



UNIVERSITÀ DI BRESCIA LABORATORIO RISE

Research & Innovation for Smart Enterprises

STAMPA 3D

La nuova (ri)evoluzione della manifattura



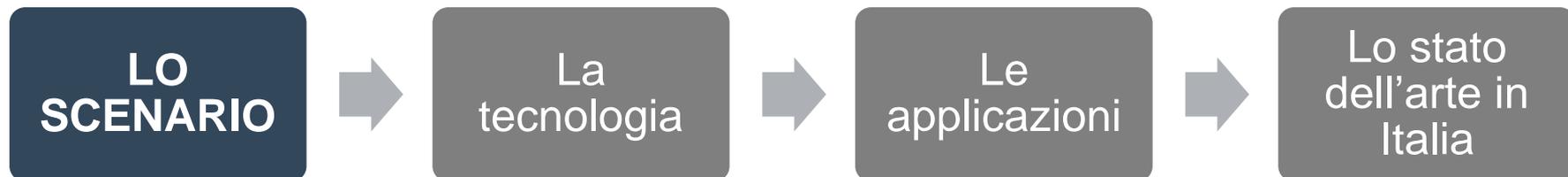


DISCLAIMER

- ▶ Questo documento è stato redatto da Andrea BACCHETTI e Massimo ZANARDINI del Laboratorio RISE dell'Università degli Studi di Brescia (“RISE”).
- ▶ Il documento è stato steso per supportare una presentazione verbale.
- ▶ La proprietà intellettuale del documento e dei suoi contenuti appartiene a RISE.
- ▶ Questo documento e qualsiasi sua parte non possono essere utilizzati, riprodotti o diffusi senza l'esplicito permesso scritto da parte di RISE.
- ▶ Ogni abuso potrà essere perseguito ai sensi delle vigenti leggi.

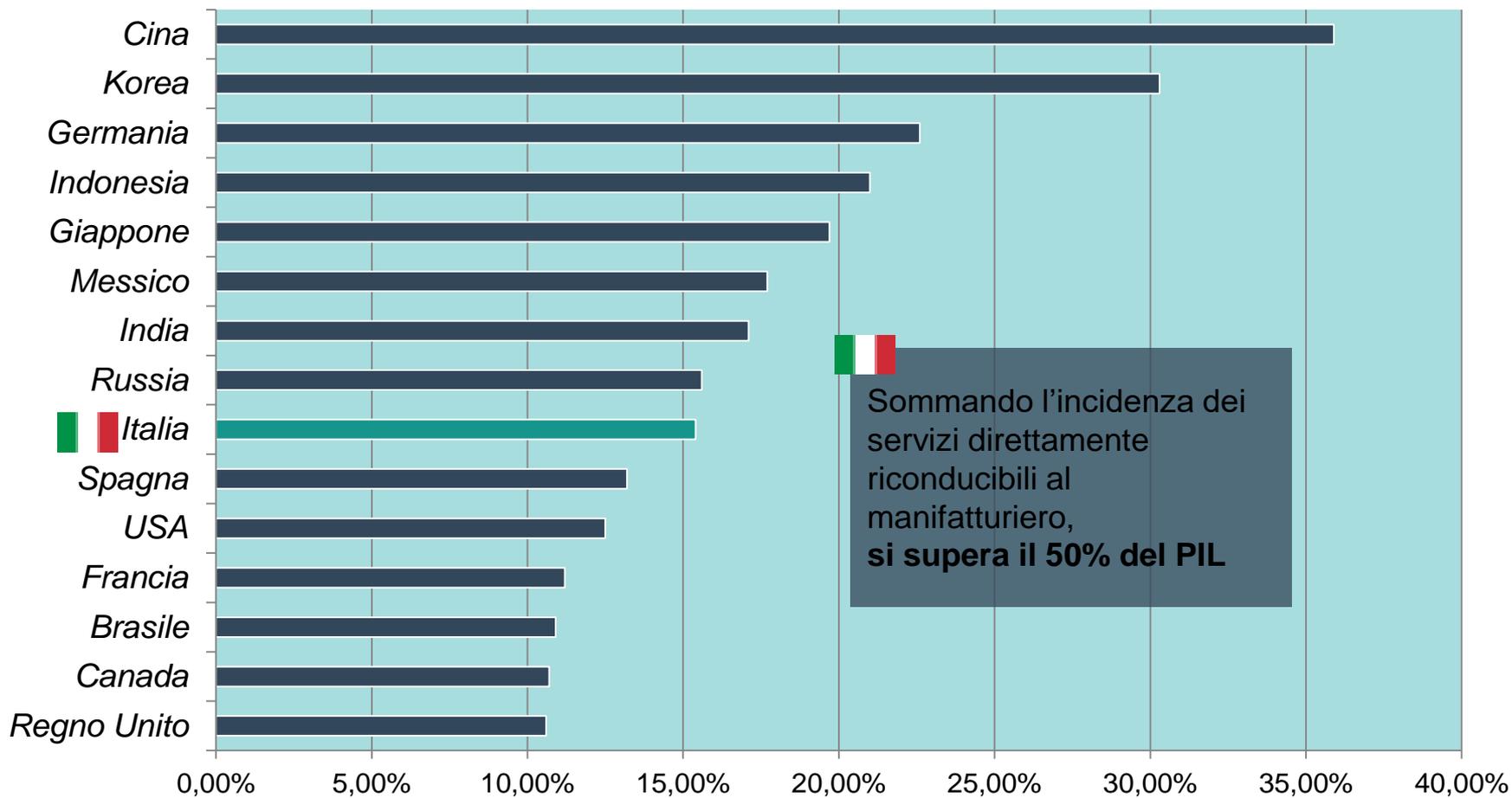


AGENDA





L'ITALIA È ANCORA UN PAESE MANIFATTURIERO



*The World Bank

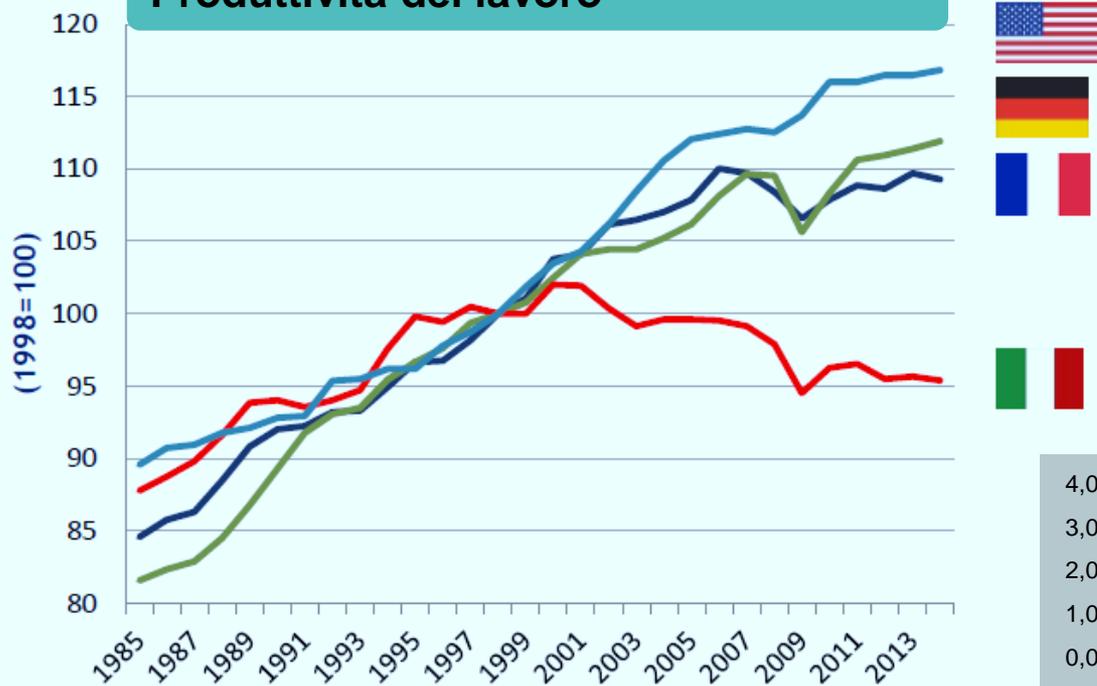
** ISTAT, Rapporto di competitività 2014

Incidenza % manifatturiero su PIL



MA LA MANIFATTURA STA PERDENDO COMPETITIVITÀ...

