



**PILZ**  
THE SPIRIT OF SAFETY

**A tu per tu con il COBOT**

Ing. Contro Bruno Giuseppe – Pilz Italia Srl

## Piano nazionale Industria 4.0 e COBOT

**<https://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/industria40>**

Circolare agenzia delle entrate N.4/E del 30/3/2017 con oggetto: Industria 4.0 - Articolo 1, commi da 8 a 13, della legge 11 dicembre 2016, n. 232 - Proroga, con modificazioni, della disciplina del c.d. “super ammortamento” e introduzione del c.d. “iper ammortamento”

**Parte terza, linee guida tecniche all’articolo 1, commi da 9 a 11, della legge n. 232 del 2016.**

Di seguito sono riportati i beni strumentali oggetto dell’iper ammortamento con una serie di esempi e spiegazioni a supporto dell’interpretazione:

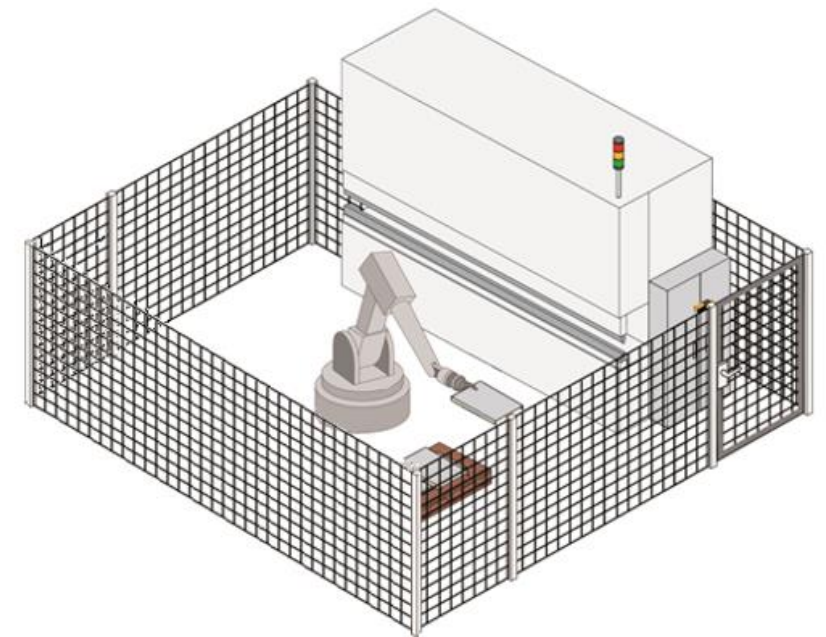
...

8. robot, robot collaborativi e sistemi multi-robot;

...

## Celle robotiche “tradizionali”

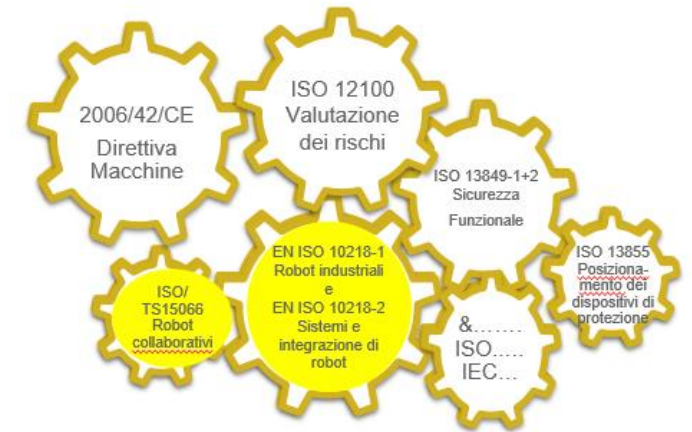
- Presenza di ripari che confinano la zona e ne limitano l'accesso (automatico).
  - Dimensionare le distanze dei ripari considerando i pericoli che si possono generare nelle diverse situazioni.
  - Presenza di sensori interbloccati per evitare che l'operatore possa entrare in contatto con il robot prima che questo sia in uno «stato sicuro».
- Nessuna collisione tra OPERATORE e ROBOT in fase operativa è statisticamente prevedibile.



