

Andrea Ciaramella, Alberto Celani,

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

andrea.ciaramella@polimi.it

alberto.celani@polimi.it

**Abstract.** La deindustrializzazione ha spostato le fabbriche e i posti di lavoro altrove, creando dei vuoti, non solo spaziali, nelle città occidentali. La definizione di quarta rivoluzione industriale ingloba la tendenza della manifattura moderna a produrre con metodologie e sistemi innovativi, sfruttando il sempre crescente sviluppo delle tecnologie ICT e adattandolo per le applicazioni in fabbrica. Lo stabilimento produttivo cambia, sia per la conformazione di più sistemi che interagiscono tra loro che per una conseguente occupazione degli spazi. L'articolo analizza lo scenario evolutivo della produzione industriale e descrive le modalità con cui alcune attività possono svilupparsi verticalmente, creando i presupposti per una localizzazione in città.

**Parole chiave:** Deindustrializzazione; Industria 4.0; Stabilimento verticale; Produzione in verticale; Fabbrica verticale.

## Introduzione

La deindustrializzazione, un fenomeno strutturale nelle economie più sviluppate (Van Neuss, 2018), ha rappresentato per le imprese uno spostamento degli stabilimenti produttivi in altri Paesi, con una conseguente e tangibile perdita di posti di lavoro nelle città occidentali (Kollmeyer, 2009). La letteratura ha considerato gli effetti di questo fenomeno, focalizzandosi sugli aspetti che li hanno determinati e ha indagato sulle più importanti conseguenze sociali (Bluestone & Harrison, 1982), tra cui la progressiva disoccupazione (Kollmeyer, 2013) e i diversi effetti a livello nazionale e regionale (Blanchard, 2006). La letteratura economica, inoltre, è ricca di studi che mettono in relazione la deindustrializzazione con la minor crescita (Kitson & Michie, 2014), ma non si trovano accenni al bilancio tra spazi occupati nelle zone di origine rispetto agli impianti delocalizzati, in relazione alle mutate caratteristiche delle risorse impiegate. Il contributo affronta il tema della riconfigurazione delle imprese che hanno deciso di spostare la produzione dalle zone di origine (Bolisani & Scarso, 1996) (Lee *et al.*, 2009), considerando

Industry 4.0 and  
manufacturing in the  
city: a possible vertical  
development

**Abstract.** Deindustrialization has moved factories and jobs elsewhere, creating voids, not just space, in Western cities. The definition of the fourth industrial revolution incorporates the tendency of modern manufacturing to produce with innovative methodologies and systems, exploiting the ever-increasing development of ICT technologies and adapting it for factory applications. The production plant changes, both for the conformation of several systems that interact with each other and for a consequent occupation of the spaces. The article analyzes the evolutionary scenario of industrial production and describes the ways in which some activities can develop vertically, creating the conditions for a location in the city.

**Keywords:** Deindustrialisation; Industry 4.0; Vertical Plant; Vertical Manufacturing; Vertical Factory.

le differenti categorie di motivazioni che spingono le imprese a delocalizzare e clusterizzando le imprese come *Natural Resource Seekers*, *Market Seekers*, *Efficiency Seekers*, *Strategic Asset Seekers* (Dunning, 1993) (Bolisani & Scarso, 1996); questo approccio permette di comprendere quali siano i fattori che attivano la delocalizzazione: la presenza di risorse, la prossimità al mercato, la ricerca dell'efficienza operativa o la ricerca di *asset* strategici per acquisire maggiore presenza sui mercati. Lo sviluppo delle reti anche a livello di stabilimenti produttivi (Boone *et al.*, 1996) ha portato a concepire le imprese come veri e propri network di erogatori di servizi che concorrono alla creazione di valore, indipendentemente dall'occupazione degli spazi; infatti oggi è possibile separare fisicamente le diverse funzioni che concorrono alla realizzazione del prodotto, nella stessa *supply chain* (Chikán & Demeter, 1996). Dallo studio della letteratura emerge la necessità di comprendere quali siano gli effetti della compartimentazione della filiera e della delocalizzazione sull'occupazione degli spazi, verificando se sia possibile intervenire riportando alcune delle funzioni industriali nel contesto urbano, anche attraverso uno sviluppo in verticale dello stabilimento produttivo.

## L'industria 4.0 come evoluzione dell'impresa dei servizi

La definizione di una nuova forma di impresa manifatturiera, basata sui servizi più che sulla produzione massiva in stabilimento (Kutscher & Personick, 1986), introduce il tema dell'industria 4.0, prodotto della quarta rivoluzione industriale, descritta e teorizzata negli anni recenti (Shwab, 2015). L'anima dell'industria 4.0 si basa su dei concetti fondamentali di integrazione di *Product Life Cycle* (dalla concezione del prodotto ai servizi post

La definizione di una nuova forma di impresa manifatturiera, basata sui servizi più che sulla produzione massiva in stabilimento

## Introduzione

Deindustrialisation, a structural phenomenon in the most developed economies (Van Neuss, 2018), has represented for companies a shift of production plants in other countries, resulting in a tangible loss of jobs in Western cities (Kollmeyer, 2009). The literature considered the effects of this phenomenon, focusing on the aspects that determined them and investigated the most important social consequences (Bluestone & Harrison, 1982), including the progressive unemployment (Kollmeyer, 2013) and the different effects at national level and regional (Blanchard, 2006). Moreover, the economic literature is rich in studies that relate deindustrialization with the least growth (Kitson & Michie, 2014), but there are no hints about the balance between spaces occupied in the areas of origin compared to the delocalized

plants, in relation to changed characteristics of the resources used.

The article deals with the theme of the reconfiguration of companies that have decided to move production from their areas of origin (Bolisani & Scarso, 1996) (Lee *et al.*, 2009), considering the different categories of motivations that push companies to relocate and clustering companies such as: *Natural Resource Seekers*, *Market Seekers*, *Efficiency Seekers*, *Strategic Asset Seekers* (Dunning, 1993) (Bolisani & Scarso, 1996). This approach makes it possible to understand the factors that trigger delocalisation: the presence of resources, proximity to the market, the search for operational efficiency or the search for strategic assets to gain greater presence on the markets. The development of the networks, also at the level of production plants (Boone *et al.*, 1996), has led to conceive the com-

vendita), *System Architecture* (il passaggio dalla concezione di processi alla sola produzione di manufatti in un medesimo luogo fisico), *Product Automation Hierarchy* (integrazione dei sistemi di controllo dei processi industriali) (IEC PAS 63088, 2017). La definizione di Industria 4.0 è associata a quella di Industria come *Cyber-Physical Production Systems (CPPS)*, un sistema nel quale macchine intelligenti e sistemi di immagazzinamento (manufatti e dati) interagiscono per scambiare informazioni, attivare azioni e controllarsi reciprocamente (Kagermann & Helbig, 2013). L'analisi degli scenari possibili, resi concreti grazie al grande sviluppo dei sistemi cyberfisici, prospetta un futuro per l'occupazione degli spazi lasciati vuoti dall'Industria tradizionale in favore di un sistema produttivo più compatibile con le nuove esigenze della città moderna (Mehraein & Evgenievich Kyuchukov, 2017), che chiede sostenibilità e una maggiore attenzione all'uso razionale del suolo (Bernhard *et al.*, 2014).