Produttività del lavoro



Investimenti in macchinari e attrezzature



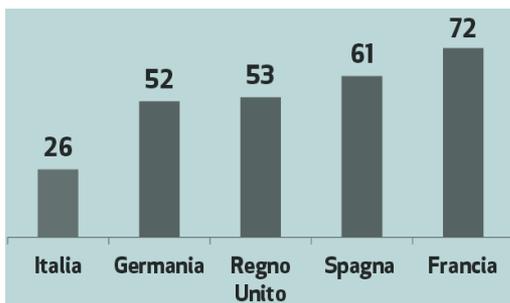
*OECD

**Rapporto Analisi dei Settori Industriali - Prometeia

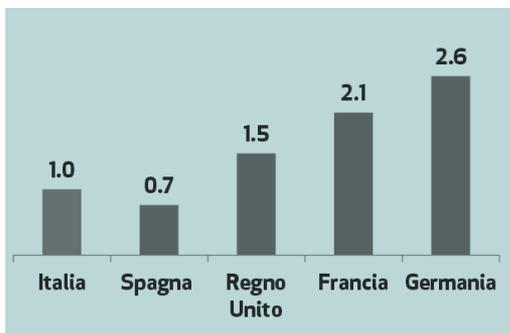


...PER SVARIATI MOTIVI

% con possesso titolo di laurea



% spesa R&D su valore della prod.



Formazione manager e imprenditori



Anzianità delle attrezzature



Investimenti in R&S



Infrastrutture a supporto

- 27% macchine industriali con **più di 20 anni***
- 79% impianti produttivi **senza alcuna integrazione ITC**

L'Italia occupa il 51esimo posto mondiale, e a livello EMEA il 22esimo posto per **velocità della connessione internet****



IN UN MERCATO IN EVOLUZIONE

Personalizzazione di massa



Convertire i fabbisogni del **singolo** cliente in profitto, soddisfacendo tutte le sue specifiche esigenze e differenziandosi rispetto ai concorrenti, **mantenendo i benefici di costo** tipicamente legati alla produzione di larga serie



IN UN MERCATO IN EVOLUZIONE

Frammentazione della domanda



A parità di volumi, la domanda del mercato si suddivide in una **gamma di prodotti sempre più ampia**, necessaria per garantire la personalizzazione richiesta dai consumatori



IN UN MERCATO IN EVOLUZIONE

La coda lunga

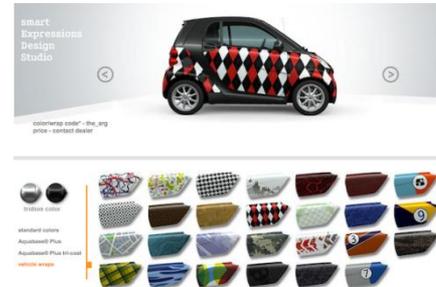
Ieri



Volumi

Pochi prodotti
Alti volumi unitari

Oggi



Tanti prodotti
Ridotti volumi unitari

prodotti



IN UN MERCATO IN EVOLUZIONE

Orientamento ai servizi



Il servizio sta diventando una **componente intrinseca dell'offerta**, non più un elemento a corredo della vendita del prodotto fisico. Un'offerta basata sui servizi richiede **integrazione** con i propri clienti, abilitata dalle tecnologie digitali



IN UN MERCATO IN EVOLUZIONE

Rapidità dei cambiamenti



Tempo di raggiungimento di 50 milioni di utenti:

- Radio: 38 anni
- TV: 13 anni
- Internet: 3 anni
- Facebook: 1 anno

La reattività prima di tutto



ARRIVA INDUSTRIA 4.0: CHE COS'È?

È la capacità di integrare in modo armonico **nuove tecnologie digitali & nuovi approcci manageriali** con le tecnologie e i metodi tradizionali di fare impresa, al fine di perseguire i livelli di produttività e flessibilità richiesti dal mercato.



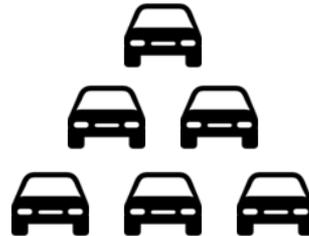
PERCHÉ 4.0?

1th

1765

- Sostituzione della fatica dell'uomo con la forza motrice dei motori a vapore
- Nascita dei primi agglomerati manifatturieri

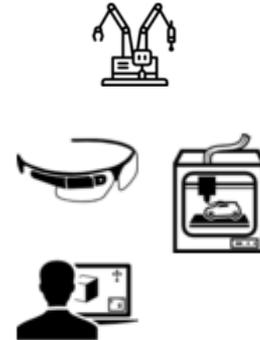
FORDISMO
LINEA DI MONTAGGIO



3rd

1980-90

- Nascita dei sistemi informativi gestionali
- Diffusione dell'automazione dei processi



135 anni

80 anni

35 anni


MACCHINA A VAPORE
TELAIO MECCANICO

1900

- Introduzione delle linee di assemblaggio
- Nascita dei concetti di mass production e economie di scala

2nd


FMS, CNC, MRP,
ERP, CRM, PDM,
PLM

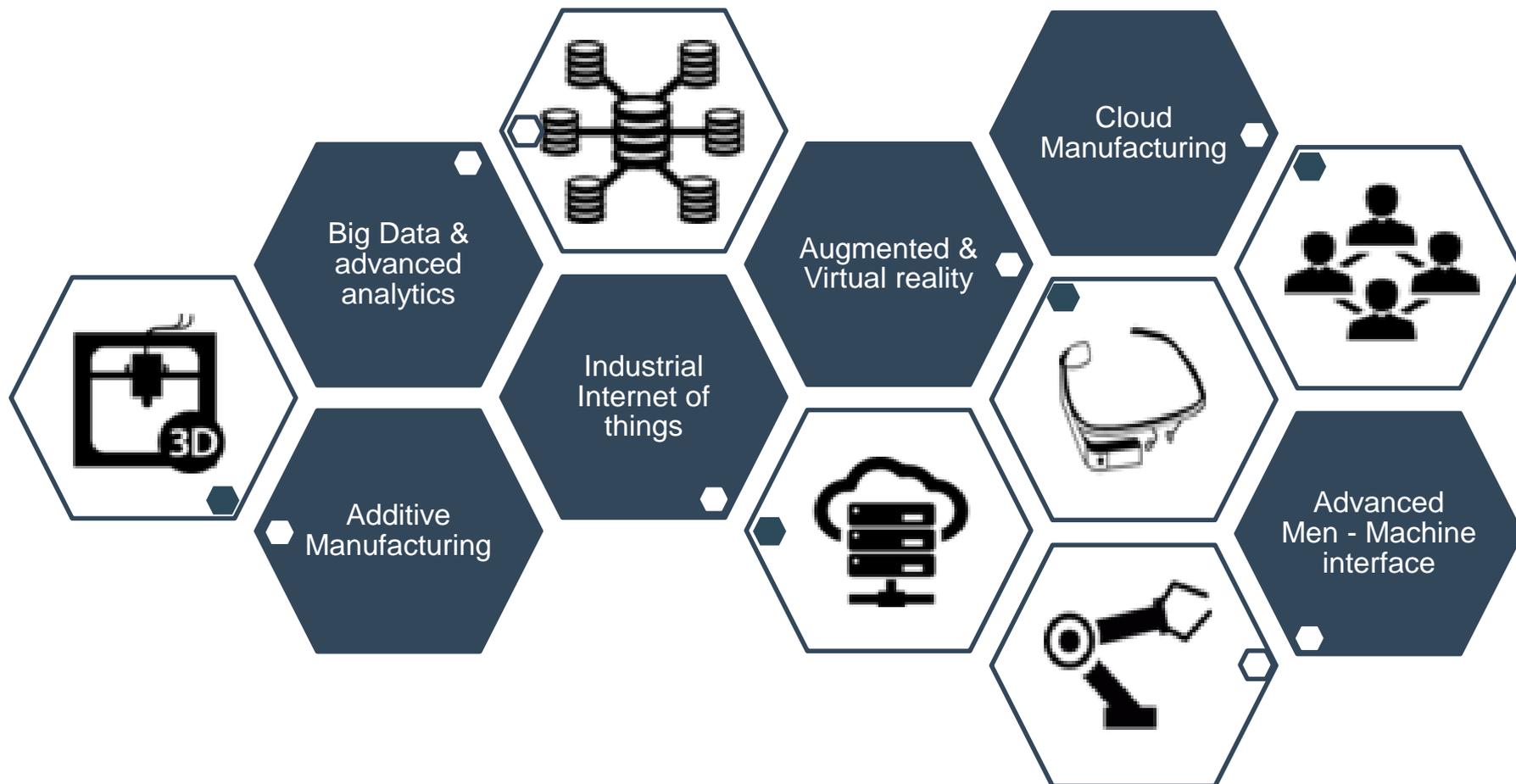
2015

- **Commistione tra informazioni digitali e prodotto fisico**
- Nascita dei cyber-physical systems
- Dematerializzazione dei processi

4th



LE TECNOLOGIE CHIAVE DI INDUSTRY 4.0





IL COSTO DELLE TECNOLOGIE



	Tecnologia	Anno riferimento	Costo ieri	Costo oggi	Tasso sviluppo
	Stampa 3D	2007	40.000	100	400 volte in 7 anni
	Robotica	2008	500.000	22.000	23 volte in 5 anni
	Droni	2007	100.000	700	142 volte in 6 anni
	Sensoristica avanzata	2009	22.000	79	250 volte in 5 anni



IL RUOLO DELLE TECNOLOGIE



“Una qualsiasi PMI può in teoria produrre (stampare) componenti di prodotti **complessi** e assemblarli, azzerando (o quasi) gli investimenti in macchinari... di fatto godendo delle **stesse possibilità di una grande impresa**”

J. Rifkin, 2013



CON EFFETTI POTENZIALMENTE DIROMPENTI!