## Operazioni collaborative (HRC) (Human Robot Collaboration)

### EN ISO 10218-2 e ISO/TS15066

- Robot e operatore devono effettuare un task nella stessa zona fisica (spazio collaborativo).
  - 4° «metodo» operativo (ISO/TS15066): il robot, durante il suo movimento, può collidere con l'operatore.
  - La collisione diventa possibile e deve essere gestita da chi progetta la sicurezza.
- La collisione non deve provocare effetti che costituiscano alcun danno seppure di lieve entità.



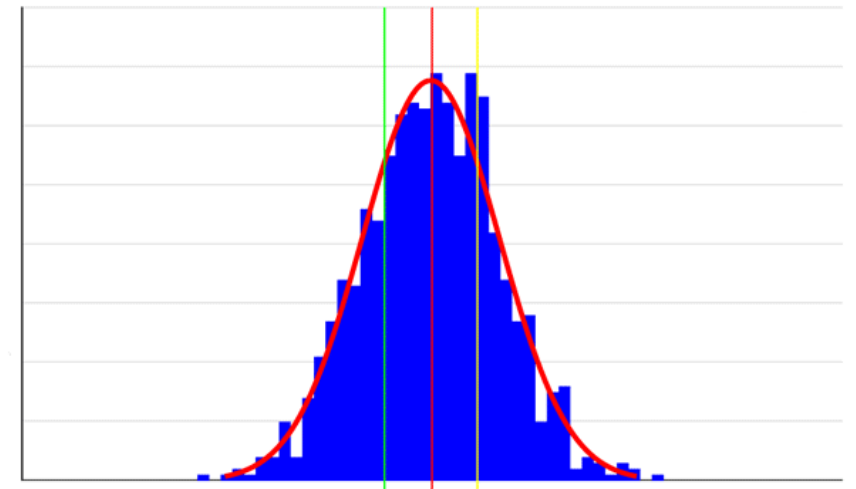
Rendere sicura la collaborazione uomo-robot

**Gestire i casi in cui NON E' STATISTICAMENTE POSSIBILE garantire la separazione fisica tra operatore e robot operante**

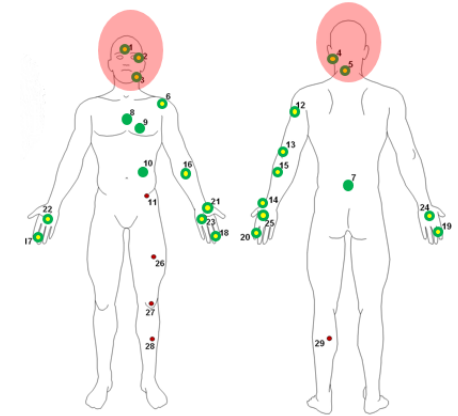
- Collisione possibile
- Rendere effetti della collisione «tollerabili»

**Definizione «oggettiva» dell'aggettivo «tollerabile»?**

- Prove sperimentali e statistiche su campioni omogenei di popolazione per ottenere evidenze scientifiche.



## Risultati delle statistiche di riferimento\*: soglie del dolore



I risultati delle statistiche sono riportati nella tabella A.2 del ISO/TS15066

- Dipendenza da 4 variabili:

- Forza di collisione  $f(t)$
- Pressione di contatto nel tempo  $P(t)$
- Punto di contatto con il corpo
- Tipo di contatto (transient o quasi statico)