**Il Layout dello stabilimento, la funzionalità e i requisiti. Il verticale come possibilità**

La moderna struttura dello stabilimento produttivo basato sull'idea di network (Boone *et al.*, 1996) si può articolare in differenti tipologie, in relazione

alle strategie aziendali di gestione della produzione e della *supply chain*: stabilimenti produttivi che assolvono alla funzione di fornitura di prodotti finiti e semilavorati altamente specializzati per specifiche sezioni della filiera produttiva; stabilimenti che producono per determinate filiali regionali o nazionali e stabilimenti nei quali vengono organizzate differenti fasi di lavorazione, coordinate centralmente. L'aspetto strategico è legato alla localizzazione dell'impianto produttivo e ai parametri utili alla

panies as real networks of service providers that contribute to the creation of value, regardless of the occupation of the spaces; in fact today it is possible to physically separate the different functions that contribute to the realization of the product, in the same supply chain (Chikán & Demeter, 1996). From the study of the literature emerges the need to understand the effects of the partitioning of the supply chain and of the delocalization on the occupation of the spaces, verifying whether it is possible to intervene by bring back some of the industrial functions in the urban fabric, also through a vertical development of the production plant.

**Industry 4.0 as an evolution of the service enterprise**

The definition of a new form of manufacturing company, based on services more than on mass production at the

plant level (Kutscher & Personick, 1986), introduces the theme of Industry 4.0, product of the fourth industrial Revolution, described and Theorised in recent years (Shwab, 2015). The core of industry 4.0 is based on the fundamental concepts of integration of product Life Cycle (from product design to after sales services), System Architecture (the transition from the conception of processes to the production of manufactured products in a Same physical location), Product Automation Hierarchy (integration of industrial Process Control systems) (IEC PAS 63088, 2017). The definition of Industry 4.0 is associated with that of industry such as Cyber-Physical Production Systems (CPPS), a system that in which intelligent machines and storage systems (goods and data) interact to exchange information, activate actions and control each other (Kagermann & Helbig,

scelta del territorio, valutando le opportunità di integrare i processi aziendali con le infrastrutture esistenti, anche utilizzando modelli che considerano e analizzano variabili diverse (Vareecke & Van Dierdonck, 2002).

A livello di stabilimento la funzionalità interna deve rispettare precise regole di efficienza, rispetto delle normative, sicurezza e manutenibilità dei macchinari (Moran, 2017); questi fattori influenzano le scelte progettuali e localizzative degli stabilimenti produttivi; inoltre, una volta studiato il movimento di merci e persone si potranno suggerire diverse configurazioni spaziali interne. I sistemi produttivi principali, tradizionalmente legati al prodotto, al processo, alle tecnologie di gruppo, possono cambiare soprattutto a seguito delle innovazioni portate dall'industria 4.0.

**Il Facility Layout Problem per i sistemi mono-piano e multipiano, le prospettive per l'industria 4.0 in verticale**

Il *Facility Layout Problem* (FLP) nei sistemi manifatturieri è l'insieme degli studi necessari per comprendere la giusta allocazione delle funzioni all'interno dello stabilimento (Shanshan *et al.*, 2017); il prodotto di questi studi preliminari è il *Block Layout*

(come in figura 1), uno schema di massima che indica il posizionamento delle funzioni principali. Il *Block Layout* è propedeutico al *Detailed Layout* che comprenderà anche i meccanismi di distribuzione tra blocchi e aree interne.

Nella definizione degli spazi all'interno di uno stabilimento industriale la letteratura ha affrontato il tema del *Facility Layout* attraverso differenti modelli matematici per le conformazioni mono-planari, indagando successivamente anche le possibilità dello

2013). The analysis of the possible scenarios, made concrete thanks to the great development of the cyberphysical systems, promises a future for the use of the spaces left empty by the traditional industry in favour of a productive system more compatible with the new requirements of the modern city (Mehraein & Evgenievich Kyuchukov, 2017), which calls for sustainability and greater attention to the rational use of land (Bernhard *et al.*, 2014).

**The Layout of the plant, the functionality and the requirements. The vertical as a possibility**

The modern structure of the production plant based on the idea of network (Boone *et al.*, 1996) can be articulated in different typologies, in relation to the company strategies of production management and supply chain: production plants that fulfil the function

of supplying finished and semi-finished goods highly specialised for specific sections of the production chain; plants which produce for certain regional or national branches and plants in which different processing phases are organized, centrally coordinated. The strategic aspect is linked to the localization of the production plant and to the parameters useful to the choice of the territorial area, evaluating the opportunities to integrate the business processes with the existing infrastructures, also using models that consider and analyse different variables (Vareecke & Van Dierdonck, 2002). At plant level, the internal functionality must comply with precise rules of efficiency, in compliance with regulations, safety and maintainability of Machinery (Moran, 2017). These factors influence the design and localization choices of production plants; in addition

AREE ATTREZZAGGIO	MAGAZZINO	AREA PICKING E IMBALLAGGIO	AREA SPEDIZIONE
UFFICI			
AREE BREAK	AREA DI PRODUZIONE		

sfruttamento degli spazi attraverso configurazioni multipiano (Lee *et al.*, 2005). In letteratura non si riscontrano, tuttavia, studi relativi a *Block Layout* multipiano per l'industria 4.0 e si rende necessaria una riflessione su come potrebbe cambiare un *Block Layout* classico come quello in figura 1 in uno stabilimento ad alto contenuto di automazione come accade in un *Cyber-Physical Production Systems (CPPS)*, caratterizzato dai seguenti elementi:

- i server possono essere collocati in spazi (fisici e non) differenti, anche totalmente fuori dal perimetro dello stabilimento produttivo;
- il controllo della produzione può dotarsi di sistemi di controllo remoto, eliminando l'intervento umano in situ. Questo aspetto permette una riduzione degli spazi e degli ingombri necessari;
- i sistemi di magazzino possono essere disposti diversamente;
- gli spazi ufficio, quelli delle funzioni di rappresentanza, aree break e dedicate alla socialità, possono essere collocati in verticale come in un qualsiasi edificio multipiano;
- gli spazi adibiti a parcheggio possono essere ridotti nello spazio grazie alle nuove tecnologie informatiche di gestione e al minore impatto delle vetture private, soprattutto in città.