OFFSHORING

1980 – 2000

- Produzione in serie
- Alta incidenza del costo del lavoro sul costo totale
- Necessità di ridurre l'impatto di questa voce di costo

2008 – 2015

- Progressiva saturazione del mercato
- Aumento del costo del lavoro nei paesi in via di sviluppo
- Aumento dei costi della logistica
- Frammentazione / Personalizzazione / Servitizzazione
- Nuove tecnologie digitali

RESHORING

2015 – 2025 (??)

...this will encourage makers to move some of the work back to rich countries, not least because new manufacturing techniques make it cheaper and faster to respond to changing local tastes.

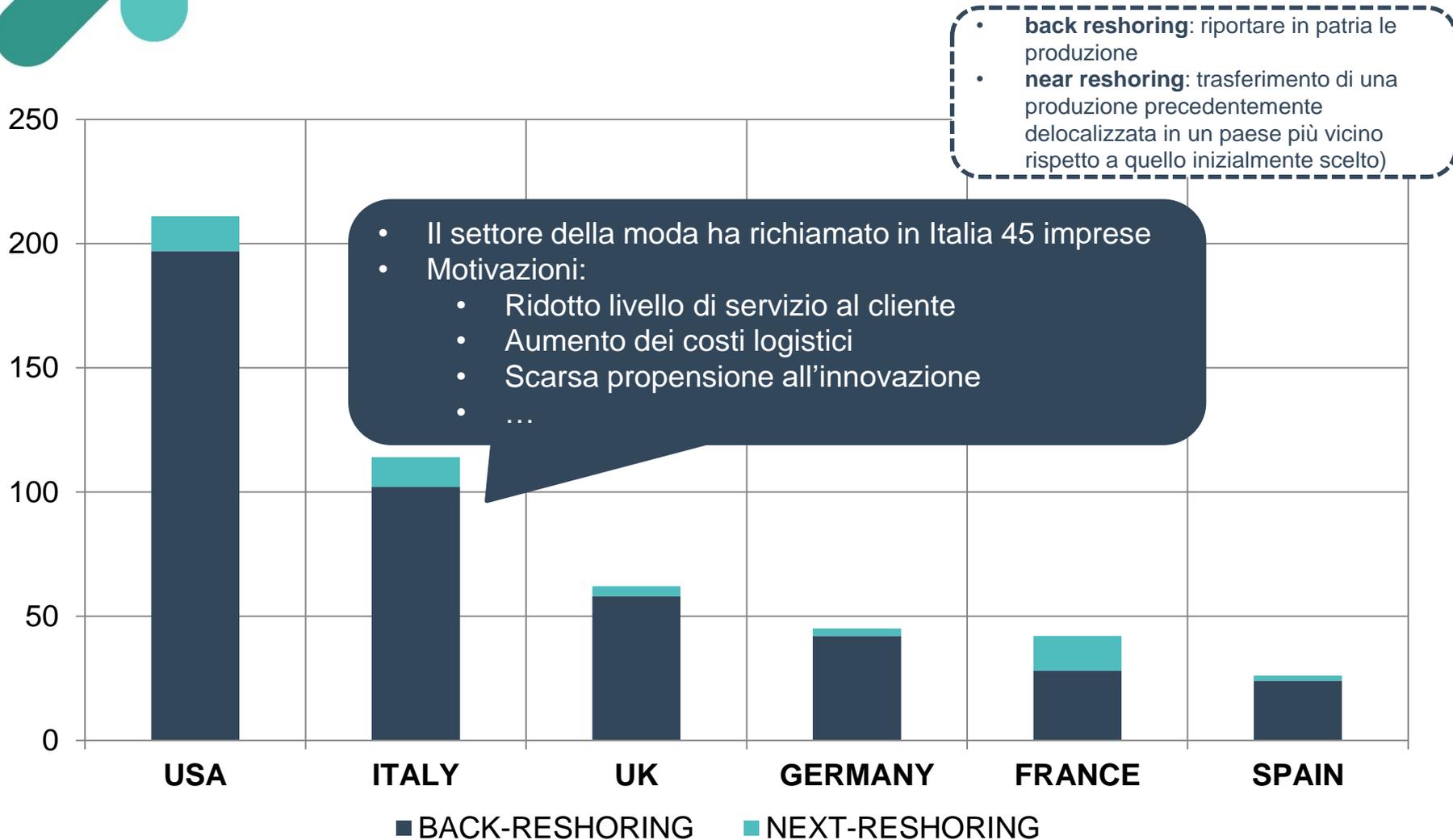
“As mass production has migrated to developing countries, European and US companies are forced to rapidly switch towards **low volume** production of **more innovative, customised** and sustainable products with **high added value**”

Mellor et al, IJPE, 2013

Adattato da: The Economist, April 2012



I NUMERI DEL *RESHORING*



Osservatorio dell'Uni-CLUB MoRe Reshoring Research Group, 2015



UN ESEMPIO DI BACK-RESHORING

I settori della **pelletteria e tappezzeria** tornano a produrre in **Italia**.



ADIDAS torna a produrre in **Germania**.

Nel nuovo stabilimento (*Speedfactory*) di Ansbach le scarpe saranno preparate e cucite da robot, con un processo 100% automatizzato.

L'Oréal ritorna a produrre in **Italia**.

Lo stabilimento di Settimo Torinese è ad oggi il più efficiente al mondo nella produzione di prodotti per la cosmesi. Grazie a forti investimenti in automazione, è stato possibile riportare la produzione di diverse linee di prodotto nel nostro paese, aumentando anche l'occupazione.



AGENDA





DEFINIZIONE DI MANIFATTURA ADDITIVA



Tecnologia brevettata negli **anni 80**. Processo di **unione di materiale** per realizzare oggetti partendo da **modelli virtuali 3D**, depositando strati di materiale l'uno sull'altro.

Processo opposto ai metodi di produzione sottrattivi.

Wohlers Associates

Le **tecnologie** di stampa 3D consentono di produrre prototipi e riproduzioni tridimensionali fedeli di un modello digitale in 3D realizzato con un software CAD/CAM, attraverso la sovrapposizione ordinata di strati di materiale. L'oggetto virtuale (il file) viene suddiviso in porzioni trasversali di pari altezza (strati o layer), e inviate successivamente alla stampante 3D che procede alla loro riproduzione attraverso l'utilizzo di materiali di natura differente.

BCG

La stampa 3D appartiene ad una classe di tecniche note come fabbricazione additiva. I processi additivi costituiscono oggetti layer-by-layer piuttosto che attraverso lo stampaggio o altre tecniche sottrattive.

McKinsey

Making things with a 3D printer changes the rules of Manufacturing.

The Economist (2012)

[...] new workers are mastering the 3-D printing that has the **potential to revolutionize the way we make almost everything** [...]

