

# Lean construction applied to a BIM process: how to control point attribution in MEAT tender process

Giuseppe M. Di Giuda, Valentina Villa\*, Paolo E. Giana,  
Lavinia Chiara Tagliabue, Angelo Luigi Camillo Ciribini

## Highlights

In AEC sector Lean Construction embodies the true optimization, which could be realized only in a BIM environment.

## Abstract

Lean Construction (LC) and Building Information Modelling are the two methodologies linked by the same objectives. The former is an industrial optimization, which want to achieve the aim of performance increasing with the application to the AEC industry. These two concepts led Melzo school tender process writing. There are huge differences from a traditional process approach compared with BIM one, which leads project to a coherence high level. A deep LC principles understanding entail a distribution of the point to the different categories. The importance of LC criteria, in terms of points, imposes to the companies a change in the mind-set, from a lowest bid approach to a performance one. The study is based on the analysis of the responses to the case study procurement. Different competitors answer differently in function of Lean principles weight and their knowledge. The change in the state of mind leads the companies to offers value. In some cases, even if, many points were not able to change their behaviour. The behaviour' modification will be a difficult transformation for the AEC sector.

## Keywords

Lean Construction, BIM, Most Economically Advantageous Tender, Public Procurement

## 1. INTRODUCTION

Lean Construction (LC) methodology has the aim to reduce waste of resources and it is able to joint all the effort in obtaining an optimized result. LC is one of the major development in management and on the other side, Building Information Modelling is the main revolution in AEC field. These two subject are strictly connected, in particular, European directive 23, 24 and 25/2014 were inspired by LC methodology. They have the aim to increase freedom in the choice of the authorities (i.e. MEAT) [1], but in the meanwhile asking more skills empowering them. The European directive 24/2014 has the scope to (i) procedural simplification, (ii) reducing fragmentation of the contracting authority and (iii) estimation of the ratio of qualitative to price. A few into all these future measures will concern Building Information Modeling (BIM),

### Giuseppe M. Di Giuda

*DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito, via Ponzio 31, Milano, 20133, Italia*

### Valentina Villa

*DISEG - Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, corso Duca degli Abruzzi 24, Torino, 10129, Italia*

### Paolo E. Giana

*DABC - Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito, via Ponzio 31, Milano, 20133, Italia*

### Lavinia Chiara Tagliabue

*DICATAM - Dipartimento Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica, Via Branze 43, Brescia, 25123, Italia*

### Angelo Luigi Camillo Ciribini

*DICATAM - Dipartimento Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica, Via Branze 43, Brescia, 25123, Italia*

\* Corresponding author  
e-mail:valentina.villa@polito.it

which was introduced in art. 23 c. 13 of D.Lgs. 50/2016 [1]. It was translated by the Italian legislator with the expression «methods and electronic instrument, through open format, not proprietary» this use is so close to the original one, Dir. 2014/24/UE [2], art 22 c.4, which expressed as «...specific electronic tools, such as of building information electronic modelling tools», Building Information Modelling is not just a software but, in reality, it is a process of thinking. This process is characterized by a strong partnership between the employer, on one hand, and all the suppliers and bidders (i.e. suppliers, designers, constructors, facility manager and everyone who is involved in the process), on the other. Through these methodologies, we could achieve an analytical and objective observation of the project.

## 2. STATE OF THE ART

Lauri Koskela defined [3] LC as a way to design production systems to minimize waste of materials, time, and effort in order to generate the maximum possible amount of value. This principle acted as a new methodology for construction; in particular, it was continually developed by the International Group for Lean Construction. This methodology is based on the Theory of Production (TP) [4] optimization, which is an economic process of converting inputs into outputs [5], it is divided in three possible action (i) design, (ii) control and (iii) improvement. All the actions have to let the firm to achieve the production of the goods, minimize cost of production - but always guarantee quality - and allow correct realization of the product. The application of the theory to any kind of industry will lead to the performances improvement. Lean Construction is based on increasing building value, optimizing workflow and improving the whole instead of the parts. The first, who truly embodied the lean process in an industry, was John Krafcik with the aim of eliminating waste from the process. The novelty of his work was not in the identification of three separate concepts of construction production, but the proposal that proper construction theory must integrate all three - Transformation-Flow-Value (TFV). This means that good theory must describe fundamental principles for designing, executing and improving construction processes for the purpose of maximizing value for customer with minimized waste.

The starting point for his theory as well as for many other concepts, such as an agile management in software engineering [6], was the Toyota Production System (TPS). However, over time academics in Lean construction have pulled in various other concepts and new methodologies and tools have been developed, including the Last Planner System (Trademark of Lean Construction Institute, US) as the most prominent one [3]. If we approach to

### 1. INTRODUZIONE

*La metodologia Lean Construction (LC) ha lo scopo di ridurre lo spreco di risorse ed è in grado di coniugare tutti gli sforzi per l'ottenimento di un risultato congiunto ed ottimizzato. Si può affermare che la LC sia uno dei maggiori sviluppi nella gestione, mentre la modellazione informativa (BIM) sia la principale rivoluzione nel comparto delle costruzioni (AEC). Questi due temi sono strettamente interconnessi, in particolare le Direttive Europea 23, 24 e 25/2014 sono state ispirate dalla metodologia LC. Hanno lo scopo di aumentare la libertà nella scelta delle autorità (ad esempio OEPV) [1], ma nel frattempo chiedono maggiori competenze alle amministrazioni che le autorizzano. La direttiva europea 24/2014 ha lo scopo di: (i) semplificazione procedurale, (ii) riduzione della frammentazione dell'amministrazione e (iii) considerazione del rapporto qualità/prezzo dell'opera. Alcune tra queste misure concernono il Building Information Modeling (BIM), che è stato introdotto nell'art. 23 c. 13 del D.Lgs. 50/2016 [1]. Tale concetto è stato tradotto dal legislatore italiano con l'espressione «metodi e strumenti elettronici, attraverso un formato aperto, non proprietario», l'espressione utilizzata è abbastanza vicina a quella del legislatore, Dir. 2014/24/UE [2], art. 22 c.4, il quale si esprime come "... strumenti elettronici specifici come la Modellazione Informativa elettronica", tuttavia va sottolineato che Building Information Modeling non è solamente un software ma, in realtà una metodologia, un processo di pensiero caratterizzato da una profonda collaborazione tra il datore di lavoro, da un lato, e tutti i fornitori e offerenti dall'altro (ad esempio: fornitori, progettisti, costruttori, gestori dell'impianto e tutti coloro che sono coinvolti nel processo). Attraverso queste metodologie potremmo ottenere un'osservazione analitica, coerente ed obiettiva del progetto.*