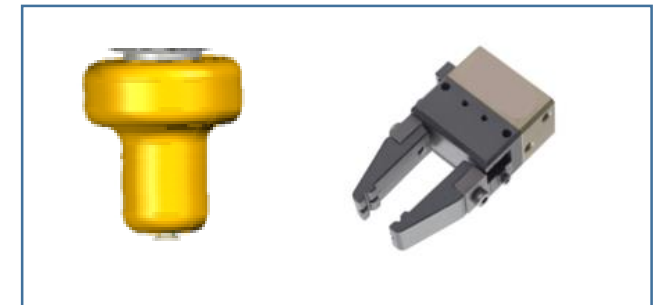
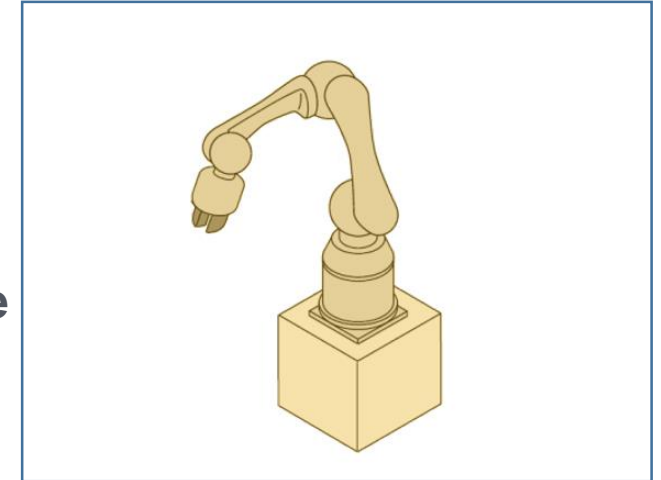
Body region	Specific body area		Quasi-static contact		Transient contact	
			Maximum permissible pressure <sup>a</sup> $p_s$ N/cm <sup>2</sup>	Maximum permissible force <sup>b</sup> N	Maximum permissible pressure multiplier <sup>c</sup> $P_T$	Maximum permissible force multiplier <sup>c</sup> $F_T$
Skull and forehead <sup>d</sup>	1	Middle of forehead	130	130	not applicable	not applicable
	2	Temple	110		not applicable	
Face <sup>d</sup>	3	Masticatory muscle	110	65	not applicable	not applicable
Neck	4	Neck muscle	140	150	2	2
	5	Seventh neck muscle	210		2	
Back and shoulders	6	Shoulder joint	160	210	2	2
	7	Fifth lumbar vertebra	210		2	
Chest	8	Sternum	120	140	2	2
	9	Pectoral muscle	170		2	
Abdomen	10	Abdominal muscle	140	110	2	2
Pelvis	11	Pelvic bone	210	180	2	2
Upper arms and elbow joints	12	Deltoid muscle	190	150	2	2
	13	Humerus	220		2	
Lower arms and wrist joints	14	Radial bone	190	160	2	2
	15	Forearm muscle	180		2	
	16	Arm nerve	180		2	

\* Università degli studi di Mainz. Dicembre 2014

## Funzioni del cobot

### Funzioni intrinseche o aggiuntive per ridurre l'effetto della collisione

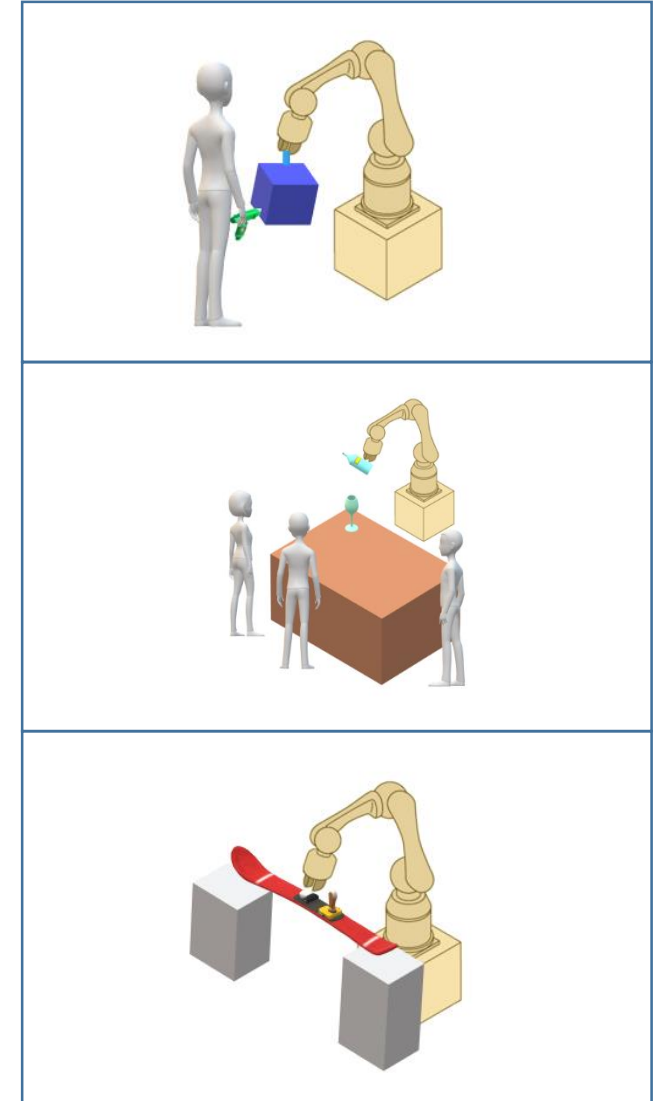
- Superfici arrotondate (per ridurre Pressione =  $F/S$ )
  - Sensori rilevaz. collisioni avvenute
  - Funzioni "safe" di limitazione e monitoraggio forze, momenti, velocità, posizione,...
  - Limitazioni meccaniche/elettriche
- Diversi robot hanno diverse funzioni!