Barack Obama (2013)



II CICLO DI STAMPA



1. PROGETTAZIONE DEL PEZZO

- Modello 3D tramite SW di modellazione CAD



2. CONVERSIONE FILE

- Conversione del modello 3D in file STL (*Stereolithography*)



3. ANALISI STRATI

- Verifica di coerenza geometrica degli strati del modello 3D



4. PRODUZIONE

- Realizzazione del pezzo con tecnologie additive



5. FINITURA

- Eventuali attività di rimozione e finitura dell'oggetto stampato

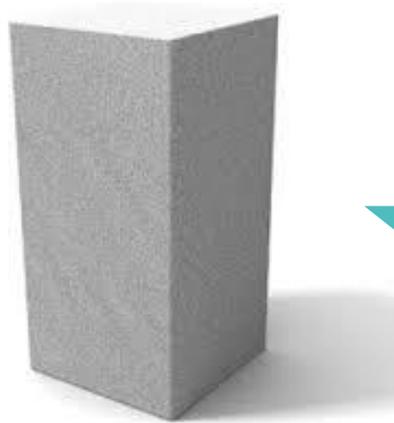
Qualche ora / giorno

Eliminazione delle fasi di realizzazione degli utensili, quali per esempio stampi



COSA CAMBIA RISPETTO AL PASSATO

MANIFATTURA SOTTRATTIVA



MANIFATTURA ADDITIVA

- Aggiunta di strati di materiale
- Qualsiasi tipo di profilo e angolazione realizzabile
- Assenza di materiale di scarto
- Finitura del prodotto direttamente in fase di stampa

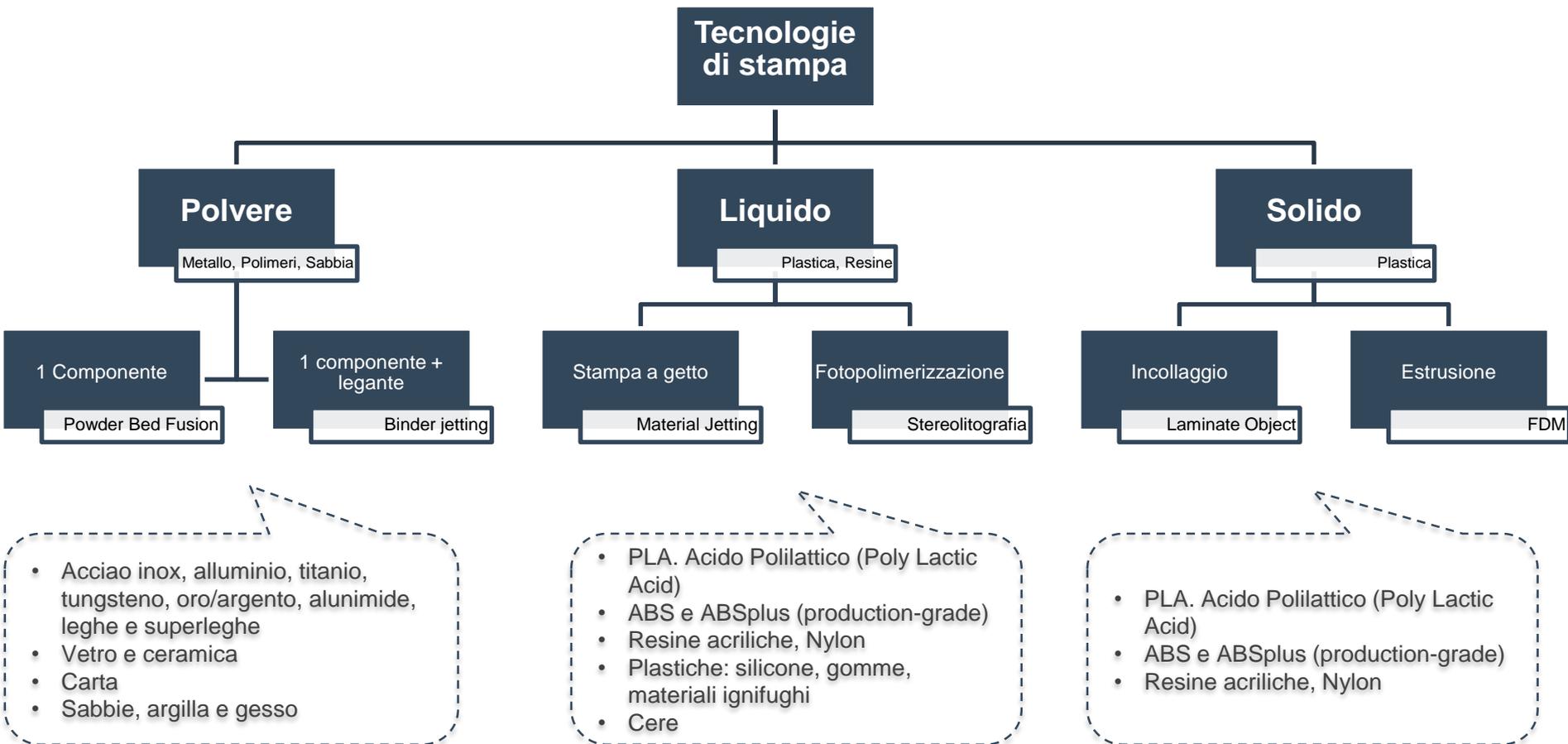


- Lavorazioni per asportazione
- Stadi intermedi di lavorazione e di finitura del prodotto
- Profili e angolazioni difficili da realizzare
- Scarti difficilmente riutilizzabili immediatamente





TANTE TECNOLOGIE: CLASSIFICAZIONE PER NATURA DEL MATERIALE





TECNOLOGIE DI STAMPA: MATERIALI POLIMERICI/PLASTICI

CODIFICA ASTM*	TECNOLOGIA	DESCRIZIONE
MATERIAL EXTRUSION	FDM (Fused Deposition Modeling)	Filamenti di materiale termoplastico sono gradualmente fusi e depositati strato dopo strato attraverso un ugello fino al riempimento.
MATERIAL JETTING	POLYJET MULTIJET	Utilizza la tecnologia a getto d'inchiostro con materiali (fotopolimeri plastici) induribili con raggi UV
VAT PHOTOPOLYMERISATION	DLP Digital Light Processing	Utilizza fotopolimeri plastici (resine) liquidi, induriti selettivamente attraverso raggi di luce
	SLA Stereolithography	Utilizza fotopolimeri plastici (resine) liquidi, induriti selettivamente attraverso raggi UV
POWDER BED FUSION	SLS Selective Laser Sintering	Strati di polvere di plastica vengono sinterizzati utilizzando un fascio laser

**ASTM International è un organismo di normalizzazione statunitense, acronimo di American Society for Testing and Materials International*



TECNOLOGIE DI STAMPA: MATERIALI METALLICI

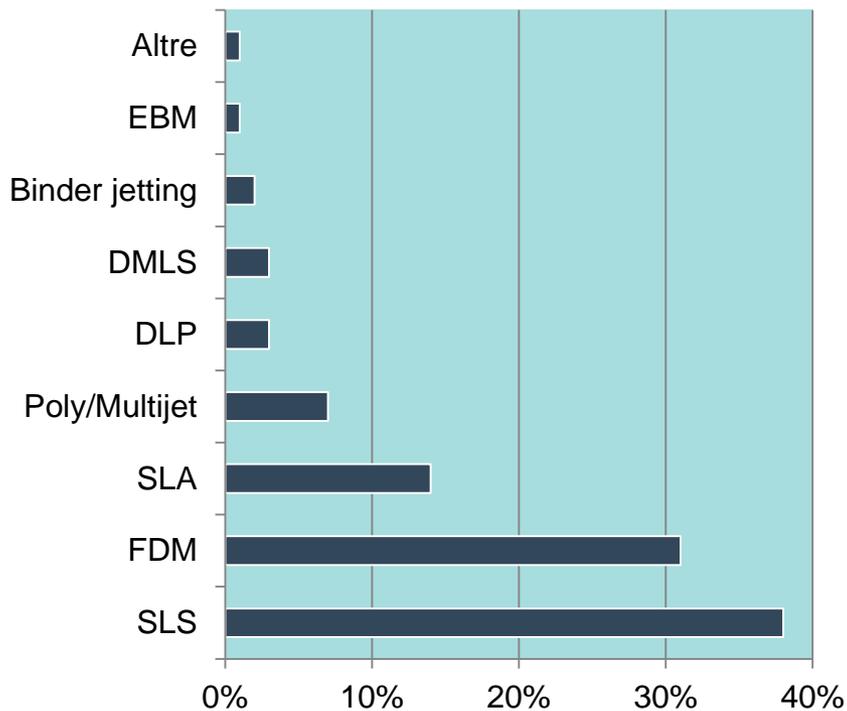
CODIFICA ASTM*	TECNOLOGIA	DESCRIZIONE
POWDER BED FUSION	SLS Selective Laser Sintering	Strati di polvere metalliche vengono sinterizzati utilizzando un fascio laser
	SLM Selective Laser Melting	Strati di polveri metalliche sono fusi da un raggio laser, linea per linea
	DMLS Direct Metal Laser Sintering	Strati di polveri metalliche sono sinterizzati da un raggio laser, linea per linea
	EBM Electron Beam Melting	Strati di polveri metalliche sono fuse da un fascio di elettroni, linea per linea
BINDER JETTING	3D Printing	Creazione di oggetti depositando un agente legante su polveri di materiali come sabbia , ceramica e metalli.
DIRECT ENERGY DEPOSITION	LMD Laser Metal Deposition	Polveri metalliche, diffuse dall'alto, sono fuse da un raggio laser nello stesso momento in cui si depositano sullo strato precedente

**ASTM International è un organismo di normalizzazione statunitense, acronimo di American Society for Testing and Materials International*

