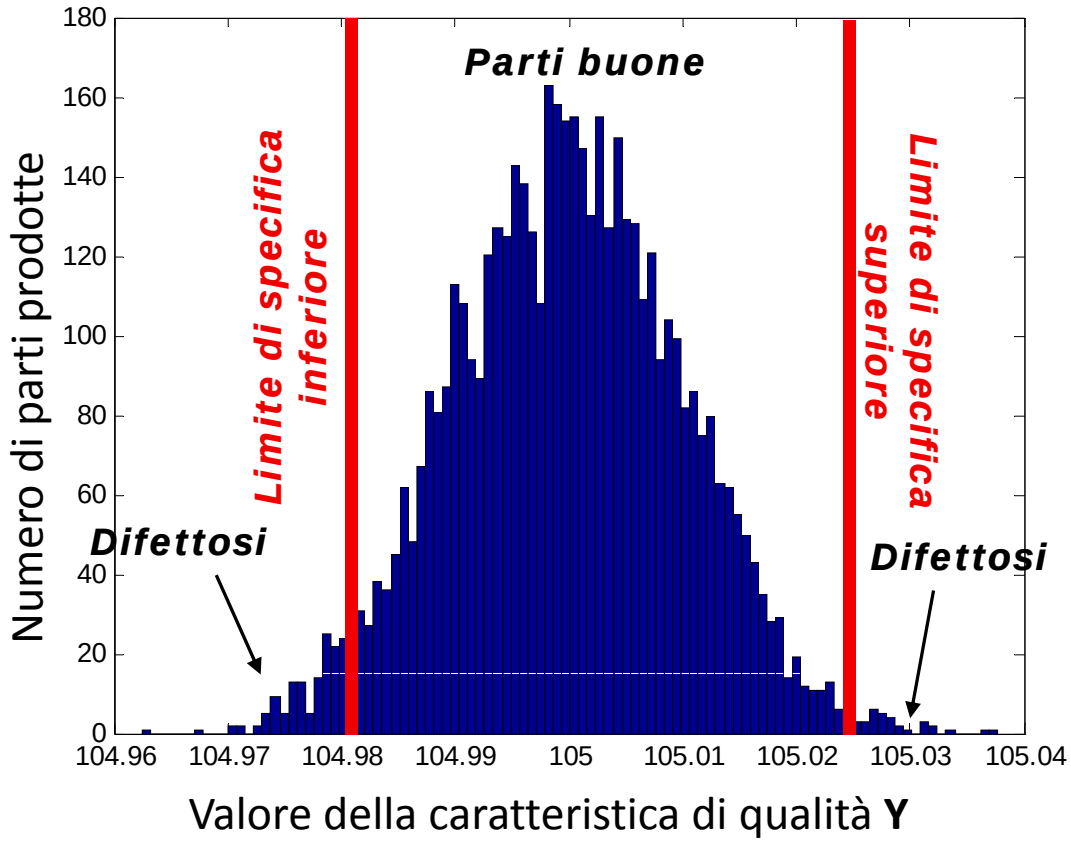
- ***minimizzare il numero di parti difettose***
- ***oppure ridurre la difettosità al livello economico***

La verifica viene effettuata mediante una opportuna procedura su di un ***campione ridotto di parti***

Tutto ciò si inquadra in un ottica di ***controllo 6-sigma*** del prodotto



Come si misura la variabilità?



Come è possibile valutare e prevedere la frazione di difettosi che verrà generata?

La valutazione della frazione di difettose può essere basata su opportuni indici di capacità.

Specifiche di prodotto

$$\hat{P}_m = \frac{U - L}{6\sigma}$$

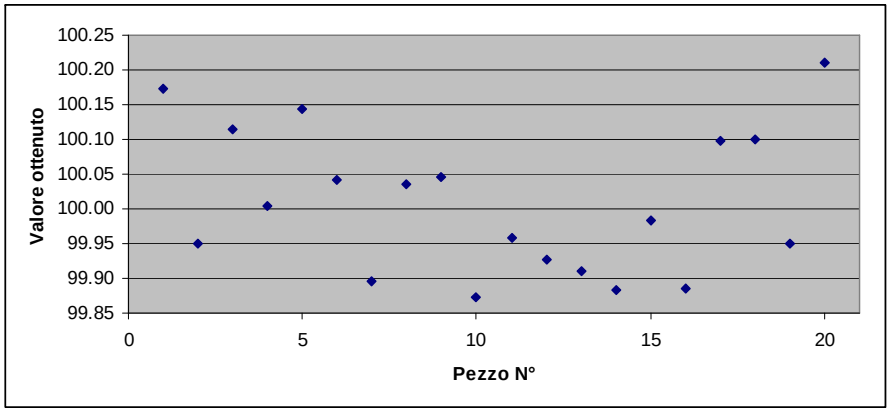
Valore medio della produzione ***Variabilità della produzione***

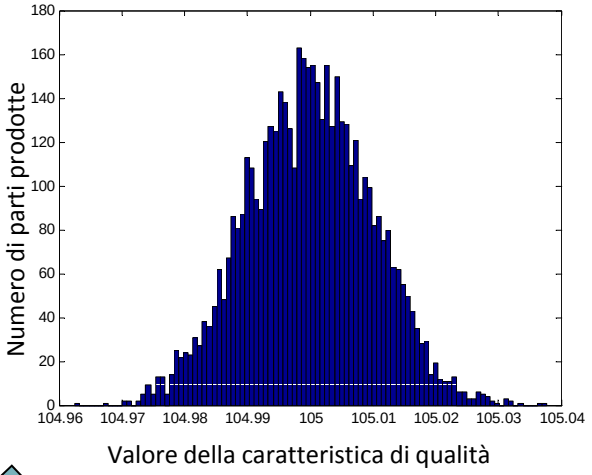
$$\hat{P}_{mk} = \min\left\{\frac{\bar{X} - L}{3\sigma}, \frac{U - \bar{X}}{3\sigma}\right\}$$