**La fabbrica del futuro e gli scenari possibili. La tecnologia e la verticalità**

La fabbrica connessa, costituita da reti di calcolatori e sensori rappresenta l'idea della Fabbrica del Futuro (FoF), rendendo

possibili, la comunicazione tra macchinari all'interno dello stesso stabilimento e una efficiente interazione con altri impianti, in numero teoricamente illimitato e dislocati ovunque. La poten-

zialità dei sistemi di simulazione rende possibile la razionalizzazione della fase progettuale del prodotto, eliminando in futuro la modellazione fisica dei prototipi. Queste ricadute sugli spazi fisici all'interno di uno stabilimento produttivo sono direttamente collegate alla tendenza che vede le imprese intraprendere percorsi di contrazione dei capitali investiti e razionalizzazione della catena del valore. La necessità di concentrarsi su prodotti coerenti alle reali esigenze del mercato, quindi prodotti sempre più personalizzati per il cliente *target*, ha effetto sulle scorte e il ruolo dei magazzini. Parimenti l'industria 4.0 permette una diversa gestione di ordinativi e quantitativi minimi di produzione. I controlli affidati alla componente umana, nella fabbrica interconnessa, sono affidati alle macchine e l'uomo ha il compito di analizzare i dati prodotti in quantità, interpretandoli per migliorare la rispondenza tra prodotto e mercato (IEC, 2015). La Fabbrica del Futuro rende possibili nuovi modelli di business, prevedendo una imprenditorialità diffusa, che coinvolge diversi professionisti, di estrazione eterogenea, che collaborano in rete su progetti che non necessitano della presenza fisica degli stakeholder. Un esempio è il *Crowdsourcing*, parola che mescola i termini *Crowd* e *Outsourcing*, basata su un'idea di comunità e di esternalizzazione di attività che permette di ottimizzare le risorse umane interne e interagire con il talento presente esterno all'azienda (spesso in Università e in Centri di Ricerca), oltre a coinvolgere i potenziali clienti nella concettualizzazione del prodotto. E ancora l'imprenditorialità del movimento dei *maker* (Stephen *et al.*, 2017), basata sulla collaborazione e sulla condivisione delle risorse. Questi approcci alla produzione delle idee, alla realizzazione e alla condivisione dei risultati rappresentano la frontiera per la riduzione dei tempi di disponibilità sul merca-

tion, once you have studied the movement of goods and people you can suggest different spatial configurations inside. The main production systems, traditionally linked to the product, the process, the group technologies, can change mainly following the innovations brought by the 4.0 industry.

**The Facility Layout Problem for single and multi-storey systems, the view towards Vertical Industry 4.0**

The Facility Layout Problem (FLP) in manufacturing systems is the set of studies necessary to understand the proper allocation of functions within the plant (Shanshan *et al.*, 2017); the product of these preliminary studies is the Block Layout (as in Figure 1), a rough outline that indicates the positioning of the main functions. The Block layout is preparatory to the Detailed Layout that will also include the

mechanisms of distribution between blocks and internal areas. In the definition of the spaces within an industrial plant, literature addressed the theme of Facility Layout through different mathematical models for mono-planar conformations, subsequently investigating also the possibilities of exploitation of spaces through multi-storey configurations (Lee *et al.*, 2005). In the literature, however, there are no studies of multi-storey block layout for the industry 4.0 and it is necessary to think about how it could change a classic block layout like the one in Figure 1 in a plant with a high automation content as happens in a Cyber-Physical Production Systems (CPPS), characterized by the following elements:

- the servers can be placed in spaces (physical and not) different, even totally outside the perimeter of the production plant;

- the control of production can be equipped with remote control systems, eliminating the human intervention in situ. This aspect allows a reduction of the spaces and the necessary dimensions;
- the storage systems may be arranged differently;
- the office spaces, the representative offices, break areas and dedicated to sociality, can be placed vertically as in any multi-storey building;
- parking spaces can be reduced in space thanks to the new computer technologies of management and to the lower impact of private cars, especially in the city.

**The Factory Of the Future and the possible scenarios. Technology and Verticality**

The connected factory, consisting of networks of computers and sensors

represents the idea of the Factory of the Future (FOF), making possible, the communication between machinery within the same plant and an efficient interaction with other plants, in theoretically unlimited number and deployed everywhere. The potential of the simulation systems makes it possible to rationalise the design phase of the product, eliminating in future the physical modelling of the prototypes. These effects on physical spaces within a production plant are directly linked to the tendency that companies undertake to embark on paths for the contraction of invested capital and rationalization of the value chain. The need to focus on coherent products to the real needs of the market, therefore products increasingly personalized for the target customer, affects stocks and the role of warehouses. Similarly, industry 4.0 allows a different manage-

02 | Evoluzione della Produzione: la prospettiva è quella che all'uomo vengano affidate sempre più attività di verifica e interpretazione dei dati relativi alla produzione, sempre meno attività di controllo del processo produttivo (IEC, 2015)

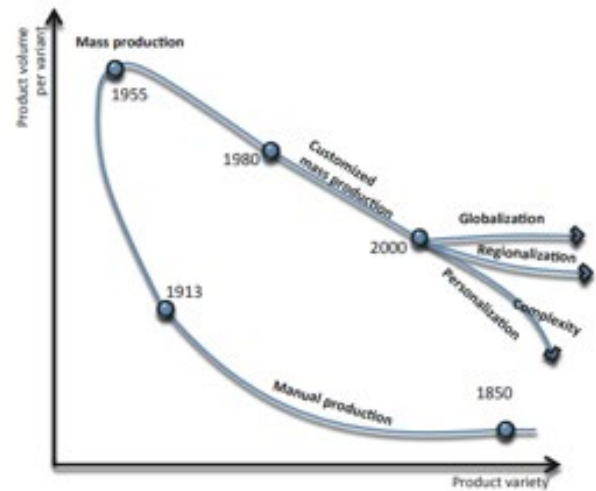
*Evolution of production: The view is the one that is entrusted to man more and more the activity of verification and interpretation of the data related to the production, increasingly less activity of control of the production process (IEC, 2015)*