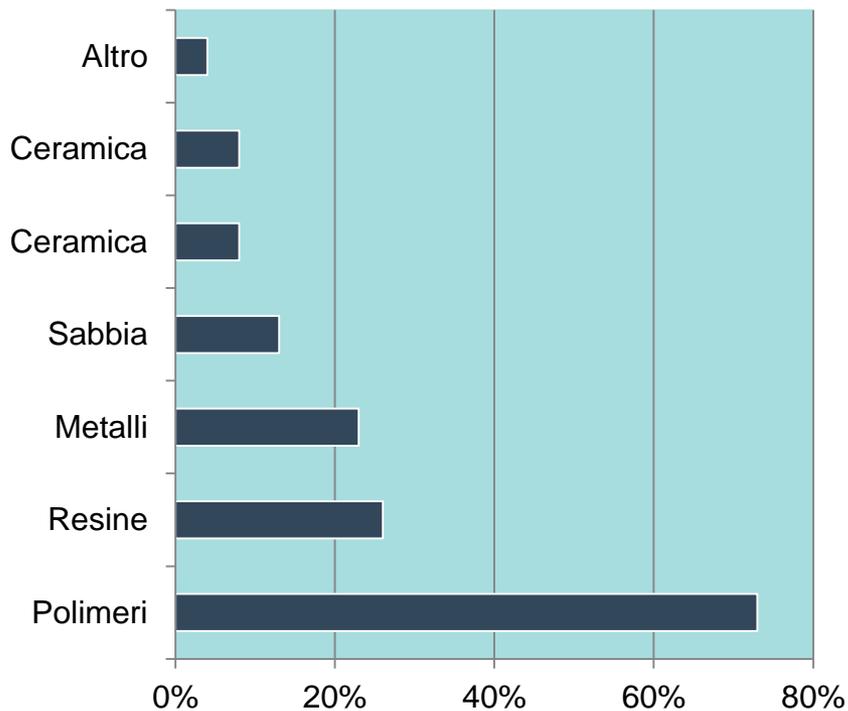


DIFFUSIONE DELLE TECNOLOGIE E DEI MATERIALI IMPIEGATI

Tecnologie



Materiali

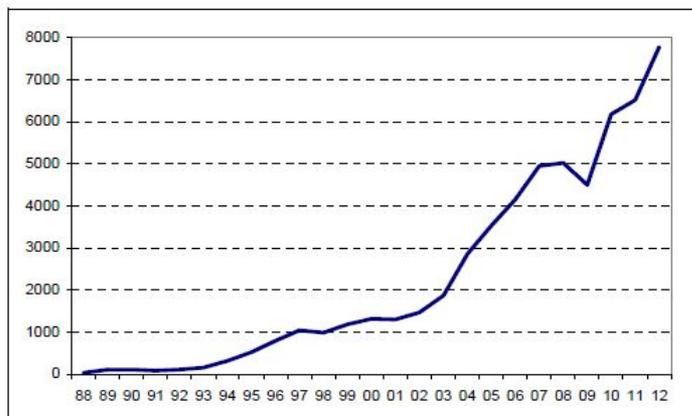


3D printing technologies – Sculpteo (2016)

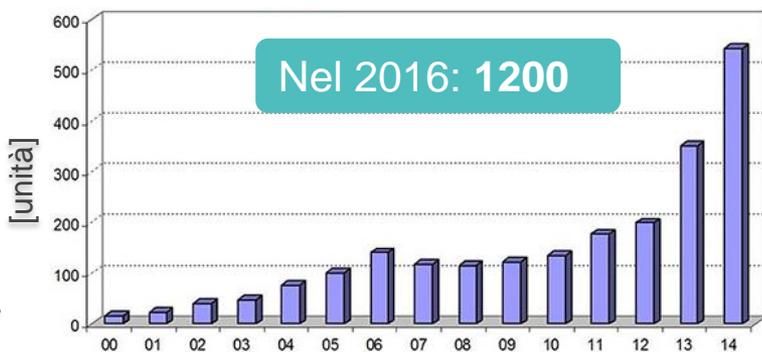


UNA TECNOLOGIA IN FORTE CRESCITA

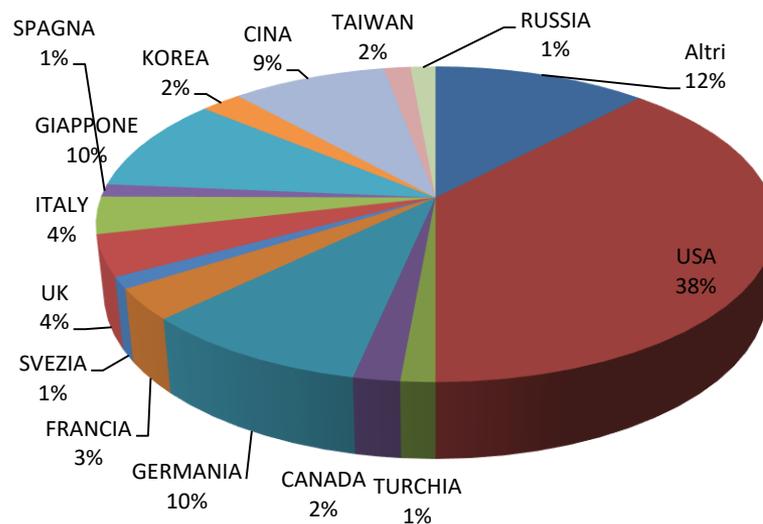
Numero di dispositivi professionali venduti [unità]



Numero di stampanti per metalli vendute [unità]



Installazioni per paese



- 38% delle installazioni negli USA
- In Europa si trova il 23% delle applicazioni industriali
- **L'Italia è tra i paesi europei più attivi**

* Fonte: Wohlers Report 2013 & 2014 & 2015

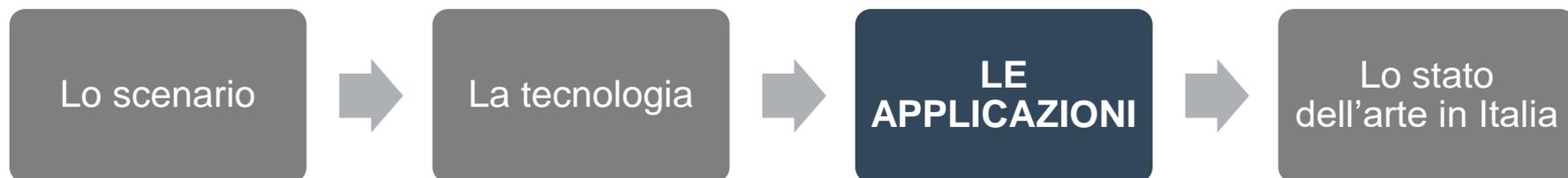


CHI HA IN MANO IL MERCATO DELLA STAMPA 3D?

Azienda	Headquarter	Fatturato 2013	Fatturato 2014	Materiale prevalente	Tecnologie
Stratasys	USA	485 mln \$	750 mln \$	Plastica	FDM, POLYJET
3D Systems	USA	515 mln \$	650 mln \$	Plastica Metallo	FDM, MULTIJET, SLA, SLS DMLS
EOS	Germania	220 mln \$	286 mln \$	Metallo Plastica	SLS DMLS
Renishaw	UK	260 mln \$	460 mln \$	Metallo	DMLS
Concept Laser	Germania	38 mln \$	49 mln \$	Metallo	SLM
Arcam	Svezia	30 mln \$	39 mnl\$	Metallo	EBM
SLM Solutions	Germania	<i>n.d.</i>	36 mnl \$	Metallo	SLM

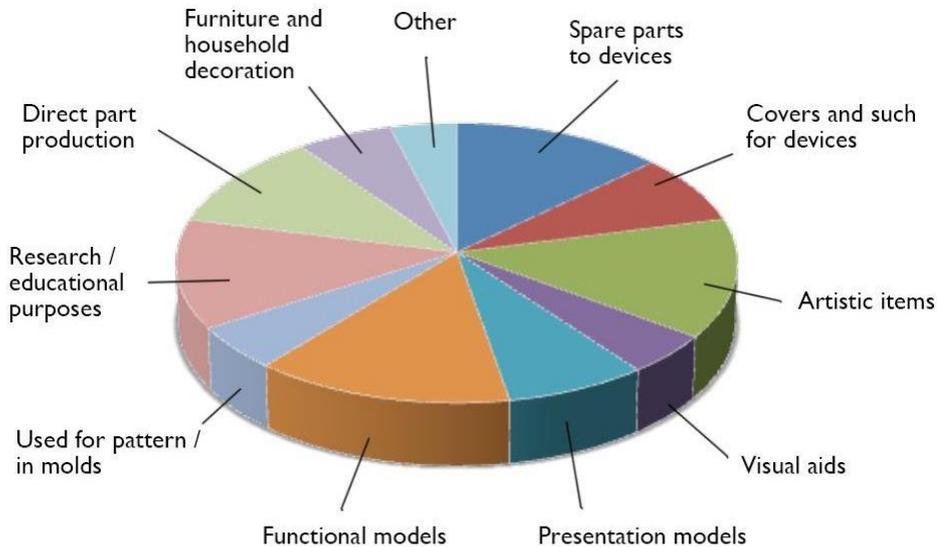


AGENDA





AMBITI DI APPLICAZIONE DELLA STAMPA 3D (I)