Pm	***sigma***	***difettosità***
1	3 sigma	0,28%
1,5	4,5 sigma	0,00068%
2	6 sigma	0,0000002%

Valutazione degli indici di capacità

- ***Produco 20 pezzi***
- ***Ne analizzo le caratteristiche***
- ***Calcolo indici di capacità e frazione di difettosi***

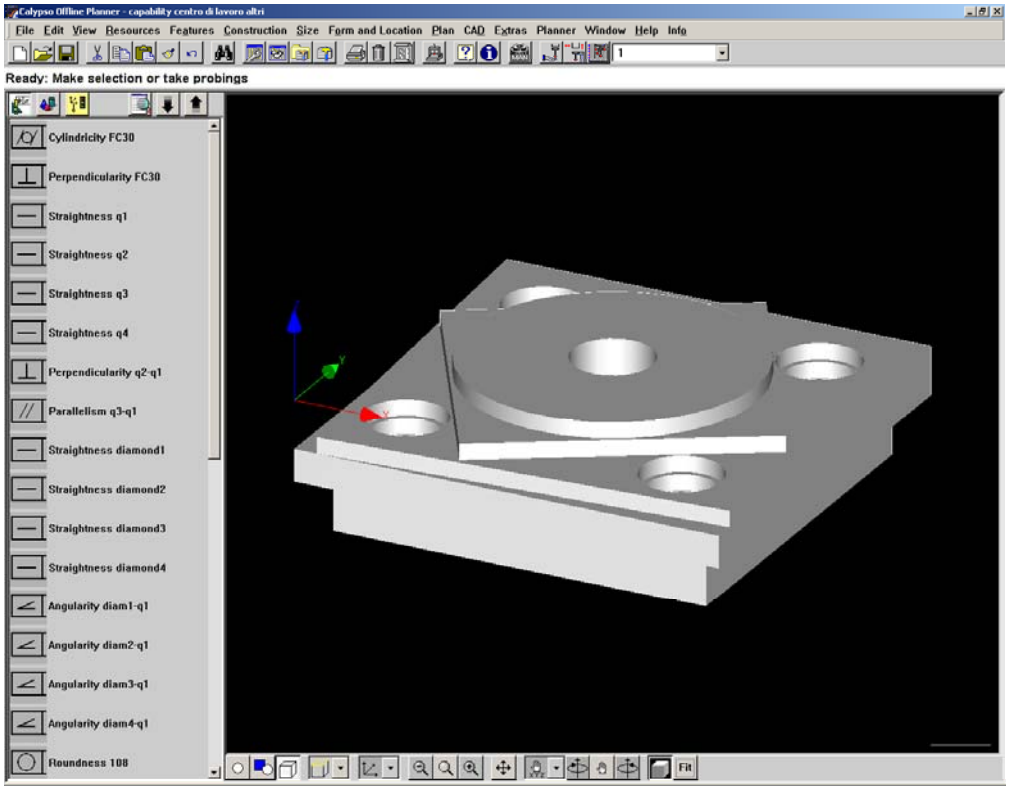


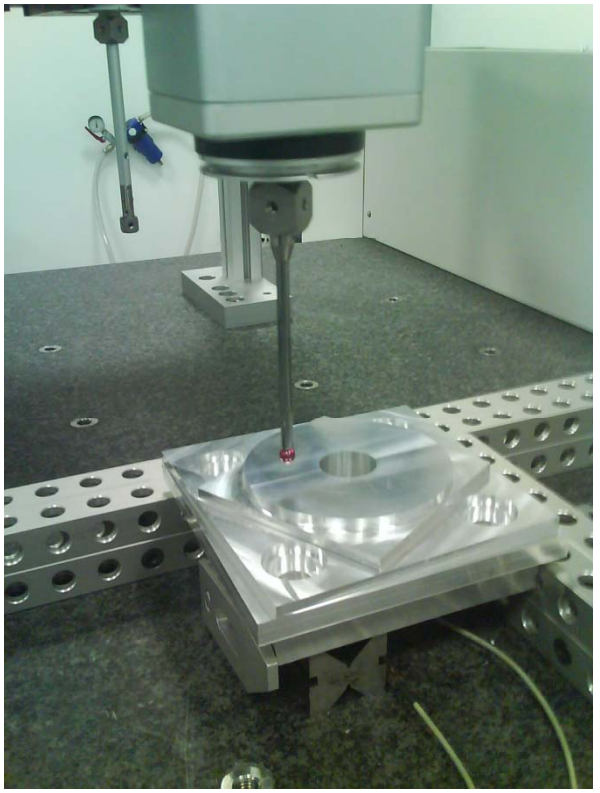


$$\hat{P}_m = \frac{U - L}{6\sigma}$$

Prestazioni generali di una macchina utensile

La procedura può essere utilizzata anche per valutare le prestazioni complessive di una specifica macchina utensile (vedi norma UNI ISO 10791-7:1998)