to di progetti e di prodotti innovativi (Abrahamson *et al.*, 2013). Così come nell'ambito degli uffici abbiamo assistito al fenomeno del *co-working*, anche il settore produttivo può evolvere verso soluzioni nelle quali lo spazio funge da incubatore di attività complementari, favorendo la generazione di idee e prodotti e rivoluzionando in questa direzione il concetto di fabbrica tradizionale. *Anything as a Service (XaaS)* è un'altra tendenza del mondo manifatturiero evoluto che comprende una diversa concezione della filiera e di conseguenza dello stabilimento produttivo. I prodotti contengono una tecnologia che integra il ciclo di vita dell'oggetto e, affiancati alla tecnologia IoT, permettono una differente gestione di tutta la filiera. Si pensi allo smaltimento di componenti critiche di prodotti; gli stabilimenti evoluti potranno prevedere spazi per il controllo dei parametri inviati dalla tecnologia informatica dei sensori, prevedere esattamente quando rendere disponibili i ricambi, studiare ed analizzare i dati per poi intervenire sul prodotto in fase post-vendita. La gestione degli spazi, di conseguenza, cambia: le attività di controllo avvengono via monitor e server, così come le lavorazioni leggere in ambito *consumer* e industriale, che necessitano di spazi dedicati. Attualmente le iniziative in atto si concentrano principalmente sulle prospettive relative alla personalizzazione dei prodotti e sui potenziali risparmi in termini di emissioni (IEC, 2015); non viene considerata con la medesima attenzione la prospettiva dell'impatto di questi cambiamenti sugli spazi fisici. Considerando centrale il ripensamento degli spazi per l'industria nelle città moderne e la potenzialità che si può generare grazie alle tecnologie, la leggerezza e la totale assenza di emissioni nella produzione risultano essere i veri e propri fattori abilitanti per lo sfruttamento della verticalità e per la generazione di un ecosistema che può relega-

ment of orders and minimum production quantities. The controls entrusted to the human component, in the interconnected factory, are entrusted to the machines and the man has the task of analysing the data produced in quantity, interpreting them to improve the correspondence between product and market (IEC, 2015).

The Factory of the Future makes possible new business models, foreseeing a widespread entrepreneurship, involving various professionals, of heterogeneous extraction, that collaborate in network on projects that do not require the physical presence of Stakeholders. One example is Crowdsourcing, a word that mixes the terms Crowd and Outsourcing, based on an idea of community and outsourcing of activities that allows to optimize the internal human resources and interact with the present

talent outside the company (often in Universities and research centres), as well as involving potential customers in the conceptualization of the product. The entrepreneurship idea behind the Makers' movement (Stephen *et al.*, 2017), for example, is based on collaboration and resource sharing. These approaches to the production of ideas, the realization and the sharing of the results represent the frontier for the reduction of the time to market of innovative projects and products (Abrahamson *et al.*, 2013). As well as within the offices we have witnessed the phenomenon of *co-working*, the manufacturing sector can also evolve towards solutions in which space serves as an incubator for complementary activities, favouring the generation of ideas and products and revolutionising in this direction the concept of traditional



re alcune lavorazioni in aree specializzate, recuperando spazi in contesto urbano, nei quali delegare le funzioni di controllo, post vendita e magazzinaggio.

### Conclusioni: La *vertical factory* come soluzione per l'integrazione nel tessuto urbano

In relazione alle caratteristiche contemporanee della fabbrica, è possibile affermare che ci sono i presupposti per stabilire un nuovo paradigma spaziale, organizzativo, finanziario e probabilmente, così come accade nel mondo del terziario, collaborativo. Grazie allo sviluppo delle reti infrastrutturali e ai cambiamenti tipici del settore manifatturiero, è opportuno interrogarsi sulla possibilità di ripensare lo spazio della produzione, nella direzione di una fabbrica urbana verticale (Rappaport, 2015).

I motivi che hanno portato le attività produttive all'esterno delle città, per alcuni settori sono venute meno; la produzione è diventata più pulita e compatta non richiedendo più spazi rettilinei e di grande dimensione. Alcune attività produttive oggi si limitano ad attività di assemblaggio che richiedono uno spazio

factory. Anything as a Service (XaaS) is another trend of the evolved manufacturing world that includes a different conception of the supply chain and consequently of the production plant. The products contain a technology that integrates the life cycle of the object and, alongside the IoT technology, allow a different management of the whole chain.

Think about the disposal of critical product components; the advanced establishments can foresee spaces for the control of the parameters sent by the computer technology of the sensors, to predict exactly when to make available the spare parts, to study and analyse the data and then to intervene on the product in after-sales phase. The management of the spaces, consequently, changes: the control activities take place via monitor and server, as well as the light working in the

consumer and industrial field, requiring dedicated spaces. Currently, the initiatives in place focus mainly on the perspectives on product customization and potential emission savings (IEC, 2015). It is not considered with the same attention the perspective of the impact of these changes on physical spaces. Considering central the rethinking of the spaces for the industry in the modern cities and the potential that can be generated thanks to the technologies, the lightness and the total absence of emissions in the production are the real enablers for the exploitation of verticality and for the generation of an ecosystem that can relegate some processes in specialized areas, recovering spaces in urban context, in which to delegate the functions of control, after sales support and storage.

e probabilmente potrebbero occupare spazi verticali; una parte trainante dell'economia è guidata da settori chiave come la produzione high-tech, servizi (finanza, servizi alle persone, ecc.), o produzioni artigianali come quella per la moda.

Nel suo Rapporto competitività 2018, Istat rappresenta con chiarezza il rapporto tra settori produttivi e innovazione, in particolare individuando alcuni cluster in grado di rappresentare dove si sia determinata la relazione virtuosa tra mondo digitale e produzione industriale.

I cluster più significativi sono così definiti:

- digitali compiute (3%): settori Telecomunicazioni, consulenza informatica, farmaceutica, chimica, elettronica, bevande. Sono aziende medio-grandi che investono in personale molto qualificato innovando processi e prodotti.
- sensibili (9,7%): Bevande, pc, elettronica, ottica, audiovisivi, informatica, altri mezzi di trasporto, studi legali e contabili. Si tratta di aziende medio-grandi, ad elevata patrimonializzazione ed elevata redditività, che investono in professionalità tecniche.

Questi settori spesso hanno un forte contenuto di innovazione soprattutto perché hanno adottato rapidamente le nuove tecnologie digitali e associano alla produzione una forte componente di servizio.

In sintesi, questa soluzione è coerente con una fabbrica leggera, impegnata prevalentemente nell'assemblaggio, che utilizza moderna tecnologia di produzione (robotica, intelligenza artificiale e dispositivi connessi). Inoltre, è pensabile la condivisione degli spazi in questo tipo di strutture, esattamente come accade nei *business district* che vedono coesistere uffici di diverse aziende con spazi e servizi comuni.

#### **Conclusions: The vertical factory as a solution for integration into the urban fabric**

In relation to the contemporary characteristics of the factory, it is possible to state that there are prerequisites for establishing a new spatial, organizational, financial paradigm and probably, as it happens in the tertiary, collaborative world. Thanks to the development of infrastructural networks and changes typical of the manufacturing sector, it is opportune to question the possibility of rethinking the production space, in the direction of a vertical urban factory (Rappaport, 2015).