### 2. STATO DELL'ARTE

*Lauri Koskela [3] ha definito la LC come una metodologia per la progettazione di sistemi di produzione per ridurre al minimo gli sprechi di materiali, di tempi e sforzi per generare la massima quantità possibile di valore. Questo principio ha agito come una nuova metodologia per la costruzione, in particolare è stato continuamente sviluppato dall'International Group for Lean Construction. Questa metodologia si basa sull'ottimizzazione della Teoria della Produzione (TP) [4], la quale teorizza un processo economico di trasformazione degli input in output [5], attraverso tre passaggi successivi (i) progettazione, (ii) controllo e (iii) miglioramento. Tutte le azioni devono consentire all'impresa di realizzare la produzione del componente, di ridurre al minimo i costi di produzione - ma sempre garantendo qualità - e consentire una corretta installazione del prodotto stesso. L'applicazione di suddetta teoria a qualsiasi tipo di industria porterà al miglioramento delle prestazioni. La Lean Construction si basa sull'aumento della crescita del*

construction from a point of view of an economist, we could see it as a just another kind of production. In this way, AEC could benefit from LC principles, in fact, it is an optimization of the entire workflow and choices. This idea leads him saving on different aspects and in the last period, this process, which is being expounded upon and examined in depth, is closely related to BIM.

### 3. METHODOLOGY

According to Koskela [3] have shown that some LC principles can be applied to AEC industry. According to Sacks [7], main Lean Principles categories are (i) flow process, (ii) value generation process (iii) problem solving and (iv) developing partners, later on, Sacchi [8] continued his work and he individuated and divided the main principles of Toyota Production System (TPS).

Lean Construction impose a defined choices based on the optimization [9] of a starting point. The researchers used the project, which was the base in the bid, as a starting point, from which constructor could introduce improvement focusing their attention on different aspects. One of the main mind-change, that the new Italian tender law [1] introduced, is the ration of quality to price [10], this concept evaluates a project not on his own quality, but relates it to its price. Research team drew inspiration for the preparation of criteria used for the MEAT (Most Economically Advantageous Tender) [11] contractor's selection in construction contract of a new primary school for about 500 students in the town of Melzo, Milan (Italy), which works amount is about 5 M€ [12] [13] [14]. A year later the tender process, ANAC (Autorità Nazionale Anticorruzione) produced a guideline [15], which describes how to deal with MEAT processes according to the same European directive on which we based the tender

One of the most important change hosted during the tender phase was the introduction of Building Information Modelling [16]. This methodology allowed us to export all the tender documents. The use of parameters in project objects let us to understand the impact of a choice on the project. In particular in the early stages, before tender, design optioneering methods allowed us to determine where put the stress with MEAT scores [17], in this way the project was developed also according to ITACA guideline [18].

The procurement process is based (see Table 1) on (i) quantitative criteria (ii) qualitative criteria ascribable to qualitative classes (iii) qualitative subjective criteria and (iv) additional qualifications [5]. Such requests are intended to help in achieving an added value for the various stakeholders whether the owner, the Public Administration or other parties involved, increasing performance

*valore, ottimizzando il flusso di lavoro e migliorandone il complesso e non le singolarità. Il primo personaggio, che veramente incarnava il processo in un settore, era John Krafcik con l'obiettivo di eliminare gli sprechi dal processo industriale. La novità del suo lavoro non è stata l'identificazione di tre concetti distinti della produzione costruttiva, ma la proposta che una corretta teoria delle costruzioni deve integrare tutti e tre i valori di trasformazione-flusso-valore (TFV). Ciò significa che una buona teoria deve descrivere i principi fondamentali per la progettazione, l'esecuzione e il miglioramento dei processi costruttivi al fine di massimizzare il valore per il cliente con minimi sprechi.*

*Il punto di partenza per la sua teoria e per molti altri concetti, come l'agevole gestione attraverso il software engineering [6], è stato il Toyota Production System (TPS). Tuttavia, nel tempo, nell'accademia la Lean Construction è stata spesso sviluppata e soggetto di interesse tramite lo sviluppo di nuove metodologie e strumenti, tra i quali si può ricordare, tra i vari, il sistema di pianificazione (Trademark of Lean Construction Institute, Stati Uniti) [3]. Se ci avviciniamo al mondo delle costruzioni utilizzando il punto di vista di un economo, possiamo scambiarlo per un'industria con un altro tipo di produzione. In tal senso, AEC potrebbe beneficiare dei principi LC, infatti è un'ottimizzazione dell'intero flusso di lavoro e delle scelte. Questa idea porterebbe a risparmiare su aspetti diversi e, nell'ultimo periodo, questo processo potrebbe esser pienamente integrato con la metodologia BIM, con la quale è strettamente legato.*