## Applicazioni per Cobot

### Applicazioni in cui le funzioni dei cobot sono essenziali

- Attività a scopo per lo più ergonomico in cui la forza robot viene esercitata su un oggetto su cui contemporaneamente l'operatore effettua un task (es. il cobot sostiene oggetto di lavoro)
- Attività in cui si rende impossibile segregare la zona di lavoro robot da quella operatore
- Attività in cui le funzioni di sicurezza caratteristiche dei cobot (es. limitazione forza) diventano utili per il processo (es. quality test, inserzioni a forza controllata, ...)

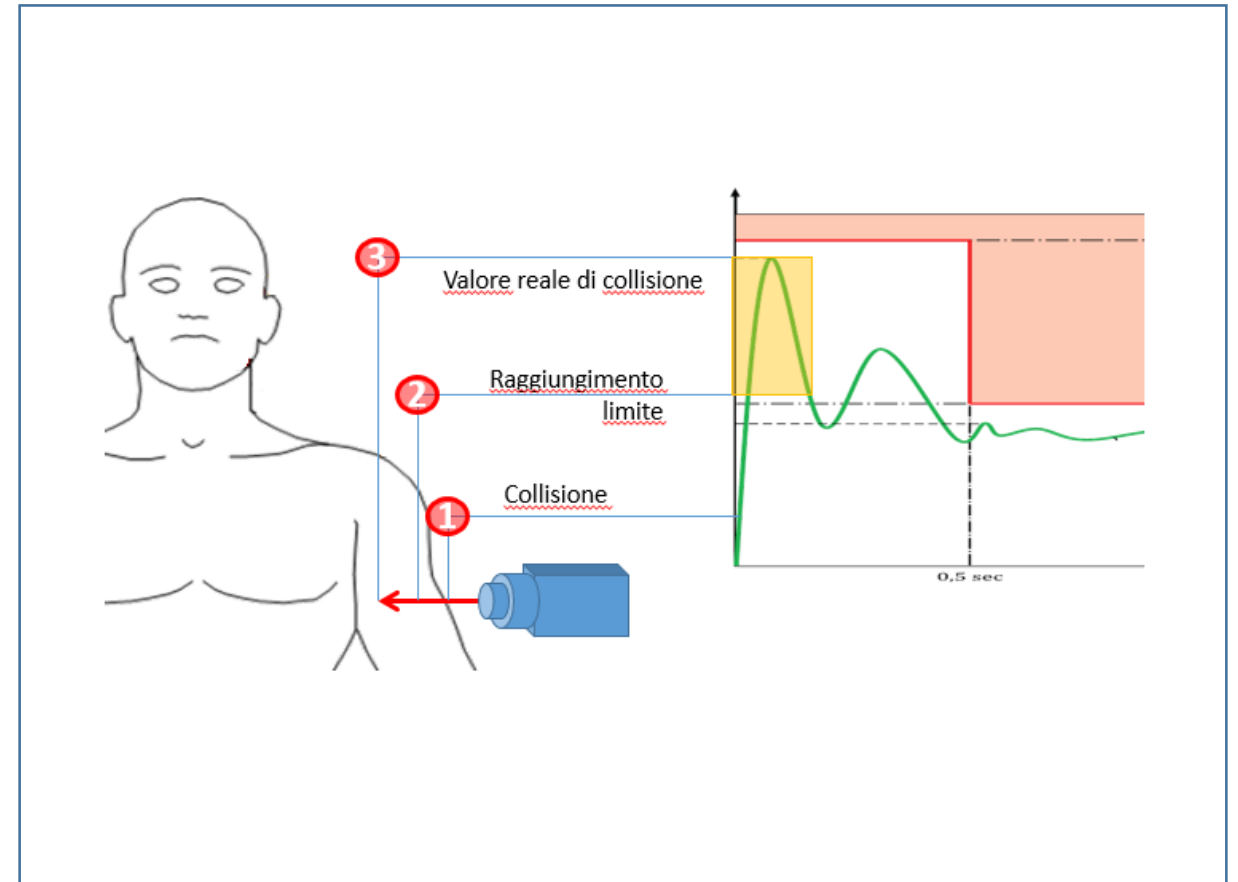




## Produttività e Cobot

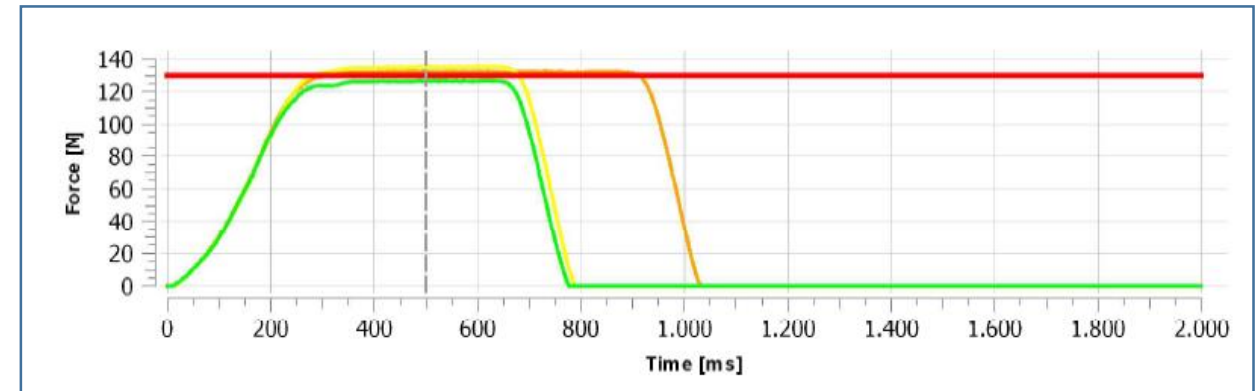