The reasons that brought the manufacturing activities outside the cities, for some sectors have disappeared; production has become cleaner and more compact, requiring no more straight and large spaces. Some production

activities today are limited to assembly activities that require space and may possibly occupy vertical spaces; a leading part of the economy is driven by key sectors such as high-tech production, services (finance, services to people, etc.), or artisanal productions such as fashion.

In its 2018 Competitiveness Report, ISTAT clearly represents the relationship between production sectors and innovation, in particular by identifying some clusters able to represent where the virtuous relationship between the digital world and industrial production has been determined.

The most significant clusters are defined as follows:

- digital completed (3%): Telecomunicazioni, IT consulting, farmaceutici, chimica, elettronica, bevande. They are medium-large companies that invest in highly

Se pensiamo a questo modello, dobbiamo considerare la relazione tra layout, organizzazione spaziale/funzionale e flussi del processo produttivo. Ogni fabbrica può utilizzare un processo produttivo diverso, generico o specifico. Essenzialmente, è necessario considerare tre elementi: input, trasformazione e output. La gestione dei flussi di materiali e prodotti è la sfida più importante per le infrastrutture di una fabbrica verticale: flusso gravitazionale, dove scivoli e ascensori muovono materiali e prodotti; *loop* di pavimento, dove i processi sono separati su piani; linea di produzione, quando c'è una produzione lineare in tutto l'edificio.

All'interno dell'edificio verticale tutto il materiale dovrebbe essere trasportato in maniera automatizzata dal piano terra agli altri piani fuori terra. Un caso significativo per questo tipo di organizzazione è rappresentato da Seibu Electric co. in Giappone. Seibu Electric utilizza il "Direct Input/Output System" (DIO). Il sistema è composto da centri di lavoro, transfer-machine, robot intelligenti e magazzini automatici; il principio logistico del sistema DIO può essere tradotto, se pensiamo alla costruzione verticale, come un nucleo "intelligente" all'interno di un sistema basato su IoT (Internet of Things). Il layout possibile della fabbrica verticale dovrebbe considerare la relazione tra diversi spazi, così funzionalmente caratterizzati:

Dal punto di vista funzionale la costruzione dovrebbe prevedere tre blocchi principali: uffici, produzione e altre aree (in particolare l'area destinata al pubblico). In questo modo le strutture verticali potrebbero relazionarsi con lo spazio esterno, consentendo alle persone di condividere spazi comuni. Seguendo lo schema della connessione verticale, il movimento delle persone e delle merci tra gli spazi interni degli edifici dovrebbe essere supporta-

qualified personnel by innovating processes and products.

- sensitive (9.7%): drinks, PCs, electronics, optics, audio-visuals, IT, other means of transport, law firms and accounting firms. These are medium-large companies with high capitalization and high profitability, which invest in technical expertise.

These sectors often have a strong content of innovation especially because they have quickly adopted new digital technologies and associate a strong service component to production.

In summary, this solution is consistent with a light factory, mainly engaged in assembly, which uses modern production technology (robotics, artificial intelligence and connected devices). Moreover, the sharing of spaces in this type of structure is conceivable, just as it happens in the business districts that see offices of different companies coex-

ist with common spaces and services.

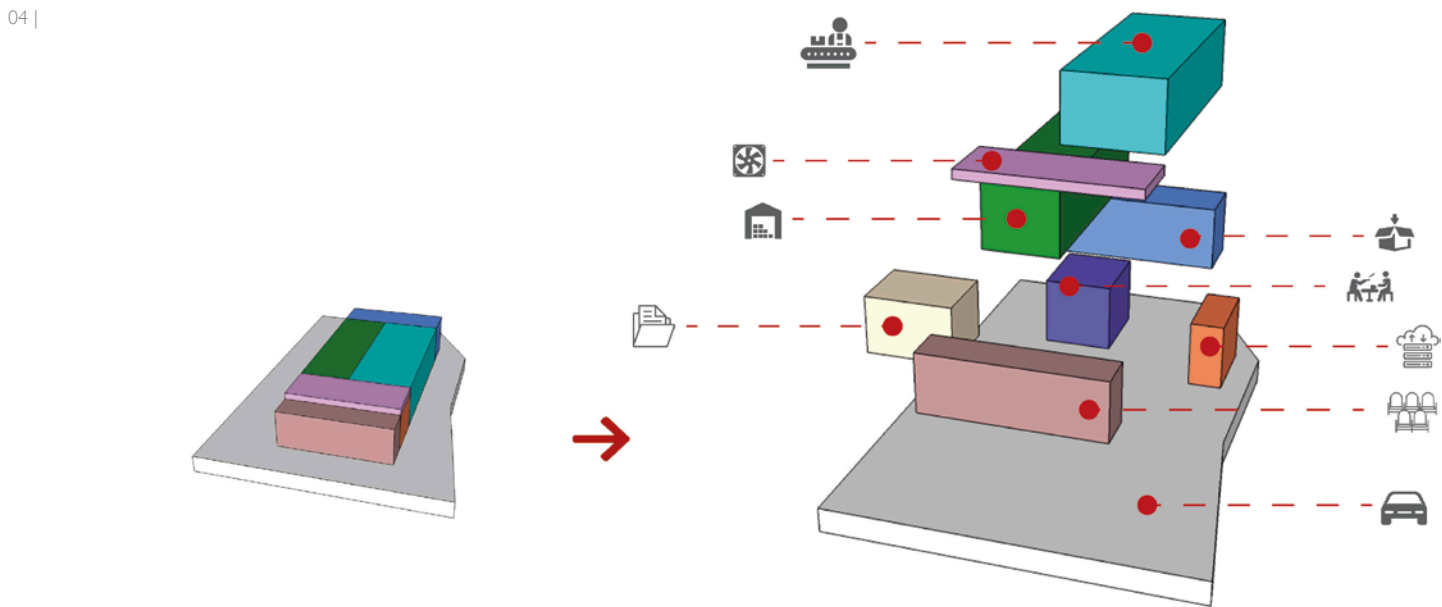
If we think about this model, we must consider the relationship between layout, spatial/functional organization and flows of the production process. Each factory can use a different, generic or specific production process. Essentially, it is necessary to consider three elements: input, transformation and output. The management of material and product flows is the most important challenge for the infrastructures of a vertical factory: gravitational flow, where slides and elevators move materials and products; floor loops, where processes are separated on floors; production line, when there is a linear production throughout the building.