- Le tecnologie di stampa 3D possono essere impiegate in diversi ambiti, siano essi direttamente riconducibili ad applicazioni manifatturiere e non
- Le applicazioni si possono suddividere in due macro categorie, aventi la stessa rilevanza:
 - **Realizzazione di prototipi (50%):**
 - Artistic items
 - Visual aids
 - Presentation models
 - Functional models
 - Research purposes
 - **Realizzazione di componenti da impiegare in esercizio (50%):**
 - Spare parts
 - Used for pattern in molds
 - Direct part production
 - Furniture
 - Covers

* Fonte: Wohlers Report 2013 & 2014



AMBITI DI APPLICAZIONE DELLA STAMPA 3D (II)

- La produzione di prototipi tramite tecniche additive (**Rapid Prototyping**) permette di testare differenti modelli e versioni di un componente, ottenendo feedback immediati per migliorare il progetto
- Il Rapid Prototyping è utilizzato per realizzare prototipi sia estetici sia funzionali

1. Prototipazione



- La produzione indiretta o **Rapid Tooling** si riferisce alla realizzazione tramite tecniche additive di **strumentazione necessaria per la produzione** dei prodotti
- Il Rapid Tooling permette la realizzazione immediata di stampi e attrezzature (tra cui per esempio posaggi e centraggi)

2. Produzione indiretta



- La produzione diretta o **Rapid Manufacturing** prevede l'utilizzo di tecniche additive per la **realizzazione diretta di prodotti e/o componenti finiti**
- La produzione può portare a realizzare prodotti con caratteristiche meccaniche superiori, grazie a materiali differenti e forme e geometrie complesse

3. Produzione diretta



- La produzione di **parti di ricambio** appare lo scenario dagli impatti potenziali più suggestivi
- La stampa 3D può essere utilizzata per **modificare sensibilmente le filiere** produttive delle aziende, proponendo diverse modalità di produzione e vendita dei prodotti di ricambio

4. Parti di ricambio



CASE HISTORIES



MAERSK



1. PROTOTIPAZIONE



Case history: FORD



The main benefit of implementing these new technologies lies in the ease of passing from design to production, **avoiding intermediate steps** such as tool creation [...] **enabling the manufacture of low-volume products and increased design flexibility.**

Hague et al. 2003

Opportunità

- Realizzare **prodotti unici** in tempi e costi ridotti
- Rendere più flessibile ed efficace il processo di progettazione

Risultati operativi

- Riduzione dei tempi e dei costi di progettazione, prototipazione e prima serie
- Miglioramento dei prodotti

Tecnologia impiegata

- Selective laser sintering



2. PRODUZIONE INDIRETTA



Case history: OPEL



Opportunità

- Realizzare **prodotti finiti impiegabili durante le fasi di produzione tradizionali**
- Realizzare prodotti specifici dalla vita utile (anche) breve
- Realizzare assiemi, centraggi e posaggi in un unico step

Risultati operativi

- Riduzione del lead time di produzione (se gli attrezzaggi sono prodotti internamente)
- Riduzione del lead time di fornitura (se gli attrezzaggi sono acquistati esternamente)

Tecnologia impiegata

- Fused Deposition Modeling



3. PRODUZIONE DIRETTA



Case history: GE AVIATION



In effect, AM technologies could change the **paradigm for manufacturing**, moving away from mass production in factories and high costs, to **mass customization and distributed manufacture**

White and Lynskey 2012

Opportunità

- Realizzare **componenti impiegabili in esercizio** (ugello iniezione carburante)
- Realizzare forme e geometrie non possibili con tecnologie tradizionali
- Realizzare assiemi in un unico step

Risultati operativi

- Riduzione del lead time di produzione
- Riduzione del costo dei materiali (minori sprechi) e dell'energia
- Miglioramento delle prestazioni (maggiore aerodinamicità)

Tecnologia impiegata

- Selective laser Melting (tramite fascio di elettroni)



4. PARTI DI RICAMBIO

Case history: NASA



The potential supply chain benefits in terms of simultaneously improved service and reduced inventory makes the distributed deployment of AM **very interesting for spare parts supply.**

Holmström et al. 2010

Opportunità

- Possibilità di produrre in loco i pezzi di ricambio (solo quando c'è necessità)
- Vendita del modello 3D invece del prodotto fisico
- Ricostruzione di un componente danneggiato

Risultati operativi

- Riduzione delle scorte lungo la filiera
- Modifica della configurazione della supply chain
- $LT = LT_{PROD} + \cancel{LT_{TRASP}}$



BENEFICI & LIMITI (ATTUALI)



VS

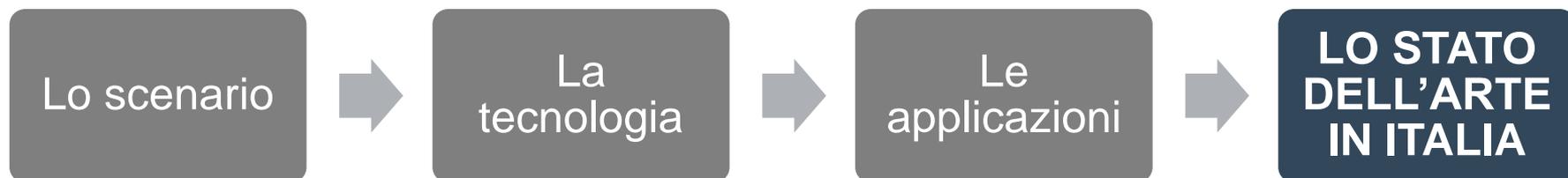


“People often overestimate what will happen in the next two years and underestimate what will happen in ten”

Bill Gates



AGENDA



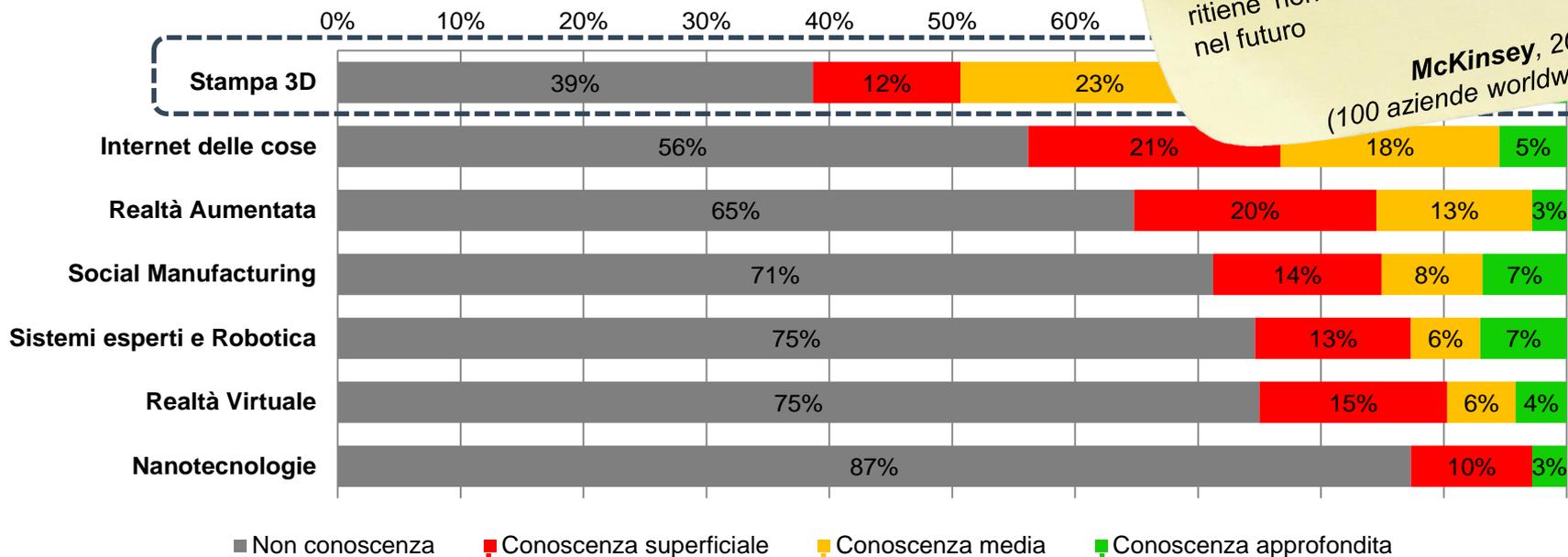


LIVELLO DI CONOSCENZA



- 40% non conosce il 3D Printing
- (solo il) 10% considera la tecnologia "rilevante"
- (allo stesso tempo, solo) il 5% ritiene non avrà un ruolo chiave nel futuro