### Relazione tra tempo ciclo e sicurezza

- Velocità più alte necessariamente comportano un aumento degli effetti negativi della collisione pertanto le applicazioni collaborative con il puro metodo 4 vincolano a **movimenti del cobot lenti**.
- Limite tecnologico
  - Tempo di risposta del sistema  $\ll 0$  in risposta ad una collisione è un limite imprescindibile perchè insito nella tecnologia robotica.

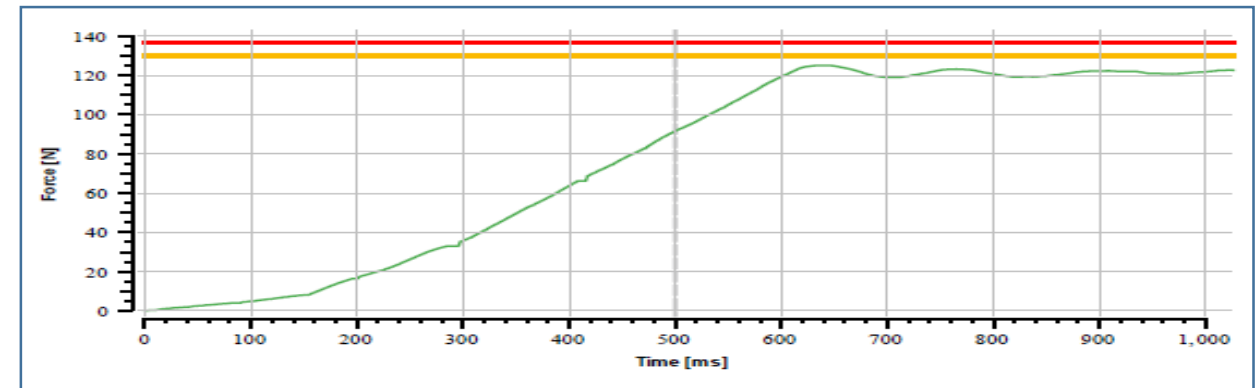


## Produttività e Cobot: esempi di misurazioni

- Collisione con il cranio, cobot 1, velocità circa 15 mm/s, collisione con TCP senza tool.  
Limite : 130 N