Inside the vertical building all the material should be transported in an automated way from the ground floor to the other floors above ground. A

03 | Suddivisione funzionale possibile della fabbrica verticale e prime indicazioni di layout (elaborazione degli autori)  
Possible functional subdivision of the vertical factory and first layout indications (elaboration by the authors)

04 | Le funzioni tipiche di uno stabilimento produttivo e loro tradizionale collocazione (elaborazione A. Sanna)  
The typical functions of a production plant and their traditional location (elaboration by A. Sanna)

<b>ATRIO</b>	Spazio che rappresenta il primo approccio all'edificio, l'ingresso principale.
<b>IMPIANTO MECCANICO</b>	Fornisce risorse per tutto l'edificio (HVAC, elettrico, acqua). Dovrebbe essere collegato principalmente con le aree stoccaggio e spazi di lavoro (assemblaggio, produzione e laboratorio).
<b>UFFICI</b>	Ospitano le attività amministrative e manageriali.
<b>CONSERVAZIONE/STOCCAGGIO MERCI</b>	È l'area del magazzino; uno spazio contenuto (buona parte delle merci possono essere affidate a società esterne per lo stoccaggio e la distribuzione) che dovrebbe essere ben collegato con l'area di lavoro.
<b>CAFFETTERIA/BAR</b>	Eventualmente aperti alla vendita al dettaglio, galleria ed esposizione prodotti. Si tratta di spazi proposti per il pubblico e dovrebbero avere una connessione con l'ingresso dell'edificio.
<b>LABORATORI</b>	Spazi destinati allo studio, al lavoro di gruppo e alla prototipazione. Dovrebbe essere collegato al posto di lavoro e agli uffici.
<b>SERVER</b>	Non è necessario pensare a server fisici all'interno dell'edificio poiché i dati possono essere oggi facilmente gestiti in outsourcing (data center).
<b>PRODUZIONE/MONTAGGIO</b>	Questi spazi devono essere opportunamente collegati tra loro e con il magazzino.

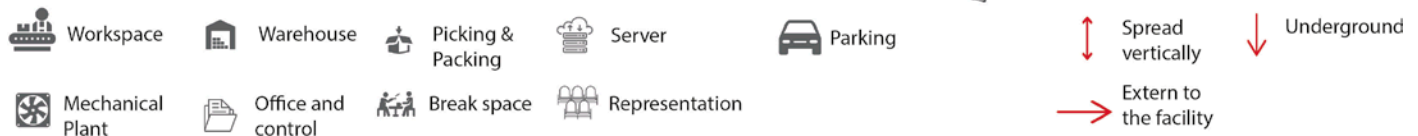
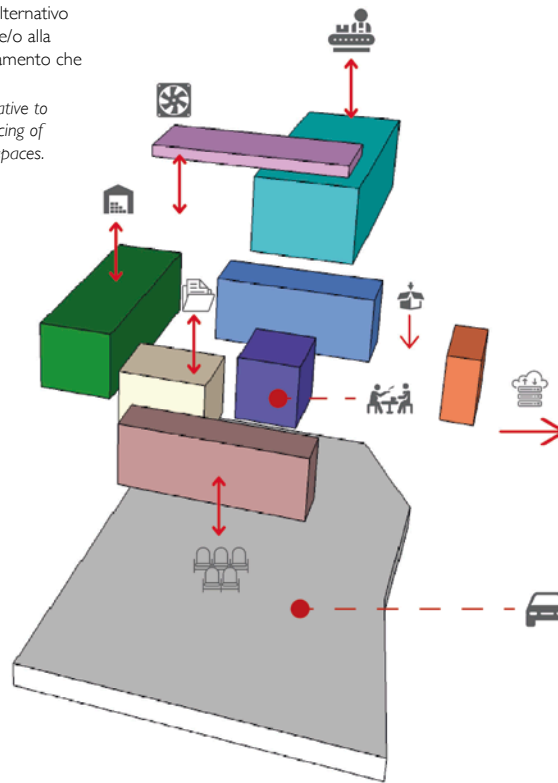


 Workspace   
  Warehouse   
  Picking & Packing   
  Server   
  Parking  
 Mechanical Plant   
  Office and control   
  Break space   
  Representation



05 | Una ipotesi di riallocazione delle aree funzionali con un criterio distributivo alternativo a quello tradizionale; questa soluzione è possibile grazie a un accorpamento e/o alla esternalizzazione di alcune attività e costituisce un primo esempio di accorpamento che porta a compattare alcuni spazi (elaborazione A. Sanna)

*A hypothesis of reallocation of functional areas with a distributive criterion alternative to the traditional one. This solution is possible thanks to a shortening and/or outsourcing of some activities and is a first example of a shortening that leads to shrink some spaces. (elaboration by A. Sanna)*



to dal nucleo centrale che abbiamo descritto. Sulla base di questi tre blocchi è possibile definire i presupposti per uno studio più approfondito che permetta di fare qualche ulteriore riflessione relativa alle ipotesi di layout e suddivisione funzionale. I nuovi sistemi di produzione richiedono uno spazio inferiore a quello tradizionale. Robot collaborativi, stampa 3D e veicoli automatizzati rappre-

sentano una prerogativa delle tecnologie che caratterizzano l'industria 4.0. Inoltre, lo spazio richiesto dovrebbe essere aperto senza partizioni interne o vincoli particolari, anche per favorire la relazione con i clienti; la presenza di spazi espositivi che possano raccontare la storia dell'azienda, spazi commerciali o spazi aperti al pubblico ha questo significato. Nella fabbrica sviluppata verticalmente il magazzino deve essere

significant case for this type of organization is represented by Seibu Electric co. in Japan. Seibu Electric uses the "Direct Input / Output System" (DIO). The system consists of work centers, transfer machines, intelligent robots and automated warehouses; the logistical principle of the DIO system can be translated, if we think of vertical construction, as an "intelligent" core within a system based on IoT (Internet of Things). The possible layout of the vertical factory should consider the relationship between different spaces, so functionally characterized: From a functional point of view the construction should include three main blocks: offices, production and other areas (in particular the area designed for the public). In this way, the vertical structures could relate to the external space, allowing people

to share common spaces. Following the pattern of vertical connection, the movement of people and goods between the interior spaces of buildings should be supported by the central core we have described. On the basis of these three blocks it is possible to define the conditions for a more in-depth study that allows us to make some further reflections on the hypothesis of layout and functional subdivision. The new manufacturing systems require less space than the traditional one. Collaborative robots, 3D printing and automated vehicles represent a prerogative of the technologies that characterize the 4.0 industry. Moreover, the space required should be open without internal partitions or particular constraints, also to favour the relationship with the customers; the presence of exhibition spaces that can tell the story

of the company, commercial spaces or spaces open to the public has this meaning. In the vertically developed factory, the warehouse must be located in the basement. In production activities for which this type of layout is possible, the actual production is based on the Just in Time model, so this space can be contained. The concentration of activities in a single building of small dimensions is a reality for many companies that need to effectively connect administrative and control offices, production / assembly, showrooms / commercial spaces. It is necessary to think of a multi-purpose building, equipped with offices, laboratories, meeting spaces, fast connections to the outside. A building model that guarantees high performance, promotes processes, concentrates activities.