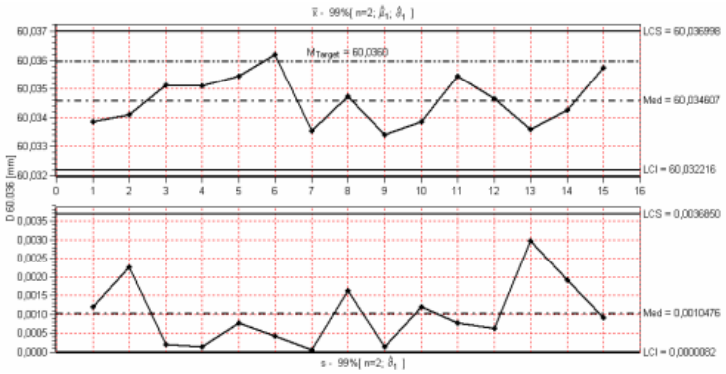


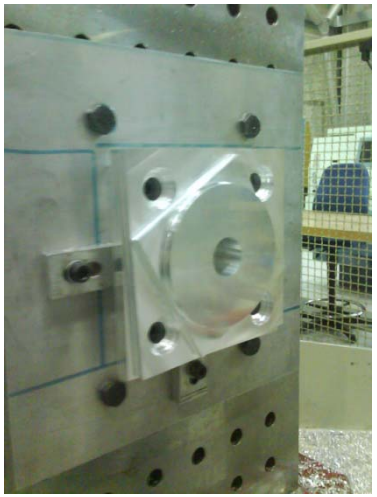


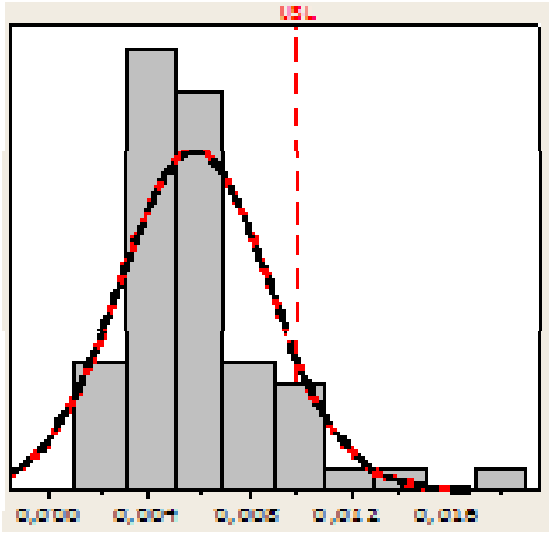
Riassumendo...

È possibile valutare precocemente la ***qualità*** di un processo, in modo ***quantitativo***, sulla base di un ***ridotto sforzo sperimentale***

Ciò consente di **minimizzare le parti difettose prodotte oppure ridurre la difettosità al livello economico**







MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Verifica virtuale del part program

Laboratorio MUSP

www.musp.it

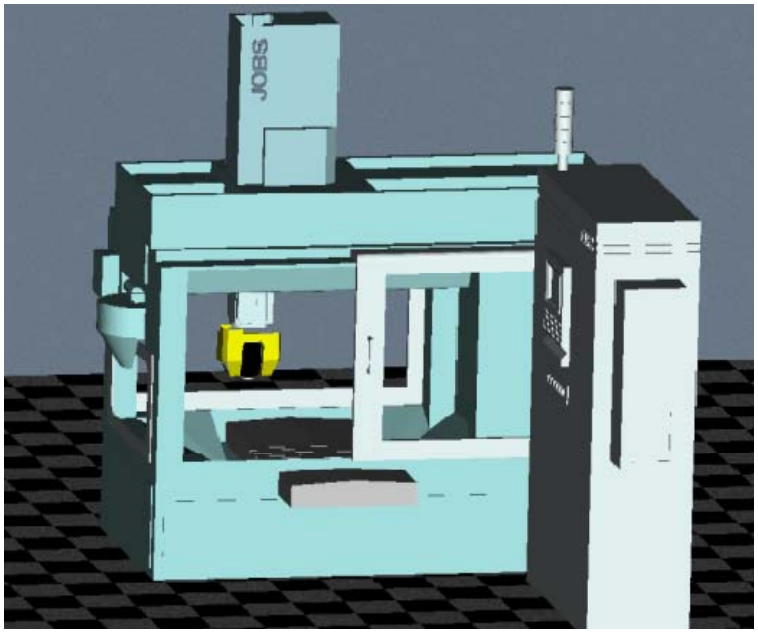
Perché la verifica virtuale

- La prova pezzo eseguita direttamente in macchina è una attività estremamente importante
  1. Correzione percorsi utensile errati o poco efficienti
  2. Rilevazione di passaggi utensile troppo ravvicinati, potenziali collisioni con attrezzature e organi macchina
  3. Correzione di velocità di avanzamento eccessive o troppo conservative

- Tuttavia la verifica del part program eseguita in macchina comporta:
  1. Un **tempo** non trascurabile
  2. L'**indisponibilità** della macchina
  3. Il rischio di potenziali **collisioni** dovuta alla movimentazione manuale da parte dell'operatore