McKinsey, 2015
(100 aziende worldwide)



■ Non conoscenza

■ Conoscenza superficiale

■ Conoscenza media

■ Conoscenza approfondita

SUPERFICIALE

È noto il campo di applicazione generale della tecnologia

MEDIA

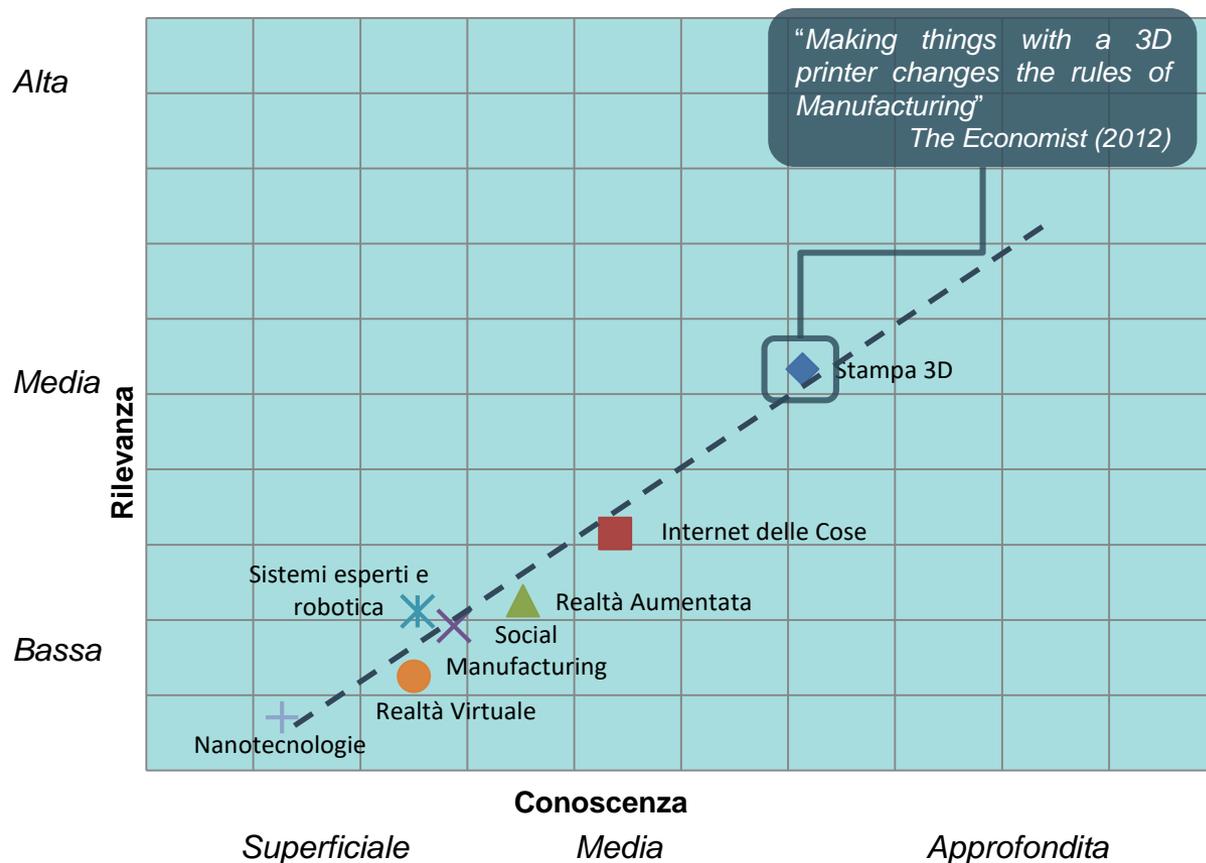
È noto lo stato dell'arte della tecnologia e dei benefici potenziali, senza entrare nel merito delle specifiche funzionali e tecniche della stessa

APPROFONDIRITA

Sono note le specifiche tecniche e i paradigmi di funzionamento della tecnologia, con annesse valutazioni dei benefici e dei costi associati



CONOSCENZA VS. RILEVANZA



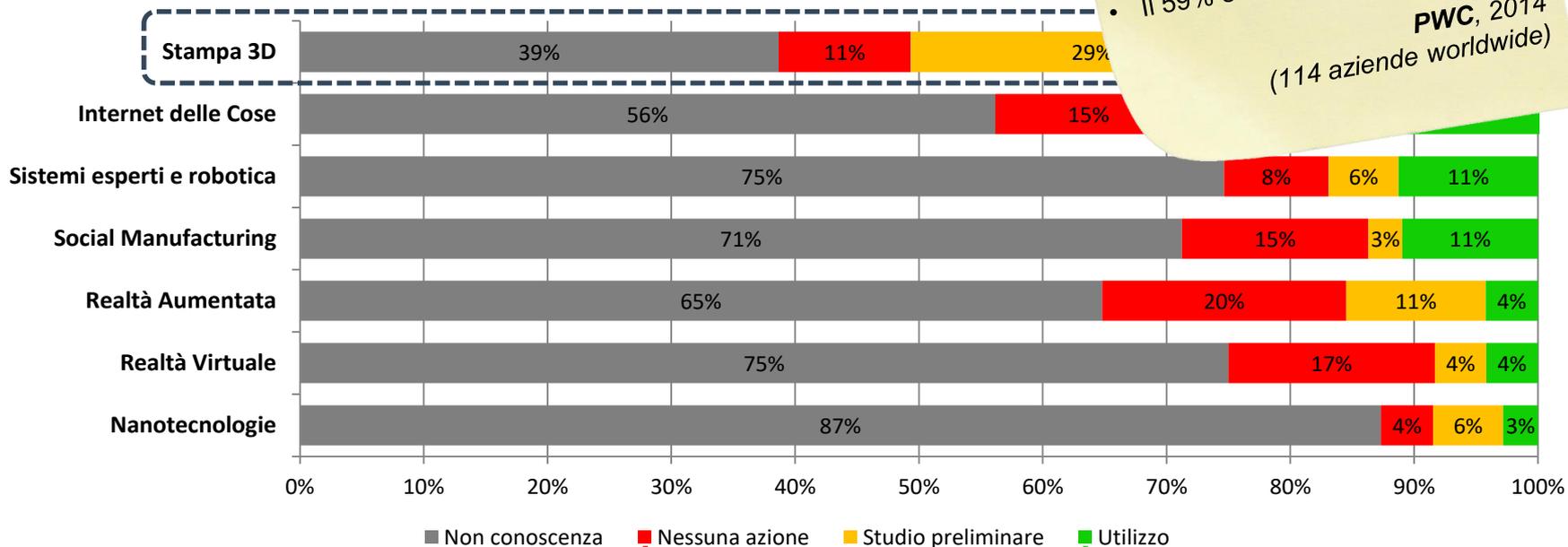
- Sembra esistere una **relazione diretta** tra conoscenza e rilevanza
- La **Stampa 3D** è l'unica tecnologia riconosciuta come veramente **rilevante**



LIVELLO DI UTILIZZO



- Il 66% delle imprese sta impiegando il 3D Printing
 - Il 59% è costituito da PMI
- PWC, 2014**
(114 aziende worldwide)