### 3. METODOLOGIA

*Koskela [3] ha dimostrato che alcuni principi LC possono essere applicati al comparto AEC. Secondo Sacks [7], le principali categorie dei principi Lean sono (i) processi di flusso, (ii) processi di generazione del valore (iii) problem solving e (iv) creazione di alleanze; successivamente, Sacks [8], continuando il lavoro precedente, ha individuato e diviso i principi fondamentali del sistema di produzione Toyota (Toyota Production System, TPS).*

*Lean Construction impone una scelta che come canone si fonda sull'ottimizzazione [9] di un progetto base. Il team di ricerca ha utilizzato il progetto posto a base di gara come punto di partenza, da cui l'impresa avrebbe potuto introdurre miglioramenti ponendo la loro attenzione su differenti aspetti. Uno dei principali cambiamenti di approccio che la nuova legge italiana di gara [1] ha introdotto è il concetto del rapporto qualità/prezzo [10], tale pensiero valuta un progetto non sulla sua sola qualità, ma lo riferisce anche al suo prezzo. Il team di ricerca ha ispirato la preparazione dei criteri utilizzati per la OEPV (Offerta Economicamente Più Vantaggiosa) [11] per la selezione del contraente del contratto di costruzione di una nuova scuola primaria, per circa 500 studenti del comune di Melzo, Milano. L'importo a base di gara è di circa 5 M€ [12] [13] [14]. Circa un anno dopo la pubblicazione di questo bando ANAC (Autorità Nazionale*

and reducing risk, without - however - to request a surplus commitments and loans compared the real work needs.

#### 4. CASE STUDY

The case study applied LC principles before explained to a tender process to evaluate the constructor. The BIM process constituted a solid base on which the team made further development. During the tender process, a BIM model was not mandatory, but the project team decided to continue using this methodology. In particular, people and goods movements' reduction is one of the LC methodology cardinal points – in terms of optimization of the workflow - and it has greatly influenced the Melzo primary school call for bids. The philosophy consequences can be pinpointed in many instances, such as the A.2.1 criterion. It requires an evaluation of the distance between the individual articles manufacture location and their site placement.

Four classes were chosen based on the source of the construction products; the score is inversely proportional to the distance from the construction site place. According to LC philosophy, we identified the environmental requirements and asked for the certification, both for the company and for the products (A.3 criterion) and this in accordance with the UNI EN ISO 14001. The certification claim has the strengthening purpose of the stakeholders' confidence in the company's environmental management system ensuring a limited impact on pollution, legal requirements fulfilment and a continued commitment to improve environmental performance.

A further judgment's criterion content in the LC is constituted by the maintenance centre proximity for the plant component (B.2). This choice also implies a management costs reduction, thus a considerable saving in terms of both costs and intervention time, allowing a greater satisfaction of the needs and expectations of the end user. In the same way, the intelligent use of goods (B.4), both in term of energy and water consuming and health and safety of the firms (C.1) were used as parameters for the contractor evaluation. The former impacts on the energy needs of the complex and the latter on health and workers' protection through specific procedures at working place. Also different type's procedures of waste management (C.2.3) were evaluated: (i) the waste has been divided into four categories, reusable, recycled and disposed, which is divided into dangerous and not.

This set of criteria was used to prepare the BIM model and it is subsequently exported under technical offer, through evaluation grids, for the determination of scores attributed to each participant in the tender for the contract award. The method provided, called “aggregativo compensativo” in Italian law, has

*Anticorruzione) ha prodotto una linea guida [15] la quale descrive come trattare le gare ad OEPV basandosi sulla medesima Direttiva Europea su cui abbiamo basato l'offerta.*

*Uno dei cambiamenti più importanti introdotto nella fase dell'appalto è stata l'introduzione del Building Information Modeling [16]. Questa metodologia ci ha consentito di esportare tutti i documenti di pre-gara. L'utilizzo di parametri negli oggetti del progetto ci consente di comprendere l'impatto di una scelta sullo stesso. In particolare nelle fasi iniziali, prima dell'offerta, i metodi di Design Optioneering, hanno permesso la determinazione dell'importanza del punteggio inserito nell'OEPV [17], in questo modo il progetto è stato sviluppato, anche secondo la linea guida ITACA [18].*

*Il processo di appalto è basato (i) criteri quantitativi, (ii) criteri qualitativi riconducibili a classi qualitative, (iii) requisiti qualitativi di natura soggettiva e (iv) requisiti aggiuntivi (vedasi riferimenti a Tabella 1) [5]. Tali richieste mirano a contribuire al raggiungimento di un valore aggiunto per stakeholders interessati nel processo, ovvero la Committenza, la Pubblica Amministrazione o altre parti coinvolte, aumentando le prestazioni e riducendo il rischio, pur senza tuttavia richiedere un impegno economico o tempistico maggiore rispetto alle esigenze reali del lavoro.*

#### 4. CASO STUDIO

*Il caso studio ha applicato principi della LC prima di spiegare come si è giunti alla redazione del processo di gara per la valutazione del contraente. Il processo BIM costituiva una base solida su cui la squadra ha sviluppato ulteriormente. Durante il processo di gara un modello BIM non era obbligatorio, ma il team di progetto ha deciso di continuare a utilizzare questa metodologia. La riduzione dei flussi è uno dei punti cardine della LC ed ha fortemente influenzato il bando della scuola primaria di Melzo per l'aspetto concernente gli spostamenti di persone e beni. I riflessi di tale filosofia si possono individuare in particolare nella identificazione del criterio A.2.1, nel quale viene valutata la distanza tra la località di produzione dei singoli manufatti e il sito di collocamento in opera dei medesimi. Rispetto a questo argomento sono state scelte quattro classi che attribuiscono, in funzione della provenienza del manufatto, un punteggio inversamente proporzionale alla distanza del luogo di collocazione. Secondo la medesima filosofia sono stati individuati i requisiti ambientali, che devono essere posseduti e certificati, sia per l'impresa sia per i prodotti (criterio A.3) e ciò in conformità con la UNI EN ISO 14001. La pretesa di tale certificazione ha lo scopo di accrescere la fiducia degli stakeholder nel sistema di gestione ambientale dell'impresa garantendo un limitato impatto in materia di inquinamento, un soddisfacimento dei requisiti legali e un continuo impegno nel migliorare le performance ambientali. Un ulteriore criterio di giudizio (B.2) contenuto nella LC è costituito dalla vicinanza o meno di un centro di manutenzione per la componente*