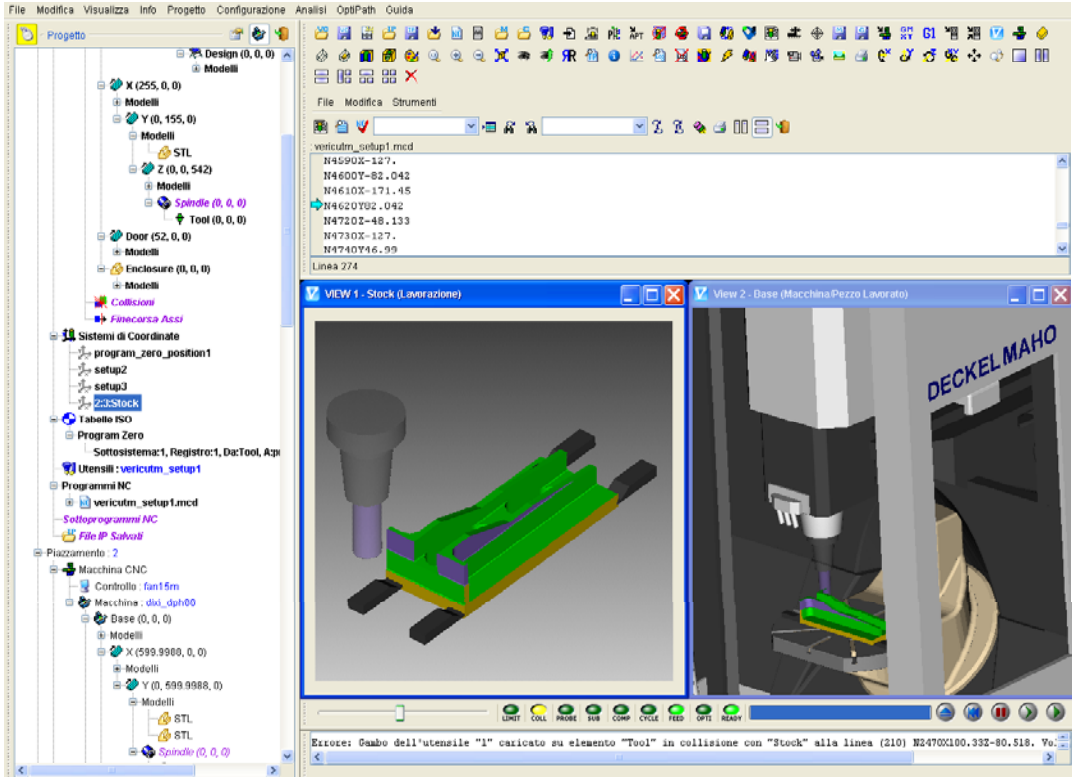
Perché la verifica virtuale

- Il servizio prevede la **verifica**, mediante simulazione, **di qualunque errore o imprecisione** tale da rovinare il pezzo, danneggiare utensili, porta-utensili, attrezzi di fissaggio, oltre che gli organi macchina (testa mandrino, tavola, torrette, ...)



Che cosa prevede il servizio

- Il laboratorio MUSP utilizza il software commerciale ***VERICUT*** ® per la simulazione cinematica di programmi a controllo numerico (CN)

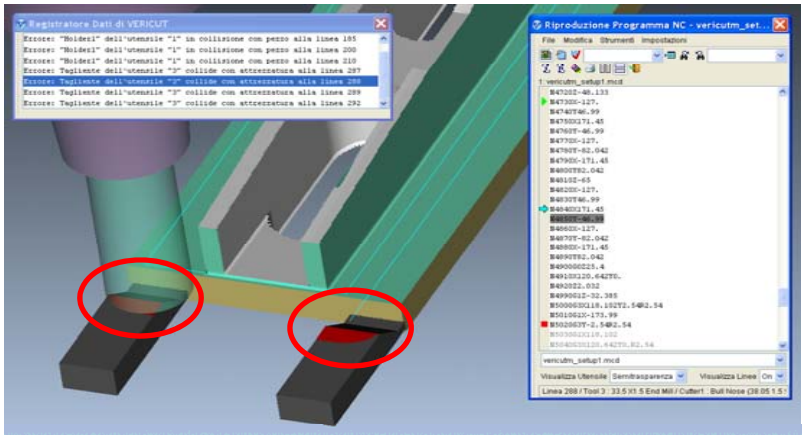


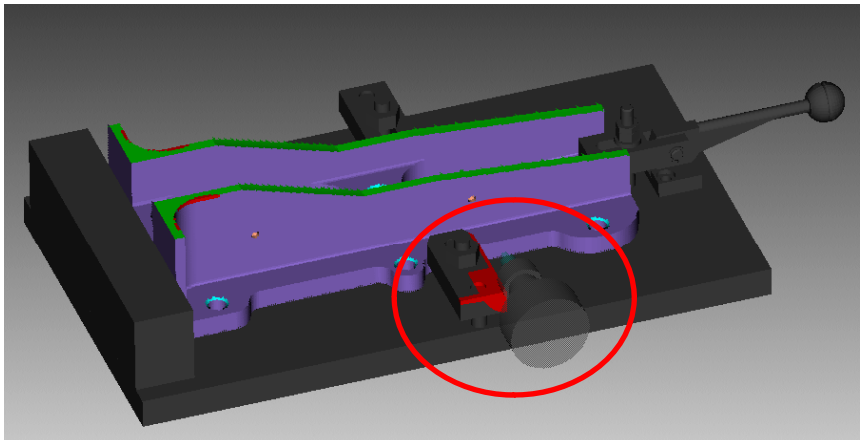
Padiglione 11 – Stand H28

Verifica Virtuale del Part Program

Che cosa prevede il servizio – livello base

- Il livello base del servizio prevede la verifica di programmi a CN di **fresatura a 3, 4, 5 assi**, **foratura**, **tornitura, torni-fresatura**, **rettifica** ed **elettro-erosione a tuffo**
- Vengono rilevati errori quali:
  - Programmi errati o non accurati
  - Asportazione di materiale in rapido (es. G0)
  - Collisioni con attrezzature di fissaggio e porta-utensile
  - Errori dovuti al CAD/CAM