The table below summarizes the characteristics of some Austrian cases, considered significant because they present interventions related to the production plant, in one case exploiting the vertical nature of the functions. The cases indicate that the vertical development of the functions of a company (also and above all of production) is possible and is integrated with two other types of intervention: the intervention on the building for energy efficiency, the re-localization in the city center to obtain the environmental benefits that only the urban fabric can provide and at the same time determine a positive effect on the company image. The vertical company is more efficient because it uses the ground in a more rational way and is better suited to urban spaces. Investments in buildings can offset an increase in indirect costs related to location in

collocato al piano interrato. Nelle attività produttive per le quali questo tipo di layout è possibile la produzione vera e propria è basata sul modello Just in Time, pertanto questo spazio può essere contenuto.

La concentrazione delle attività in un singolo edificio di dimensioni contenute è una realtà per molte aziende che hanno necessità di collegare tra loro in maniera efficace uffici amministrativi e di controllo, produzione/assemblaggio, show room/spazi commerciali. È necessario pensare a un edificio multifunzione, dotato di uffici, laboratori, spazi per meeting, connessioni con l'esterno veloci.

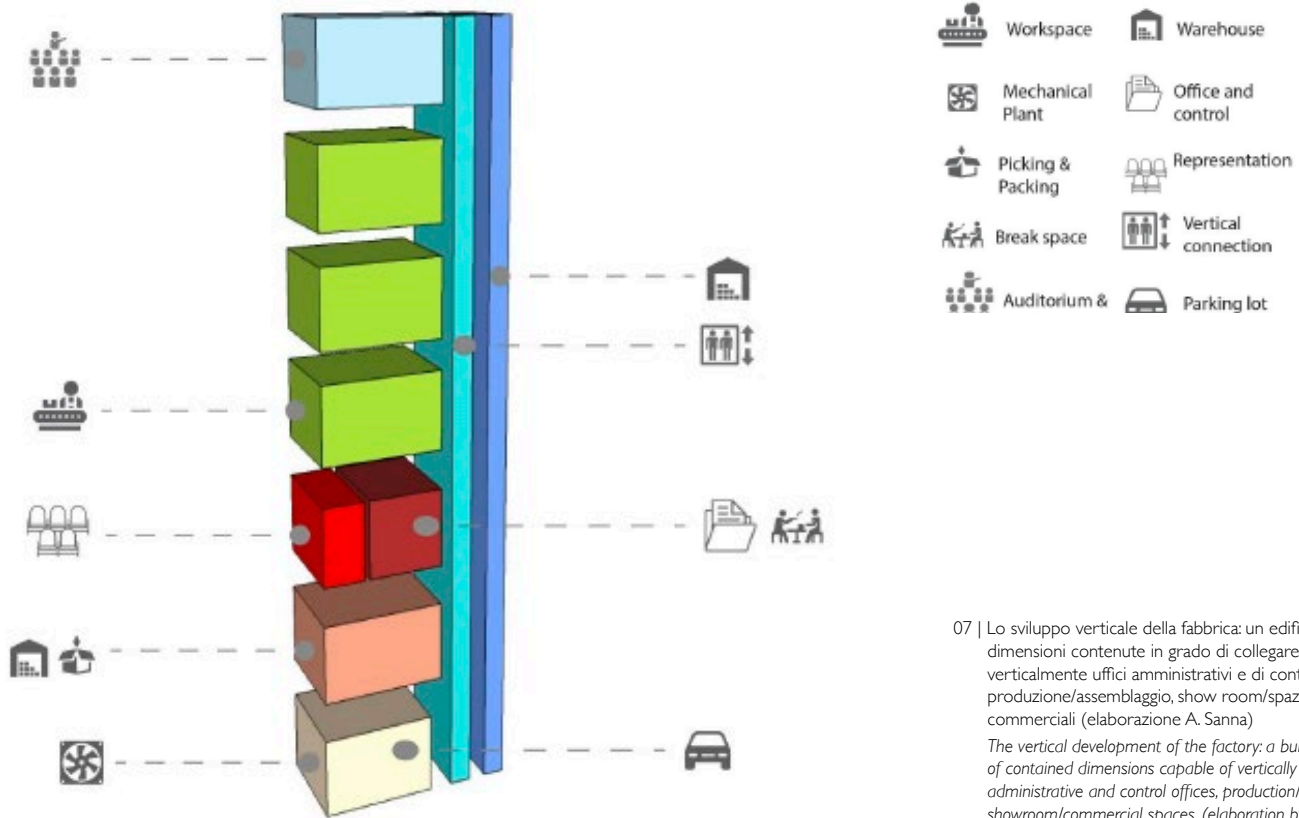
Un modello di edificio che garantisce elevate prestazioni, favorisce i processi, concentra le attività.

La tabella che segue riporta sinteticamente le caratteristiche di alcuni casi austriaci, considerati significativi poiché presentano interventi relativi allo stabilimento produttivo, in un caso sfruttando la verticalità delle funzioni. I casi indicano che lo sviluppo in verticale delle funzioni di una azienda (anche e soprattutto di quelle produttive) è possibile e si integra con altre due tipologie di intervento: l'intervento sul costruito per l'efficientamento energetico, la ri-localizzazione in centro città per ottenere i benefici ambientali che solo il tessuto urbano può fornire e contestualmente determinare un effetto positivo sull'immagine dell'azienda. L'azienda verticale è più efficiente perché utilizza il suolo in maniera più razionale e si adatta meglio agli spazi cittadini. Gli investimenti sul costruito possono compensare un aumento

06 |

AZIENDA	INTERVENTI SULLA SEDE	SVILUPPO	CONSIDERAZIONI CRITICHE PER LA LOCALIZZAZIONE E L'INTEGRAZIONE
<b>Henkel, settore chimico, Vienna, Austria</b>	Ampliamento delle strutture urbane attraverso: impiego di alta tecnologia, installazione di barriere antirumore, razionalizzazione del lavoro per piani, sfruttamento di emissioni di calore per la produzione di energia	Sviluppo della fabbrica in verticale e integrazione del progetto di ri-localizzazione con il programma corporate di <i>corporate sustainability</i>	Disponibilità di lavoratori qualificati, vicinanza ai fornitori di beni e servizi, accesso agli istituti di formazione e ricerca come driver che spingono alla ri-localizzazione in città per migliorare le performance del core business e il profilo di sostenibilità d'impresa
<b>Manner, settore dolciario, Vienna, Austria</b>	Ottimizzazione dell'utilizzo del calore residuo del CHP (acqua di raffreddamento, gas di scarico) come acqua calda per il calore di processo, sistema di refrigerazione ad assorbimento e riscaldamento) - Vendita del calore in eccesso per il Teleriscaldamento - Ottimizzazione energetica - Ottimizzazione del sistema di refrigerazione	Localizzazione della funzione uffici in centro città e miglioramento energetico dello stabilimento produttivo (attraverso il recupero degli spazi lasciati liberi dalla localizzazione degli uffici in <i>prime-location</i> )	L'azienda è caratterizzata a livello di immagine con "l'essere Viennese", riportare la sede in città ha rafforzato il legame territoriale con l'azienda. Gli interventi di ottimizzazione hanno permesso un risparmio notevole di energia (2.366.200 kWh/anno) e CO2 (1000 tonnellate/anno), rendendo conveniente la localizzazione cittadina, segno che l'investimento sul costruito può essere un fattore attivante, aiutando ad assorbire un aumento di costi in città.
<b>Staud's, settore alimentare (conserva), Vienna, Austria</b>	Separazione delle funzioni: Small Factory (un piccolo plant di produzione cittadino) e <i>Staud's pavilion</i> dedicato alla vendita e alla didattica	Produzione e vendita in due spazi differenti in città, ben caratterizzati e integrati con il tessuto urbano	L'azienda storica è legata alla città per tradizione e per vicinanza al mercato di riferimento, aspetto che viene valorizzato in epoca moderna