allowed a selection discriminating factor in disfavour of the companies which have considered minor improvements or different selection of materials based on the Lean criteria.

According to some studies made [19] BIM models are of great in helping and making more transparent the procurement management, especially with the increasing of their complexity. In this sense, Brynjolfsson and Hitt [9] state that the implementation of these processes requires changes both technological and in the procedures, which will produce economic returns in the short to medium term. These concepts, reaffirmed by Lindblada [20] emphasize that both methodological changes and management ones will have reflection both on procurement management and, also, on their criteria. The project, about the Melzo public building construction, as mentioned, was made with BIM methodology, in other words using an integrated design and conceptual methodology. The model included, therefore, all the graphics and non-graphical. It was possible to extract all the project outputs – such as building plans, sections, documents like quantity take-off or also performance specifications - as well as the offer sheets directly from the BIM model.

Because the project is a school, so a public space, the aim was the building performance improving to make it more efficient, it has been paid particular attention to the envelope performance, on MEP and HVCA, on hygiene and resources management during the building use phase. Further aspects, on which we focused on, were the materials maintainability and the technological solutions offered, as well as scheduled architectural and MEP systems maintenance.

These targets, identified at the tender process beginning and their proximity to the LC have imposed a criteria division as shown in Table 1. These principles may be divided into five categories: (a) the overall system optimization through the common targets' identification, (b) the continuous improvement to reach the implementation of the final quality, (c) the creation of workflows for the systematic elimination of waste, (d) the fulfilment of customer requirements and (e) the quality increasing of the final good. In the model, each sub-criterion was described in a comprehensive and timely manner, the rules for granting the scores have been indicated, the formulas and the award criteria explained. The purpose of this choice stems from the principles of transparency, non-discrimination and equal treatment. The scores attributed to the individual parties are such as not to affect the reliance object.

The offers by companies must not lead to additional costs for the contracting authority, but must offer improvements from a management point of view, quality and reliability of the contracting authority.

*impiantistica; anche questa scelta implica una riduzione dei costi di gestione, quindi un notevole risparmio sia in termini di costi che di tempi di intervento consentendo un maggior soddisfacimento delle esigenze e delle aspettative dell'utenza finale. In egual misura, l'utilizzo intelligente delle risorse (B.4), sia in termini di energia elettrica che di consumo di acqua, e la sicurezza dell'impresa (C.1) sono stati utilizzati come parametri per la valutazione della stazione appaltatrice, i primi influiscono sul fabbisogno energetico del complesso mentre la seconda sulla salute e salvaguardia dei lavoratori attraverso specifiche procedure sul luogo di impiego delle maestranze medesime. Infine, ma non da ultimo, sono state valutate le procedure di gestione delle differenti tipologie di rifiuto (C.2.3): i rifiuti sono stati divisi in quattro categorie: riutilizzabili, riciclabili e da smaltire, questi ultimi a loro volta suddivisi in pericolosi e non. Questa serie di criteri è stata utilizzata per predisporre il modello BIM iniziale e in seguito esportati in fase di offerta tecnica, attraverso griglie di valutazione, per la determinazione dei punteggi attribuibili a ciascun partecipante alla gara per l'aggiudicazione dell'appalto. Il metodo aggregativo compensatore previsto nel bando ha consentito una selezione discriminando le imprese che hanno considerato secondarie le migliori o la differente selezione dei materiali in ragione dei sopracitati criteri Lean. Secondo alcuni studi effettuati da Grilo [19] i modelli BIM sono di aiuto nel render più trasparente la gestione degli appalti, in particolare con l'aumento della loro complessità. In tal senso, Brynjolfsson e Hitt [9] affermano che l'attuazione di questi processi richiede cambiamenti sia tecnologici che in termini di procedure che producano ritorni economici nel breve e medio termine. Questi concetti, confermati da Lindblada [20], sottolineano che entrambi i cambiamenti metodologici e quelli di gestione avranno riflessione sia sulla gestione degli appalti che sui loro criteri che li caratterizzano. Il progetto, relativo alla costruzione pubblica di Melzo, come detto, è stato realizzato con la metodologia BIM, vale a dire utilizzando una progettazione e una metodologia integrata. Il modello ha pertanto incluse sia tutte le informazioni grafiche che non grafiche. È stato possibile estrarre tutti gli output del progetto – come, ad esempio, le piante, sezioni, documenti come il decollo di quantità o le specifiche delle prestazioni - nonché i fogli di offerta direttamente dal modello BIM. Poiché il progetto è una scuola, quindi uno spazio pubblico, l'obiettivo è stato quello di migliorare le prestazioni dell'edificio per renderlo più efficiente, è stata prestata particolare attenzione alla performance dell'involucro, sugli impianti (MEP), sulle UTA, sull'igiene e la gestione delle risorse durante la fase di uso dell'edificio. Altri aspetti, su cui ci siamo concentrati, sono stati la manutenzione dei materiali e le soluzioni tecnologiche offerte, nonché la programmazione della manutenzione della componente architettonica ed impiantistica. Questi obiettivi, individuati sin dall'inizio del processo di appalto,*