- Collisione con il cranio, cobot 2, velocità circa 10 mm/s, collisione con snodo asse 4.  
Limite : 130 N

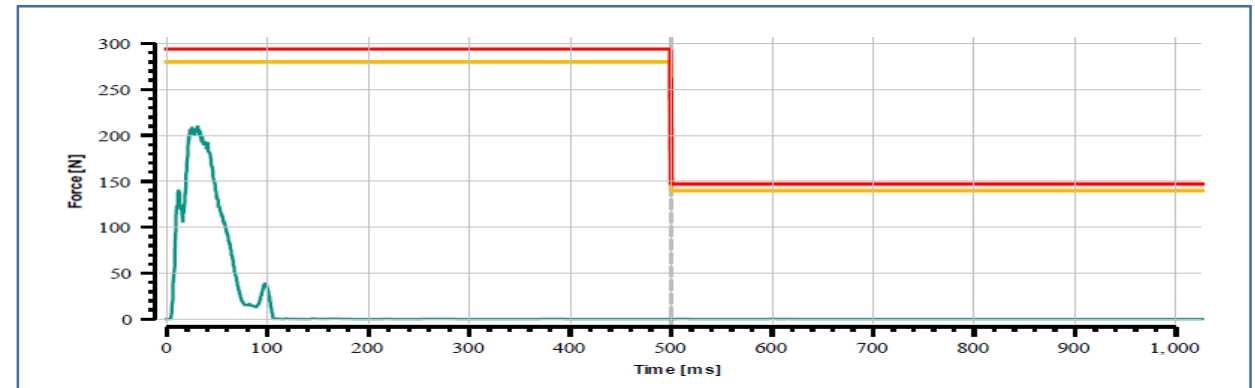


## Produttività e Cobot: esempi di misurazioni

- Collisione con dita, cobot 3, velocità circa 1000 mm/s, collisione con snodo asse 2

Limite : 280 N

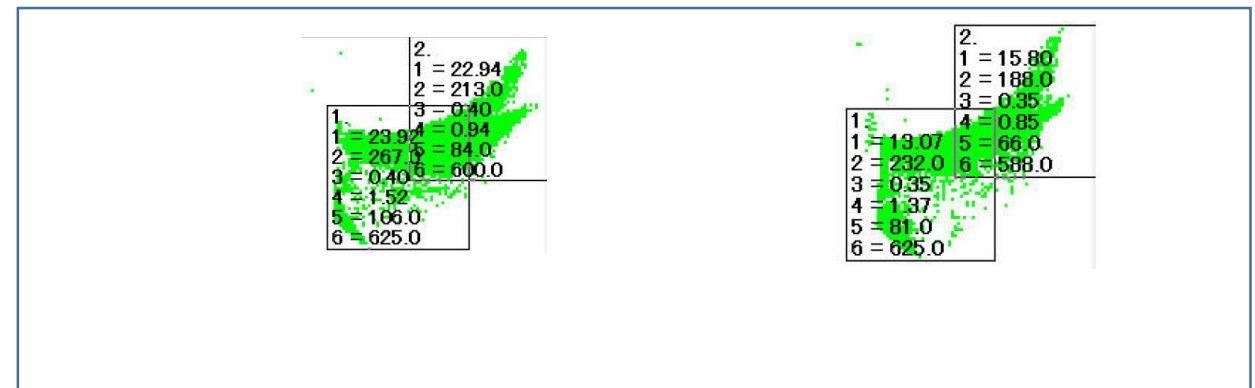
Misurato : 214 N



- Collisione con dita, situazione precedente, analisi massimi valori di pressione

Limite : 190 N/cm<sup>2</sup>

Misurato : 152 N/cm<sup>2</sup>



## Come aumentare la produttività del cobot in applicazioni con metodo 4

- Limitare la cooperatività (metodo 4) a intervalli temporali limitati
- Limitare la cooperatività (metodo 4) spazialmente per limitare e selezionare punti di collisione
- Attivare selettivamente il metodo 4 utilizzando criteri di selezione sicuri (tip. con dispositivi ausiliari safe in PLd cat.3, come da prescrizioni della EN ISO 10218-2 paragrafo 5.2.2)



Grazie | Thank you