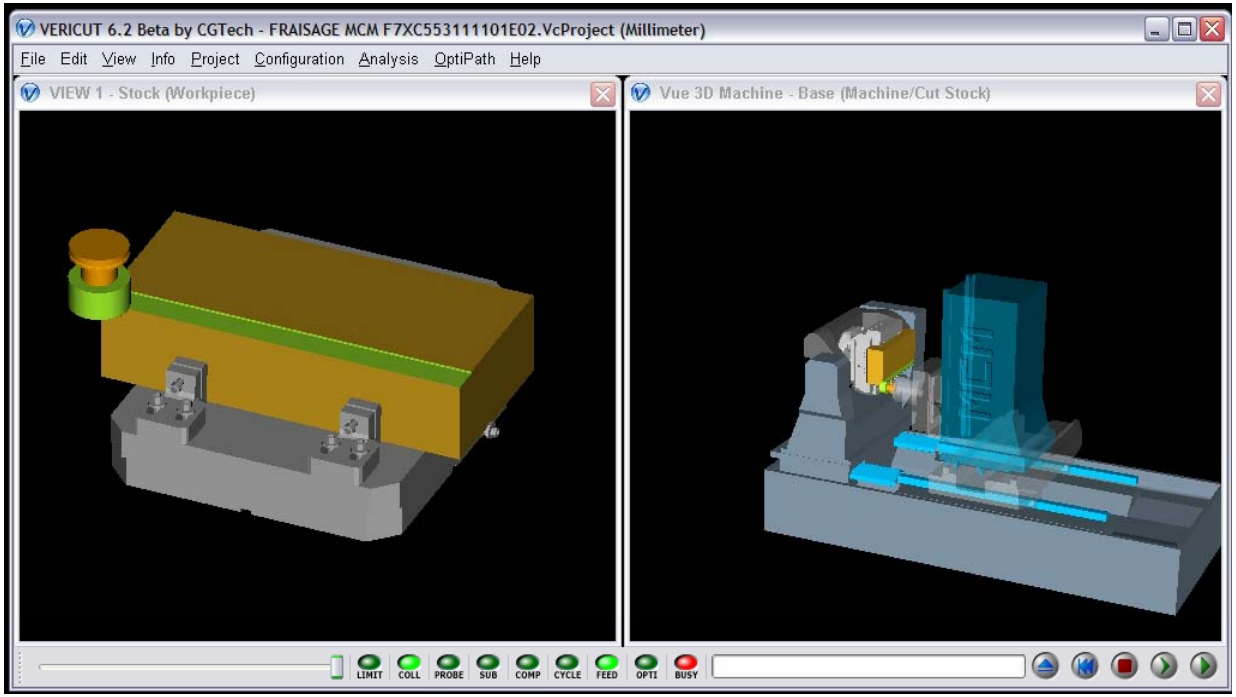
Che cosa prevede il servizio – livelli avanzati

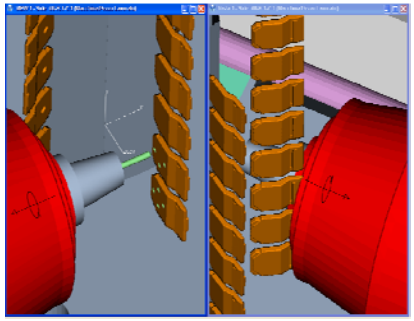
- Il livello più avanzato del servizio prevede:
  1. La **simulazione completa** della macchina
  - Rilevazione collisioni tra teste, torrette, tavole rotanti, cambio utensile o qualunque altro componente
  - Stima del tempo necessario per l'esecuzione del programma

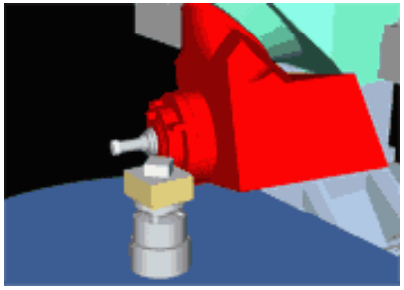
  2. Il **confronto tridimensionale** tra il modello del pezzo lavorato ed il modello teorico da CAD
  - Rilevazione di eccessi e difetti di materiale sul modello 3D del pezzo lavorato confrontato con il modello teorico (sulla base di una tolleranza di confronto impostata)

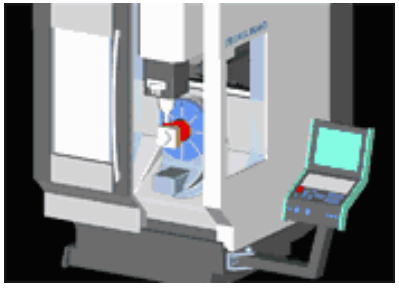
  3. La determinazione delle **migliori velocità di avanzamento**
  - Analisi di ciascun singolo blocco di programma e definizione della migliore velocità di avanzamento sulla base delle diverse condizioni di taglio incontrate dall'utensile, senza alterare la traiettoria originaria