Cod	Evaluation criteria	Points	Sub-cod	Sub-criteria	Points	Sub-criteria type	LC principles
A.1	Building physics	10	A.1.1	Windows	5,9	(i)	(e)
			A.1.2	Walls	1,3	(i)	(e)
			A.1.3	Precast walls	1,7	(i)	(e)
			A.1.4	Gym/canteen roof	1,1	(i)	(e)
A.2	Materials requirements	10	A.2.1	Distance from production site	3	(ii)	(c)
			A.2.2	Wall thickness	3	(i)	(c)
			A.2.3	Materials maintenance	4	(ii)	(c)
A.3	Environment requirement	5	A.3.1	Cert. UNI EN ISO 14001 Contractor	2	(iv)	(a)
			A.3.2	Cert. UNI EN ISO 14001 producers	3	(iv)	(a)
B.1	MEP operation	12	B.1.1	Heat pumps	6	(i)	-
			B.1.2	HVCA	6	(i)	-
B.2	MEP components	2	B.2.1	Distance from the maintenance company	2	(ii)	(b)
B.3	Green energy increasing	4	B.3.1	Solar/photovoltaic system	4	(i)	(b)
B.4	Resources intelligent use	7	B.4.1	Lighting system management and consume reduction	4	(ii)	(b)
			B.4.2	Water consume management and reduction	3	(ii)	(b)
C.1	H&S	2	C.1.1	Cert. OHSAS 18001 contractor	2	(iv)	(b)
C.2	Site engineering	13	C.2.1	Detail design	6	(iii)	-
			C.2.2	Site layout	4	(iii)	-
			C.2.3	Waste component management	3	(i)	(b)
D.1	Building maintenance	5	D.1.1	Building scheduled maintenance	5	(iii)	-
D.2	HVAC maintenance	10	D.2.1	HVAC scheduled maintenance	10	(iii)	-

Table 1. Tender process judgment criteria.

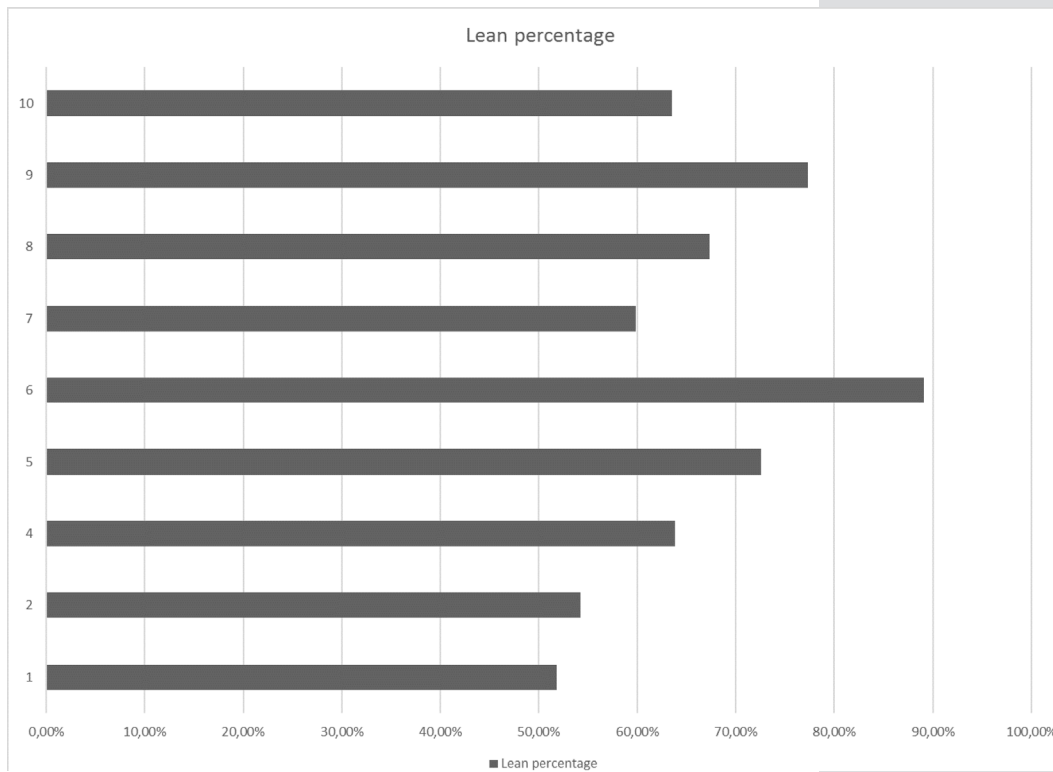
## 5. RESULT ANALYSIS

The tender was attended by ten teams; one of them has not delivered a complete documentation to prove the requirements owned, did not pass the first selection stage. Just nine offers were analysed. A first consideration, that could be obtained, is the number of participant, which attended the bid; their number is extremely under the average point - which normally is around 23 participants -. It meant that a lot of participants were not able to fulfil most of the requirement or they do not have the ability to compete without using the discount as the only leverage. The result of the bid was a limited discount, about 5% instead of an average between 35 and 40% [13], so constructor

nonché la loro vicinanza alla LC, hanno imposto una suddivisione dei criteri come indicato nella tabella 1. Tali principi possono essere suddivisi in cinque macro categorie: a) l'ottimizzazione complessiva del sistema attraverso l'identificazione di target comuni, (b) miglioramento continuo per il raggiungimento della qualità finale, (c) la creazione di flussi di lavoro per la sistematica eliminazione degli sprechi di tempi e costi, (d) il soddisfacimento dei requisiti della committenza ed (e) la qualità del bene finale. Nel modello, ciascun sotto-criterio è stato descritto in modo completo e dettagliato, sono state indicate le regole per l'attribuzione dei punteggi e spiegate le formule dei criteri di aggiudicazione. Lo scopo di questa scelta deriva dai principi della trasparenza, della non discriminazione e della parità di trattamento. I punteggi attribuiti alle singole

had a deep range to propose improvement. As previously described and point out in the graph 1, lean construction impacts on the companies' offers. In particular, scores are related to each company that has achieved, connected to the above-mentioned Lean criteria, with the total scores achievable.