l'impatto finanziario con una maggiore sostenibilità e in qualche caso una maggiore efficienza.

Questo approccio potrebbe favorire un ri-localizzazione urbana, assimilando nella sostanza edifici produttivi a edifici destinati al terziario. Un fenomeno che possiamo osservare in Austria, dove un'azienda, La Manner, sebbene avesse due stabilimenti in zone rurali dell'Austria in cui c'è molta disponibilità di spazio e le tasse sono inferiori, ha deciso di investire per riportare la sede a Vien-

the city, combining financial impact with greater sustainability and in some cases greater efficiency.

This approach could foster an urban re-localization, assimilating in substance production buildings to buildings destined for the tertiary. A phenomenon that we can be observed in Austria, where a company, the Manner, although it had two establishments in rural areas of Austria where there is a lot of space and taxes are lower, decided to invest to return the HQ in Vienna. In addition to the case of La Manner, also in Austria, companies such as Staud's and Henkel aim to enlarge urban structures and the consequent production through the use of high technology. Also in the USA, there is a general sharing that aims to generate useful conditions for a return of productive activities in cities with strong industrial tradition (The brook-

ing Institution, 2017). Premises and experiences that stimulate insights and must promote a debate in our country as well.

so de La Manner, sempre in Austria, aziende come Staud's e Henkel mirano ad un ampliamento delle strutture urbane e della conseguente produzione anche attraverso l'impiego dell'alta tecnologia. Anche negli USA, si assiste a una generale condivisione che punta a generare condizioni utili a un ritorno delle attività produttive nelle città a forte tradizione industriale (The Brookings Institution, 2017). Premesse ed esperienze che stimolano approfondimenti e devono promuovere un dibattito anche nel nostro Paese.

## REFERENCES

- Abrahamson, S., Ryder, P. and Unterberg, B. (2013), *Crowdstorm: The Future of Innovation, Ideas, and Problem Solving*, John Wiley and Sons Inc., NY.
- Bernhard, M., Otthein, H. and Eiermann, K. I. (2014), *Advanced Manufacturing Industry 4.0 and Urban Development*, Bonn, Giz.
- Blanchard, O. (2006), European unemployment: the evolution of facts and ideas, *Economic Policy*, 1 January, 21(45), pp. 6-59.
- Bluestone, B. and Harrison, B. (1982), *The Deindustrialization of America: Plant Closing, Community Abandonment, and the Dismantling of Basic Industry*, Basic Books, NY.
- Bolisani, E. and Scarso, E. (1996), International manufacturing strategies: experiences from the clothing industry, *International Journal of Operations and Production Management*, 16(11), pp. 71-84.
- Boone, T., Johnson, S.P., Sisk, M. and Whybark, D.C. (1996), An analysis of research on international operations networks, *International Journal of Production Economics*, Vol. 46, pp. 477-488.
- Chikán, A. and Demeter, K. (1996), Services provided by manufacturing The Hungarian case, *International journal of production economics*, Vol. 46 , pp. 489-496.
- Dunning, J.H. (1993), *Multinational enterprises and the global economy*, Addison-Wesley, Wokingham, England.
- IEC PAS 63088 (2017), *2017 Smart manufacturing – Reference architecture model industry 4.0 (RAMI4.0)*, S.I. International Electrotechnical Commission.
- IEC (2015), *Factory of the Future*, International Electrotechnical Commission, Geneva.
- Kagermann, H. and Helbig, W.W.A.J. (2013), *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, S.I. ACATECH.
- Kitson, M. and Michie, J. (2014), *The de-Industrial revolution: the rise and fall of UK manufacturing, 1870–2010*, S.I. Cambridge University Press.
- Kollmeyer, C. (2009), Explaining deindustrialization: how affluence, productivity growth and globalization diminish manufacturing employment, *ASJ*, 114(6), pp. 1644-1674.
- Kollmeyer, C. (2013), *Is deindustrialization causing high unemployment in affluent countries? Evidence from 16 OECD countries, 1970–2003*. S.I. Soc. Forces.
- Kutscher, R.E. and Personick, V.A. (1986), Deindustrialization and the shift to services, *Monthly Labor Review*, Jun, Vol. 109, pp. 3-13.
- Lee, D.W., Lim, H.S. and Shim, W.S. (2009), Core Factors governing manufacturing procedures and systems 1910-1923, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*.
- Lee, K.Y., Roh, M.I. and Jeong, H.S. (2005), An improved genetic algorithm for multi-floor facility layout problems having inner structure walls and passages, *Computers and Operations Research*, 32(4), pp. 879-899.
- Mehraein, V. and Evgenievich Kyuchukov, A. (2017), *Labour and automation in reshoring*, Jonkoping University, Jonkoping.
- Moran, S. (2017), *Process plan layout*, S.I. Butterworth-Heinemann.
- Rappaport, N. (2015), *Vertical urban factory*, Actar Publishers, NY.
- Shanshan, Z. et al. (2017), Robust Facility layout design under uncertain product demands, *Procedia CIRP*, Issue 63 , pp. 354-359.
- Shwab, K. (2015), The fourth industrial revolution: what it means and how to respond, *Foreign Affairs*, Dec.
- Stephen, M. et al. (2017), The Maker movement and urban economic development, *Journal of the American Planning Association*, 83(4), pp. 365-376.
- The Brooking Institution (2017), *Restoring prosperity*, The Brooking Institution, Washington D.C.
- Van Neuss, L. (2018), Globalization and deindustrialization in advanced countries, *Structural Change and Economics dynamics*, June, Vol. 45, pp. 49-63.
- Vareecke, A. and Van Dierdonck, R. (2002), The strategic role of the plant: Testing Ferdows's model, *International Journal of Operations and Production Management*, 5(22), pp. 492-514.