Simulazione completa della macchina utensile

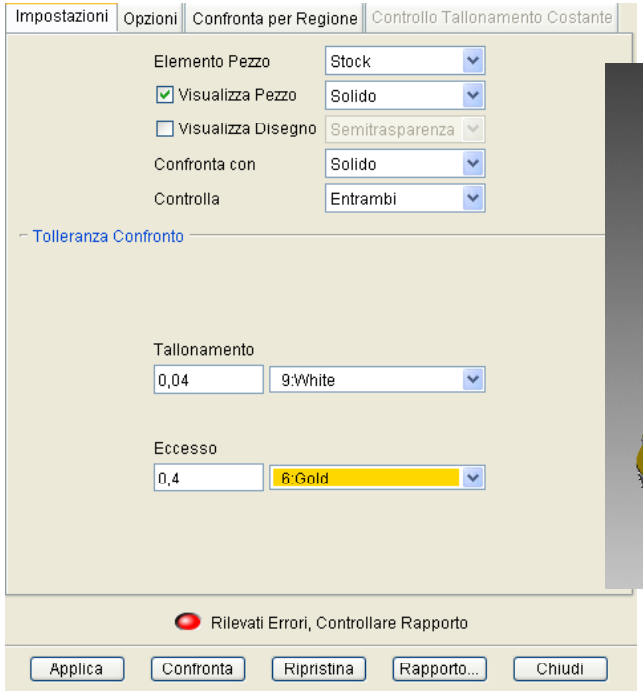


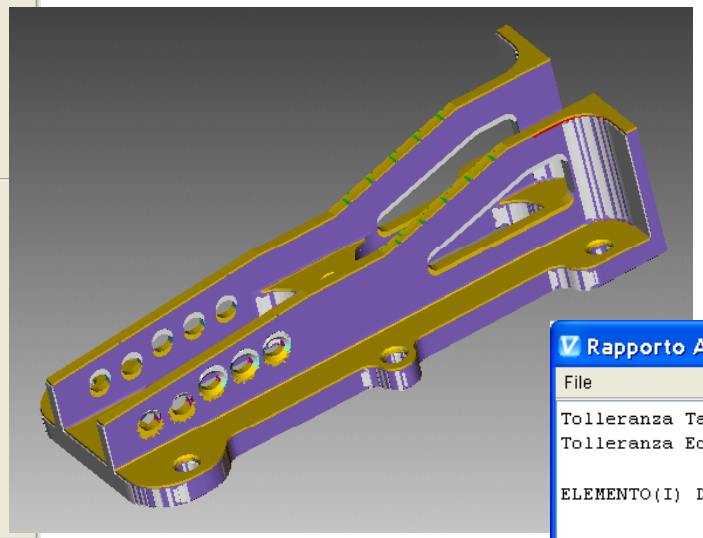


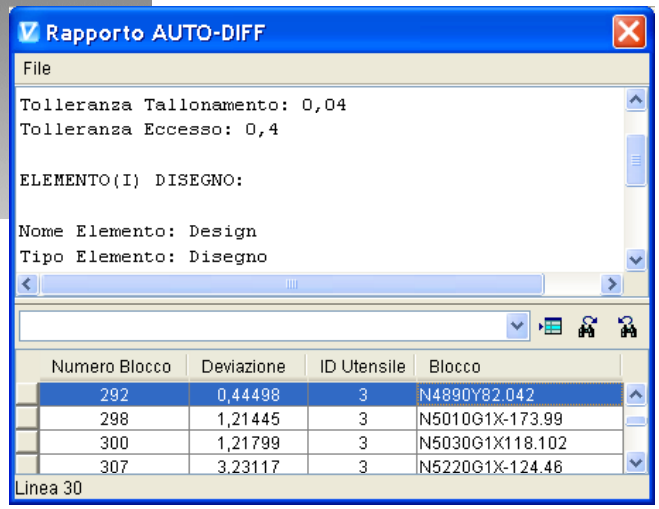




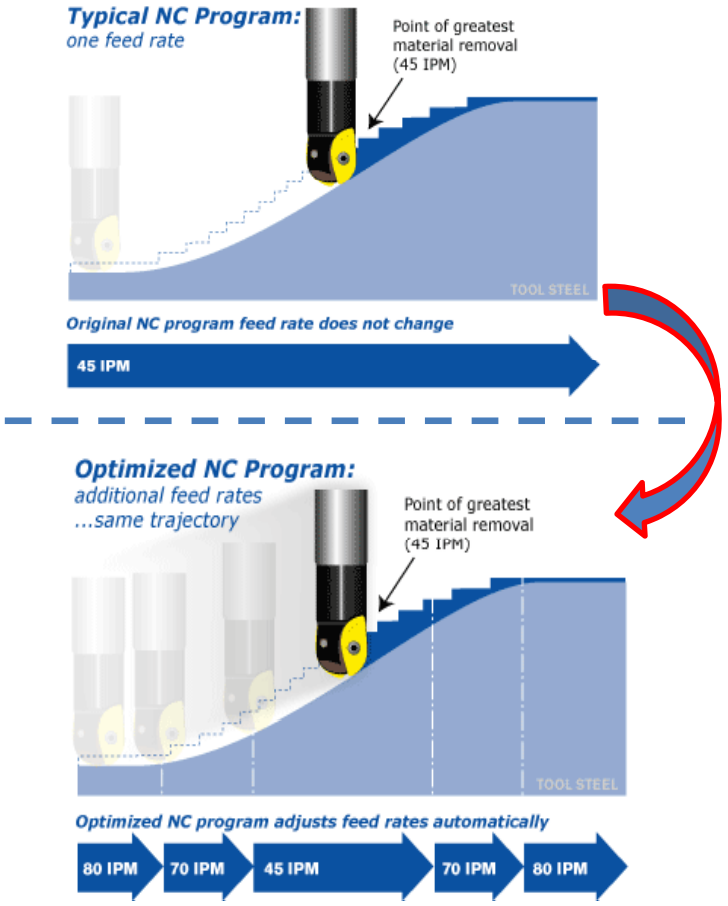
Confronto 3D tra il modello del pezzo lavorato ed il modello teorico da CAD