*parti sono tali da non pregiudicare l'oggetto dell'affidamento. Le offerte delle imprese non devono comportare costi aggiuntivi per l'amministrazione aggiudicatrice, ma devono offrire miglioramenti da un punto di vista gestionale, qualità e affidabilità dell'amministrazione aggiudicatrice.*



Graph 1: firm's Lean interest.

From data collected, it can be noted how all companies have shown interest to the Lean topics and, in particular, they had obtained, at least, 50% of the total scores (43pt in the lean topic, compared to the total 100pt), especially, one of them (6th company), has resulted awarded the contract, it has achieved almost 90% of the total score. By detailing the criteria, should be made a first comparison about the interest and efforts that, each parameter, has raised in the companies during the competition both in general terms, regardless the weight of each point (graph 2a), and considering total scores (graph 2b). The graph 2 reports the analyse relating to the first four position (5th, 6th, 8th and 9th).

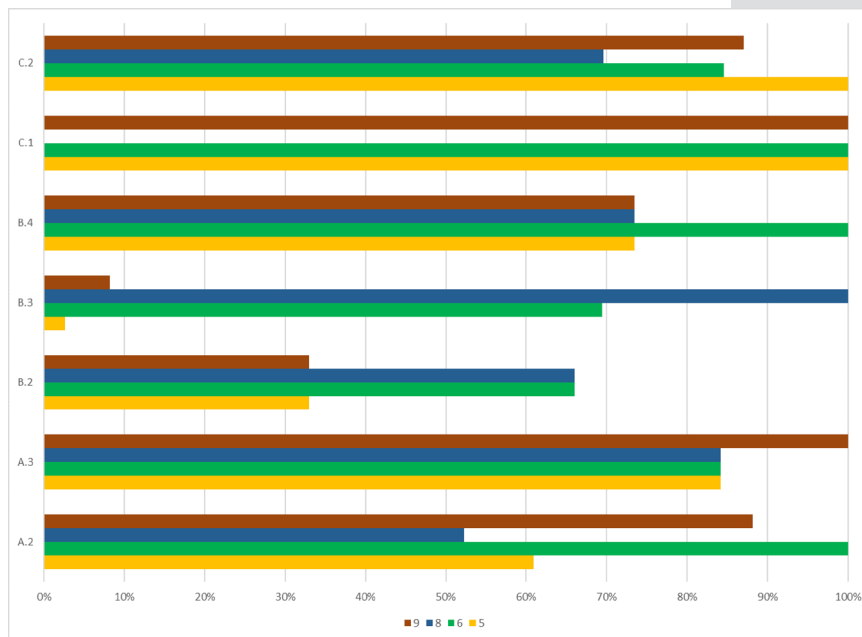
Analysing the Graph 2a, we can notice how firms answered very affirmatively to the environmental requests (A.3) and about Health and Safety of the workers (C.1). These criteria request merely documentary presentation of certifications required by the client. Other ones, such as the use of resources (B.4), have found great matching between commitment and responses from construction companies; the demands on materials (A.2), which have a significant weight

## 5. ANALISI DEI RISULTATI

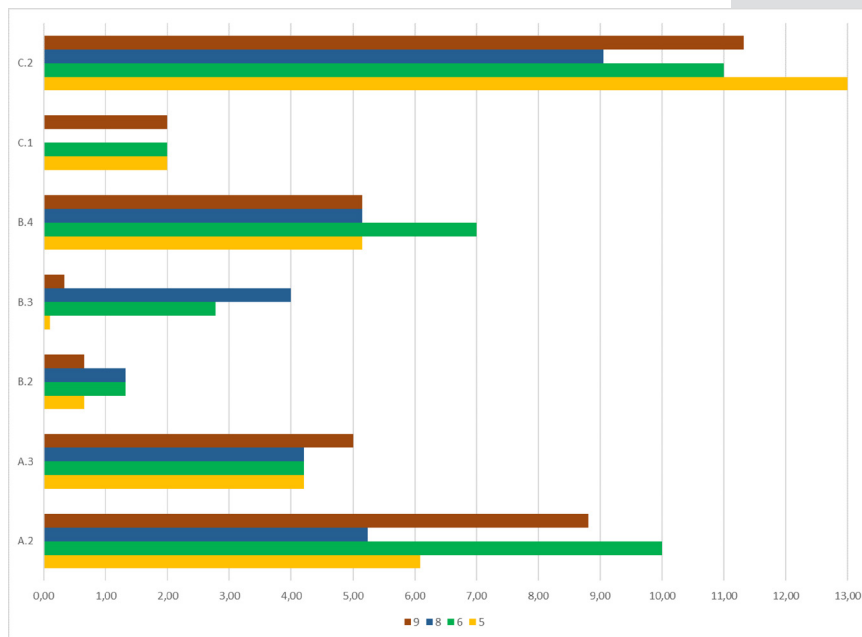
*Alla gara hanno partecipato dieci team, di cui uno non ha fornito una documentazione completa per dimostrare i requisiti di idoneità, quindi non ha superato la prima fase di selezione, quindi sono state analizzate solo nove offerte. Una prima considerazione, che potrebbe essere ottenuta, è il numero di partecipanti che hanno partecipato all'offerta, il loro numero è estremamente al di sotto della media - normalmente di circa 23 partecipanti -. Da tale considerazione si può dedurre che molti possibili partecipanti non hanno partecipato per una difficoltà nel soddisfare la maggior parte dei requisiti o poiché non avrebbero avuto la capacità di competere senza utilizzare lo sconto come metodo per vincere la gara. Il risultato dell'offerta è stato uno sconto limitato, circa il 5%, invece di una media nazionale tra il 35 e il 40% [13], per cui il costruttore ha avuto un ampio margine per poter proporre un miglioramento. Come descritto in precedenza e evidenziato nel grafico 1, si noti l'impatto della LC sulle offerte delle aziende. In particolare, si noti la percentuale di punteggi raggiunti dalle imprese in sede di offerta connessi ai sopracitati criteri Lean sopra indicati. Dai dati raccolti, si può notare come*