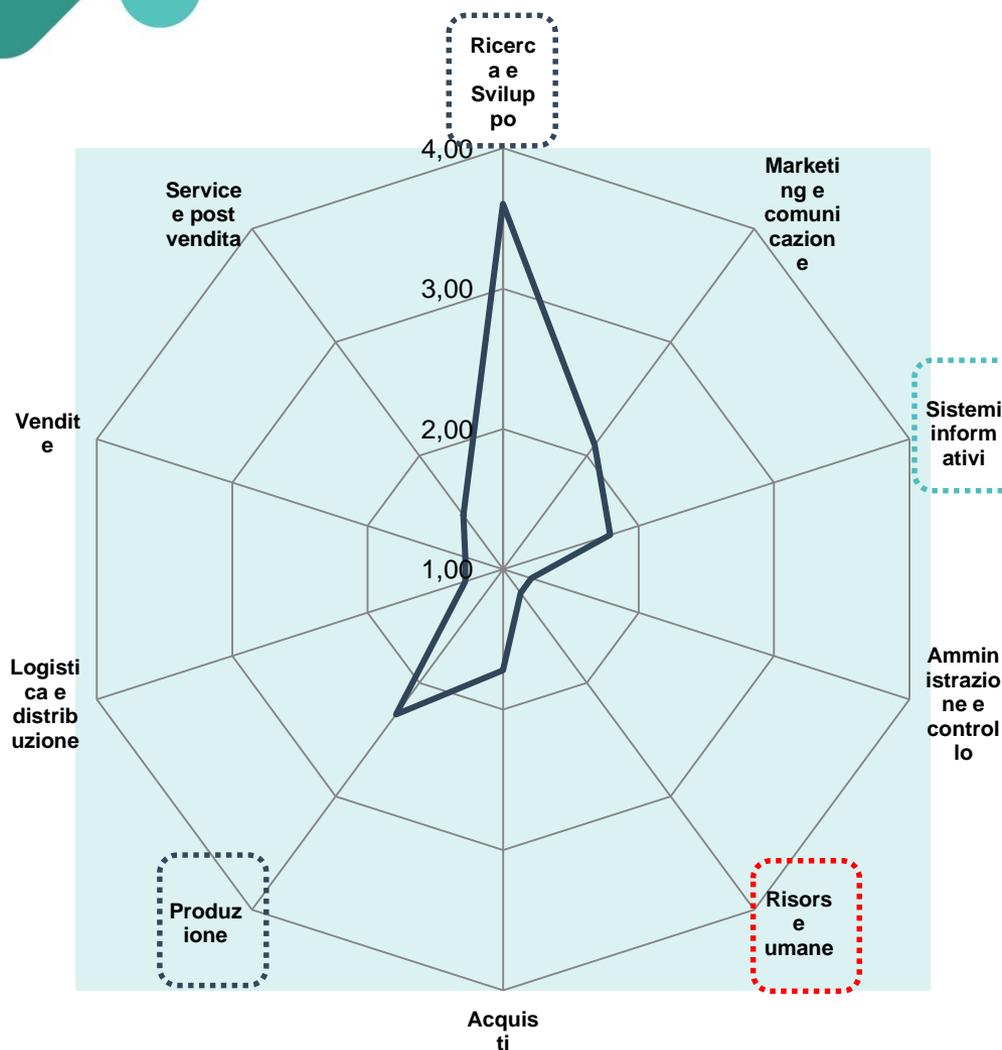
NESSUNA AZIONE
L'azienda, pur conoscendo la tecnologia, non sta muovendosi per applicarla all'interno dei propri processi

STUDIO PRELIMINARE
L'azienda sta valutando la fattibilità tecnico-economica della tecnologia nei propri processi

UTILIZZO
L'azienda sta già applicando la tecnologia all'interno dei propri processi



AREE AZIENDALI COINVOLTE



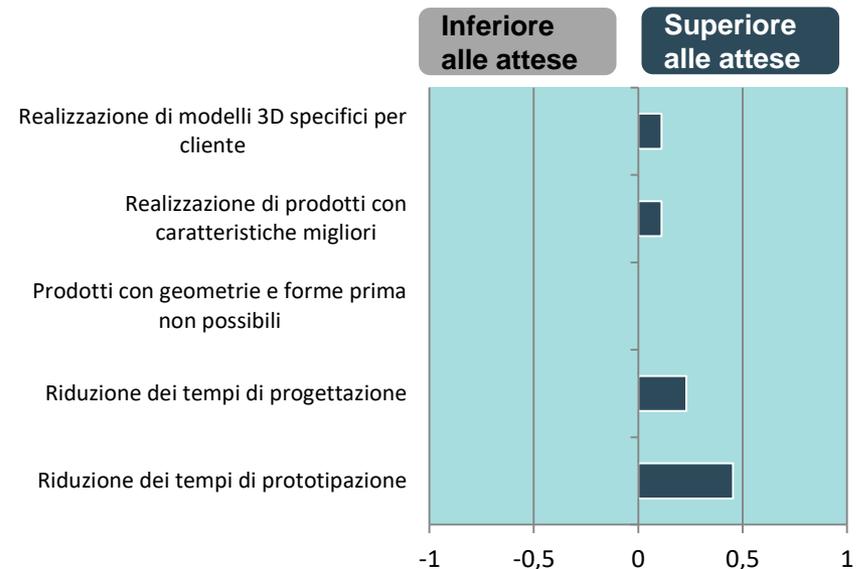
- **R&S** è l'area più coinvolta
- La **Produzione** è al secondo posto
- I **sistemi informativi** sono un'area **abilitante**
- L'area **Risorse Umane** non è affatto coinvolta



BENEFICI ATTESI E OTTENUTI

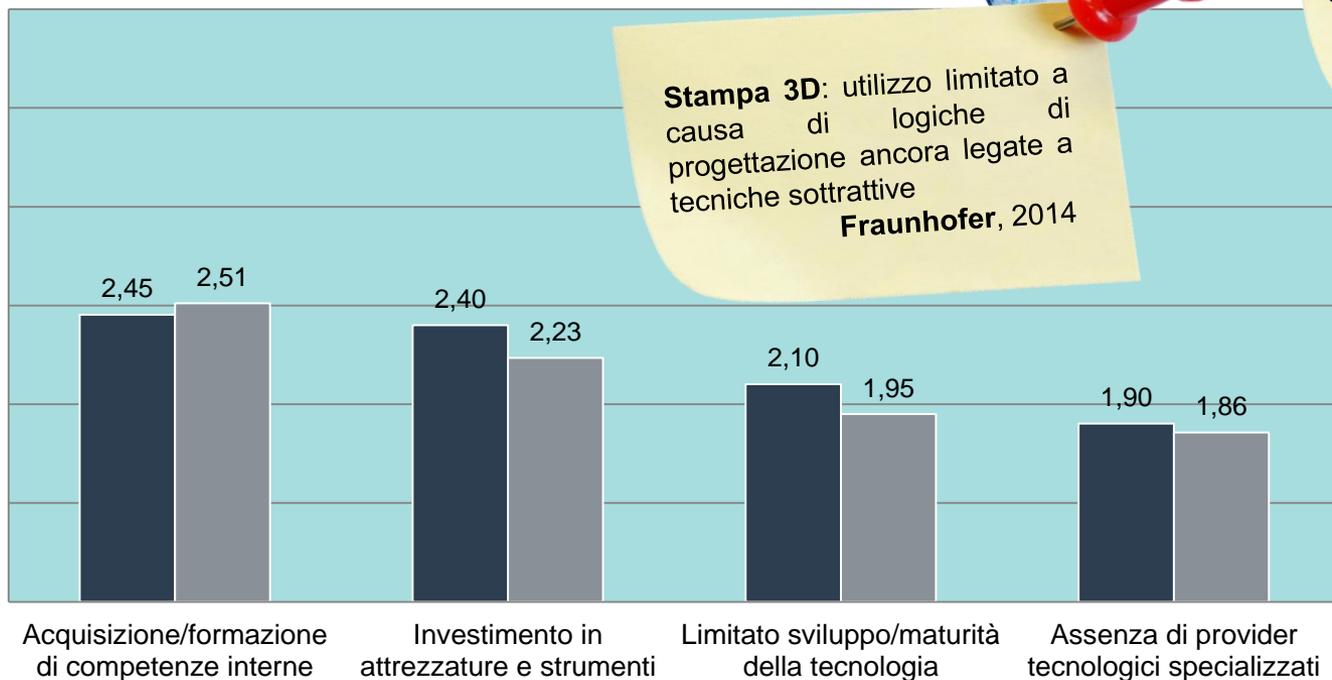


- Tramite la stampa 3D, le aziende puntano a **migliorare la qualità** dei propri prodotti / processi / servizi, **aumentando la rapidità di reazione** nei confronti del mercato
- **Minore enfasi sui costi e sulla produttività**
- Tendenzialmente, i **benefici raggiunti** a seguito di una (o più) applicazione, **superano le attese**





OSTACOLI ALLA DIFFUSIONE



Stampa 3D: utilizzo limitato a causa di logiche di progettazione ancora legate a tecniche sottrattive
Fraunhofer, 2014

“Digital capabilities are now a prerequisite to compete in the long term”

McKinsey, 2014

Tutte le aziende che hanno espresso una conoscenza non nulla delle tecnologie

Le sole aziende che hanno già realizzato progetti implementativi

- La disponibilità di soluzioni / offerte tecnologiche non sembra essere un problema significativo
- La necessità di realizzare investimenti sembra essere un ostacolo solo parzialmente rilevante, a maggior ragione per chi ha già implementato
- **Le competenze sembrano essere il problema principale**



UNIVERSITÀ DI BRESCIA

LABORATORIO RISE

Research & Innovation for Smart Enterprises

Massimo ZANARDINI

Università degli Studi di Brescia

RISE - Research & Innovation for Smart Enterprises

✉ massimo.zanardini@unibs.it



@RiseLabUNIBS



www.rise.it