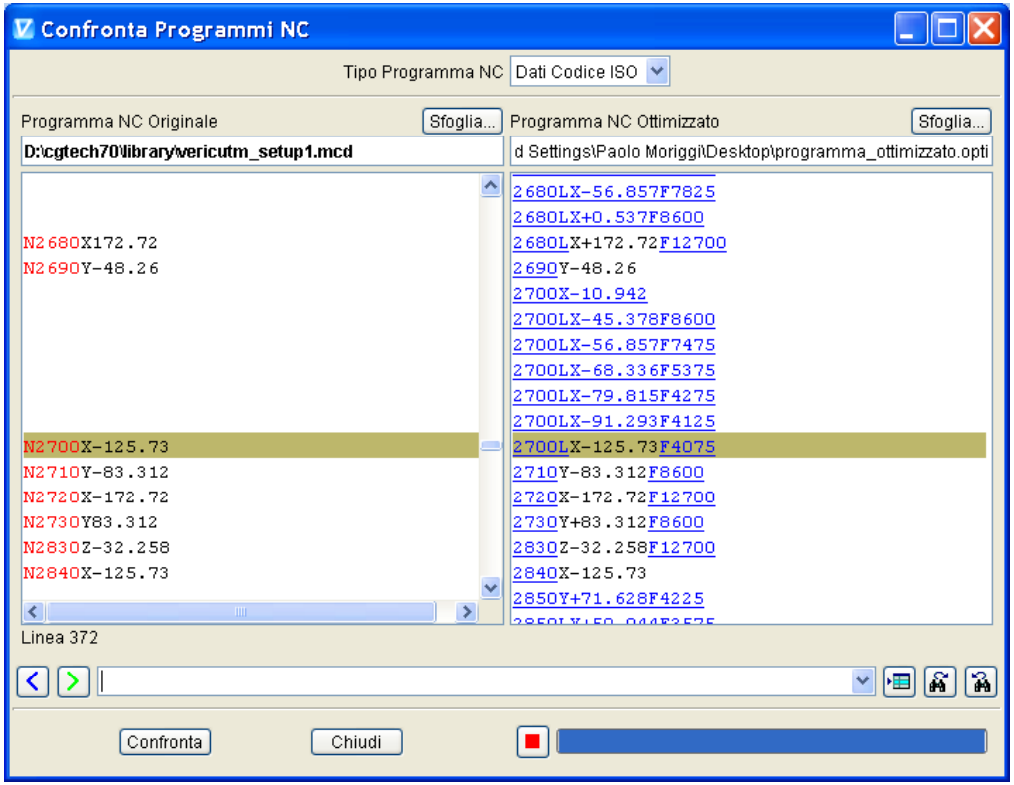






Determinazione delle migliori velocità di avanzamento



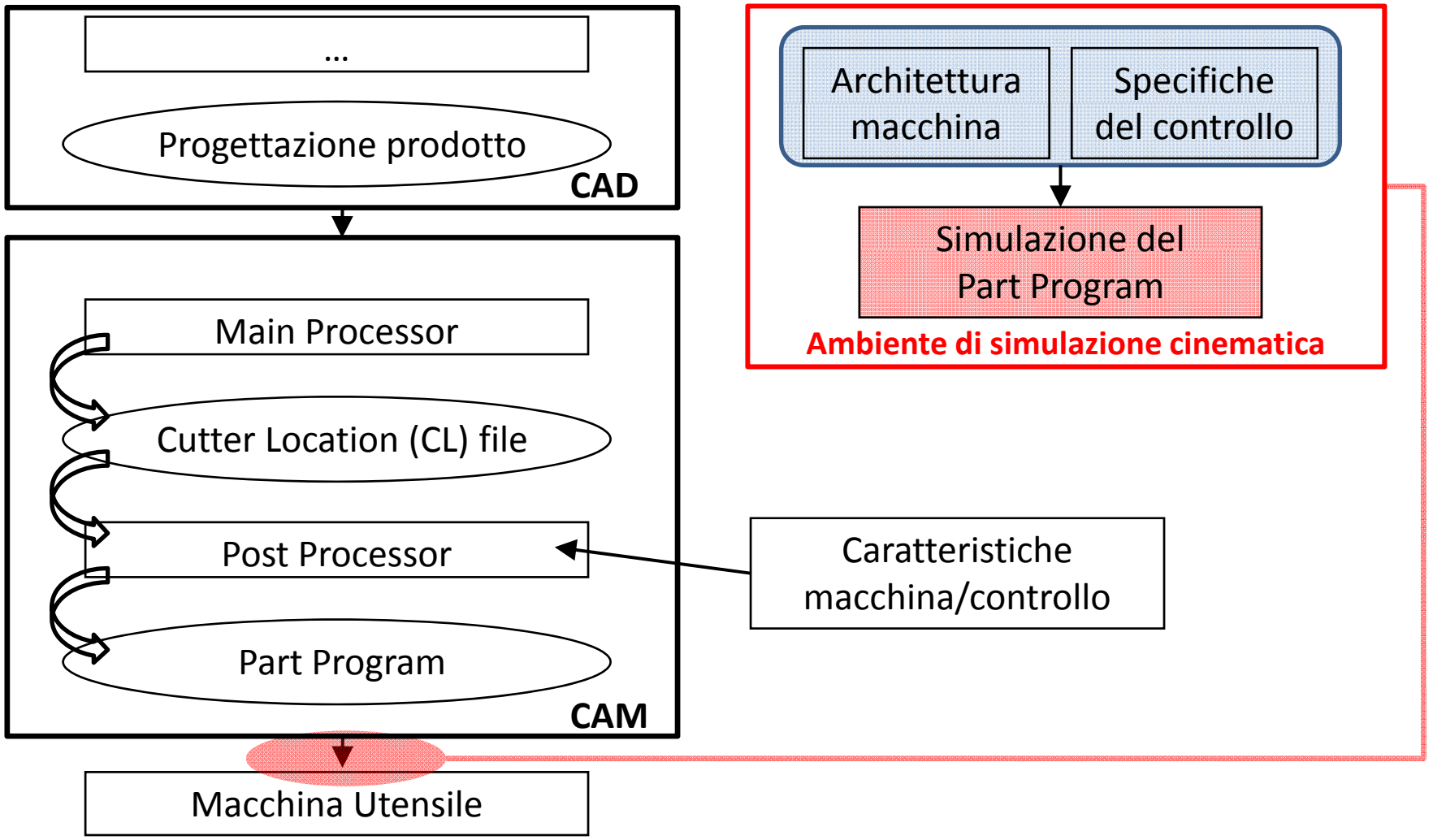


Potenzialità di simulazione

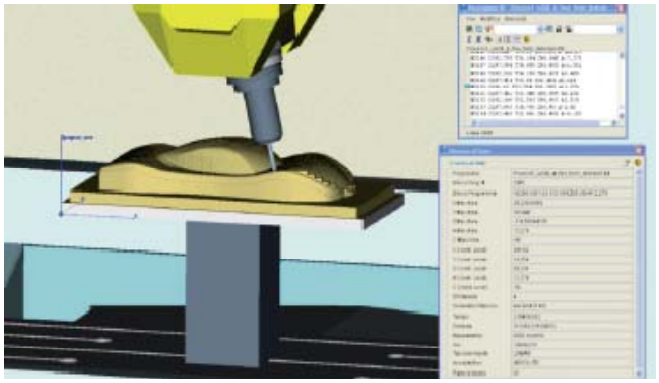
- Il software di simulazione emula in modo accurato la logica dei controlli numerici. Sono supportate funzionalità quali:
  - Compensazione 3D dell'utensile
  - RTCP e funzioni speciali dei 5 assi
  - Programmazione in punta utensile o compensazione automatica lunghezza utensile
  - Cicli fissi, variabili, sottoprogrammi, macro
  - Salti e cicli di ripetizione

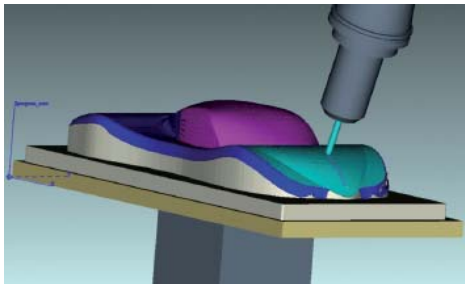
- La libreria standard del software include controlli quali:
  - Siemens (810D, 840D, …)
  - GE Fanuc (16i, 31i, …)
  - Heidenhain (430, 530, …)
  - Fidia, Mazatrol, Phillips, e altri ancora …

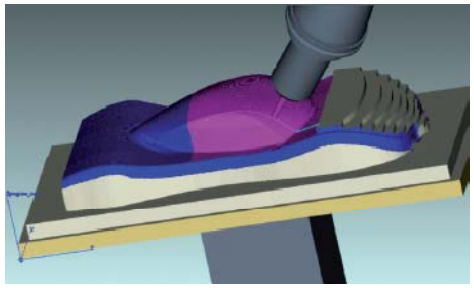
Esempio MUSP



Esempio MUSP

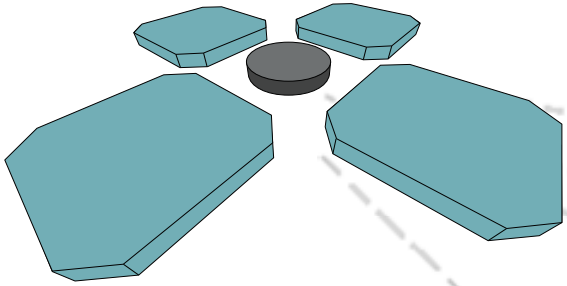






```
11  N18 X264.393 Z60.905 A14.274
12  N19 X253.201 Z58.374 A11.013
13  N20 X243.527 Y167.051 Z56.754 A8.083
14  N21 X254.543 Z58.64 A11.445
15  N22 X260.243 Z59.888 A13.217
16  N23 X268.794 Z62.058 A14.996