in terms of points assigned (10pt), reveals a significant difference between use of resources by competitors and importance of the criterion. Similarly, even for the system components (B.2) and the aspect related to renewable energy (B.3) only two of the four companies analysed have fully responded to the requests. Obviously, the scores attributed to those criteria do not have prompted the participating companies to explore the issues. Regarding the management of the site (C.2), it can be seen against a higher score to the policy, all four companies analysed in the chart have developed very detailed proposals that led to the award of higher scores.

tutte le aziende hanno mostrato interesse per i temi Lean e, in particolare, hanno ottenuto almeno il 50% dei punteggi totali (43 punti nell'argomento magro, rispetto al totale 100pt) In particolare, uno di loro (la sesta impresa), che ha vinto l'appalto, ha raggiunto quasi il 90% del punteggio totale. Nell'elencare in dettaglio i criteri, dovrebbe essere fatto un primo confronto tra l'interesse e gli sforzi che ciascun parametro ha suscitato nelle aziende durante la gara sia in termini generali, indipendentemente dal peso di ciascun punto (Grafico 2a), e considerando i punteggi totali (Grafico 2b). Il grafico 2 riporta l'analisi relativa alle prime quattro posizioni (5a, 6a, 8a e 9a).



(a)



(b)

Graph 2. Comparison between main constructor's firms on Lena parameters.



## 6. CONCLUSIONS

Lean Construction and Building Information Modelling are two methodologies linked by the same objective: reduce interference and optimize processes, hence, the focused use of the weight allocated to a criterion (point) allow the Public Administration to reach through a MEAT [21] [22] process its tailored objective.

As shown in the previous graphs the construction companies responses were very different due to different approaches; from data, the high reaching companies emerges a change of mental paradigm - in fact in this tender each requirement has its own well defined weight – others answered as a traditional tender trying to propose a huge discount. Even with the introduction of new methodologies, AEC sector has his own old and deeply-rooted bent. This fact imposes company to have a behaviour strictly linked to a MEAT process instead of investing in the value and the research. This last fault is firmly linked to the history of tender, which chases and promotes the lowest possible price instead of MEAT process, this fact is related to a short-term vision instead of a long-term analysis, promoted by EU directive.

Throughout this new approach the Construction Industry is treated as equals as the Manufacturing Industry, changing, not only work flows but also the concept of the product quality. In this way, the introduction of some instruments, such as, the BIM, introduce many advantages, for example the decrease of design variances, reduction of fragmented linear processes, simulations of the all construction process and the visualization of the project. The weight and the scores imposed to criteria, related to the case study described in this paper, had moved contractors to deeply analyse some project aspects in order to improve the final quality of the building. The main waste created during the design and construction phase stem from improper methods of producing, managing and communicating information through all the project life. For this reason, the workflow brings greater awareness of the project's final goal.

## 6. REFERENCES

- [1] Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull’aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d’appalto degli enti erogatori nei settori dell’acqua, dell’energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”, Pubblicato nella Gazz. Uff n. 91 del 19 aprile 2016.
- [2] Direttiva 2014/24/UE, (2014) Parlamento Europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 sugli “appalti pubblici e che abroga la direttiva 2004/18/CE”, L 94/65 Gazzetta ufficiale dell’Unione europea 28.3.2014.
- [3] L. Koskela, G. Howell, G. Ballard, I. Tommelein, “The foundations of lean construction”, Design and Construction: Building in Value, pp. 211-226, 2000.

Analizzando il Grafico 2a, possiamo notare come le aziende hanno risposto molto affermativamente alle richieste ambientali (A.3) e sulla salute ed in merito la sicurezza dei lavoratori (C.1). Questi criteri richiedono semplicemente la presentazione documentale delle certificazioni richieste dal cliente. Altri, come l’uso delle risorse (B.4), hanno trovato grande corrispondenza tra impegno e risposte delle imprese di costruzione; Le richieste sui materiali (A.2), che hanno un peso significativo in termini di punti assegnati (10pt), evidenziano una significativa differenza tra l’utilizzo delle risorse da parte dei concorrenti e l’importanza del criterio. Analogamente anche per i componenti del sistema (B.2) e l’aspetto relativo all’energia rinnovabile (B.3) solo due delle quattro società analizzate hanno pienamente risposto alle richieste in fase di gara. I punti attribuiti a tali criteri non hanno indotto le aziende partecipanti ad esplorare tali problematiche. Per quanto riguarda invece la gestione del sito (C.2), si può vedere che, in presenza di un alto peso del criterio, tutte e quattro le società analizzate nel grafico hanno sviluppato proposte molto dettagliate e che hanno portato al raggiungimento di punteggi elevati.

### 6. CONCLUSIONI

Lean Construction ed il Building Modeling Information sono due metodologie che hanno il medesimo scopo: ridurre l’interferenza e ottimizzare i processi, attraverso l’utilizzo mirato del peso attribuito ai criteri si permette alla Pubblica Amministrazione di realizzare una procedura di OEPV [21] [22] strutturata su misura sul suo obiettivo. Come mostrato nei grafici precedenti, le risposte delle imprese di costruzione erano molto diverse a causa di approcci diversi; Dai dati, le imprese di spicco mostrano un cambiamento di paradigma mentale - infatti in questa gara ogni requisito ha un proprio peso ben definito - altri rispondono come si sarebbero comportati in una gara tradizionale, ovvero cercando di proporre un grande sconto. Anche in presenza dell’introduzione di nuove metodologie, il settore AEC ha una propria componente profondamente radicata che non vuole cambiare. Questo fatto impone alla società di avere un comportamento restio verso un processo di OEPV, anziché investire nel valore e nella ricerca. Quest’ultima colpa è strettamente legata alla storia delle gare di appalto, che inseguono e valorizzano il massimo ribasso rispetto ad un processo OEPV, il motivo è profondamente legato ad una visione nel breve termine anziché a lungo termine, promossa dalla direttiva UE. Attraverso questo nuovo approccio il comparto delle costruzioni viene trattato al pari dell’industria manifatturiera, nel quale mutano non solo i flussi di lavoro, ma anche il concetto di qualità del prodotto. In questo modo l’introduzione di alcuni strumenti, come il BIM, presenta molti vantaggi, ad esempio la diminuzione delle varianti di progettazione, la riduzione dei processi frammentati, le simulazioni del processo di costruzione e la visualizzazione del progetto. Il peso e i punteggi di criteri del caso studio descritti in questo documento hanno

- [4] C. W. Cobb, P.H. Douglas, “*A Theory Production*”, The American Economic Review, pp. 139-165, 1928.
- [5] G. M. Di Giuda, V. Valentina, L. Luca. 2015. “*Il BIM per la gestione di una gara con il criterio dell’offerta economicamente più vantaggiosa - BIM to manage public procurement with award criterion Most Economically Advantageous Tender*”, Istea, 2015.
- [6] A. C. Lyons, K. Vidamour, R. Jain, M. Sutherland, “*Developing an understanding of lean thinking in process industries*”, Journal Production Planning & Control, pp. 475-494, 2011
- [7] R. Sacks; L. Koskela; B. A. Dave and R. Owen, “*Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction*”, Journal Construction. Engineering and Management, 2010.
- [8] R. Sacks, M. Radosavljevic, R. Barak, “*Requirements for Building Information Modeling based Lean Production Management Systems for Construction*”, Automation in Construction, 2010.
- [9] E. Brynjolfsson, L. Hitt, “*Computing productivity: firm-level evidence. Economics and Statistics*”, pp. 793-808, 2003.
- [10] Pittelli Paola, (2014) *Il miglior rapporto qualità/prezzo: il nuovo concetto europeo di offerta economicamente più vantaggiosa*, AVCP.
- [11] Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici di lavori, servizi e forniture, “*il criterio di aggiudicazione dell’offerta economicamente più vantaggiosa*”, 2011.
- [12] Autorità Nazionale Anticorruzione, “*proposta di Linee guida in materia di offerta economicamente più vantaggiosa*”, 2016.
- [13] Di Giuda Giuseppe Martino, Villa Valentina, (2014) *La Direttiva Europea 2014/24/EU sull’uso del BIM*.
- [14] Cantone, Raffaele, “*Comunicato del Presidente del 24 novembre 2014*”, 2014.
- [15] Autorità Nazionale Anticorruzione, “*Procedure di affidamento perfezionate di importo superiore o uguale a 40.000 euro*”, 2014.
- [16] Eastman Charles, Teicholz Paul, Sack Raphael, Liston Kathleen edited by Di Giuda Giuseppe Martino, Villa Valentina, (2016), “*il BIM Guida completa al Building Information Modeling per Committenti, Architetti, Ingegneri, Gestori immobiliari e imprese*”, HOEPLI.
- [17] Di Giuda Giuseppe Martino, Villa Valentina, (2015) “*Verifica dei progetti e metodologia BIM, Ingegneri, nuove tecnologie, materiali, sistemi, processi*”, Maggioli Editore.
- [18] ITACA “*Guida operativa per l’utilizzo del criterio dell’offerta economicamente più vantaggiosa negli appalti di lavori pubblici di sola esecuzione*”, 2013.
- [19] A. Grilo, R. Jardim-Goncalves. “*Challenging electronic procurement in the AEC sector: A BIM-based. Automation in Construction*”, 20, pp. 107-117, 2011.
- [20] H. Lindblada, S. Vassa, “*BIM implementation and organizational change: A case study of a large Swedish public client*”, Elsevier B.V., 21, 178-184, 2015.
- [21] Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici di lavori, servizi e forniture (2011), determinazione n. 7 del 24 novembre 2011, “*Linee guida per l’applicazione dell’offerta economicamente più vantaggiosa nell’ambito dei contratti di servizi e forniture*”, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 291 del 15 dicembre 2011.
- [22] A. Costa, A. Grilo, (2014). “*BIM-Based E-Procurement: An Innovative Approach to Construction E-Procurement*”. Scientific World Journal, 2015.

portato gli appaltatori ad analizzare profondamente alcuni aspetti del progetto al fine di migliorare la qualità finale dell’edificio. I principali sprechi creati durante la fase di progetto e costruzione derivano da metodi impropri di produzione, gestione e comunicazione di informazioni attraverso l’intera vita del progetto. Per questo motivo, il flusso di lavoro porta una maggior consapevolezza dello scopo finale del progetto.