17  N24 X281.62 Z65.338 A12.282
18  N25 Y165.791
19  N26 X275.166 Z63.765 A14.713
20  N27 X274.582 Z63.612 C-83.669 A15.103
21  N28 X274.022 Z63.461 C-83.818 A15.175
22  N29 X273.91 Z63.433 C-90. A14.908
23  N30 X264.905 Z61.036 A14.381
24  N31 X263.697 Z60.716 C-88.038 A14.035
25  N32 X255.078 Z58.75 C-90. A11.616
26  N33 X248.093 Z57.455 A9.401
27  N34 X235.52 Z55.764 A6.069
28  N35 X227.313 Y164.63 Z55.025 A4.26
29  N36 X240.175 Z56.305 A7.196
30  N37 X248.75 Z57.565 A9.6
31  N38 X258.754 Z59.544 C-90.042 A12.819
32  N39 X274.214 Z63.48 C-84.209 A15.073
33  N40 X275.157 Z63.763 C-90. A14.715
34  N41 X278.047 Z64.482 C-83.375 A14.238
35  N42 X279.476 Z64.835 C-83.231 A13.683
36  N43 X281.62 Z65.338 C-90. A12.282
37  N44 Y163.46 Z65.303 C-83.543 A12.677
38  N45 X258.96 Z59.591 C-90.08 A12.847
39  N46 X251.879 Z58.122 C-90. A10.583
40  N47 X246.214 Z57.154 A8.844
41  N48 X233.467 Z55.554 A5.598
42  N49 X219.305 Z54.541 A2.686
```

Verifica Virtuale del Part Program



MUSP

Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

Contatti

marco.grasso@musp.it
stefano.petro@musp.it
alice.bigliani@musp.it
stefano.borgia@musp.it

Grazie