

Progetto esecutivo e processi di costruzione digitale. Una sperimentazione costruttiva tra Italia e Giappone

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Roberto Ruggiero,

Scuola di Ateneo Architettura e Design "Eduardo Vittoria" (SAAD) di Ascoli Piceno, Università di Camerino, Italia

roberto.ruggiero@unicam.it

Abstract. Il paper intende fornire spunti di riflessione sulla declinazione del progetto esecutivo nell'ambito dei processi di costruzione digitale. A tale scopo il paper illustra i primi esiti di una sperimentazione costruttiva in corso di svolgimento nell'ambito di una ricerca internazionale che vede coinvolte la Scuola di Architettura e Design "Eduardo Vittoria" di Ascoli Piceno dell'Università di Camerino e due atenei giapponesi (Keio University e Kokushikan University). L'esperienza di "costruzione digitale" di un modulo abitativo a carattere sperimentale, esito della prima fase della ricerca, dimostra come la digitalizzazione dei processi costruttivi implichi una ricodifica delle correnti prassi progettuali. In particolare nella cultura costruttiva digitale, le variabili legate ai materiali, ai sistemi costruttivi e operativi dell'Architettura entrano in gioco sin dalle prime fasi dell'iter progettuale. Conseguenza di tale approccio è l'assunzione di una nuova dimensione strategica (oltre che strumentale) del progetto esecutivo.

Parole chiave: Progetto; Costruzione; Processo; Paradigma; Digitale.

Introduzione

In termini generali e con riferimento alla contemporaneità, la qualità di un progetto in campo edilizio è esprimibile come integrazione di due differenti piani. Il primo – di ordine concettuale – si riferisce ai suoi aspetti culturali, evidentemente frutto di scelte soggettive effettuate dal progettista. Il secondo – di ordine prettamente operativo – è immediatamente deducibile dalla compresenza di precisi parametri (intelligibilità, coerenza e trasmissibilità degli elaborati, rispondenza dei contenuti alle normative e al quadro esigenziale espresso dalla committenza, appropriatezza delle soluzioni e delle scelte tecniche, ecc.). L'esistenza di tali parametri è propedeutica al corretto sviluppo del processo immediatamente successivo – quelli di produzione, assemblaggio e costruzione (a seconda delle modalità costruttive e delle tecniche esecutive adottate) – nella misura in cui contribuisce all'acquisizione delle necessarie garanzie di correttezza nello sviluppo della concreta realizzazione del manufatto. Dunque, nella filiera che concorre alla definizione del processo edilizio,

Executive design and
digital construction
processes.
A constructive
experimentation
between Italy and Japan

Abstract. The paper aims to provide food for thought about the declination of the executive design in the context of digital construction processes. To this end, the paper illustrates the first results of a constructive experimentation under way, carried out in the framework of an international research involving the "Eduardo Vittoria" School of Architecture and Design of Ascoli Piceno of the University of Camerino and two Japanese universities (Keio University and Kokushikan University). The experience of "digital construction" of an experimental module, result of the first research step, demonstrates how the digitalization of construction processes implies a re-coding of current design practices. Particularly in the digital construction culture, the variables related to materials and to construction and operational systems of Architecture come into play right from the early design phases. Consequence of this approach is the assumption

il progetto esecutivo costituisce lo "snodo" strategico tra la fase ideativa e quella realizzativa dell'Architettura: per l'ultima volta la sfera decisionale potrà orientare le scelte del progetto prima che abbia inizio la materiale realizzazione del manufatto. Un progetto esecutivo inadeguato comprometterà la qualità finale del prodotto edilizio nonché l'efficienza del processo costruttivo tradendo quello che è uno dei fondamenti dell'azione progettuale: il principio di responsabilità del progetto in relazione all'uso consapevole, appropriato e sostenibile delle tecniche, dei materiali e dei processi costruttivi necessari ad elevare la qualità dell'ambiente costruito.

Evoluzione del rapporto progetto-costruzione

Il progressivo ingresso dell'industria nel mondo dell'edilizia ha determinato, a partire dalla metà del secolo scorso, una sensibile trasformazione delle tecniche esecutive e operative legate all'azione del costruire. Il principio di separazione tra il momento della concezione e quello della produzione, tipico dei processi di natura industriale, ha generato – nel tempo, nella prassi progettuale – la necessità di un aggiornamento di ordine culturale, metodologico e operativo. «Il processo di costruzione, che nella cultura materiale era sostenuto da un bagaglio convenzionale tra progettista e costruttore tale da evitare l'esplicitazione del progetto in tutte le sue parti, nella cultura macchinistica ha richiesto che il progetto fosse definito in tutti i suoi dettagli [...], implicando il trasferimento dell'abilità dall'uomo alla macchina una minore possibilità di aggiustamenti in caso di mancata corrispondenza» (Campioli 1993). Progressivamente la necessità di rendere più "fluida" il passaggio tra progetto e costruzione ha stimolato una specifica

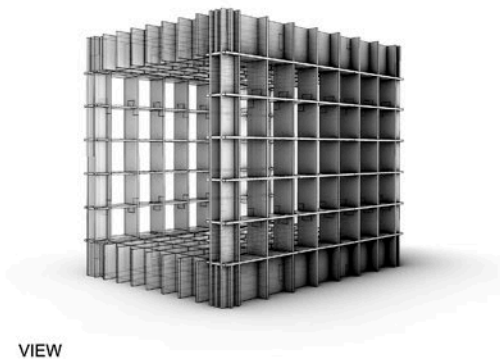
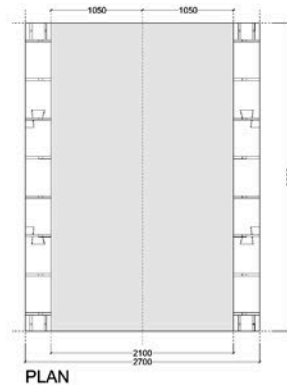
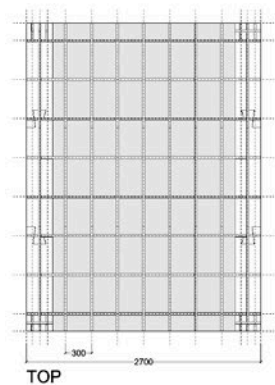
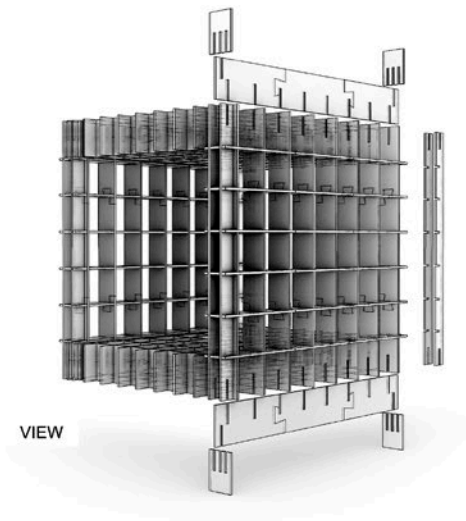
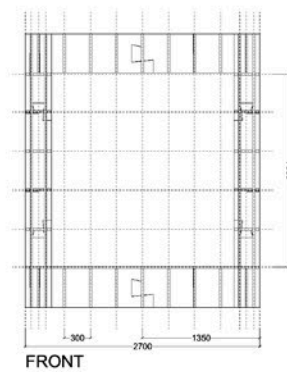
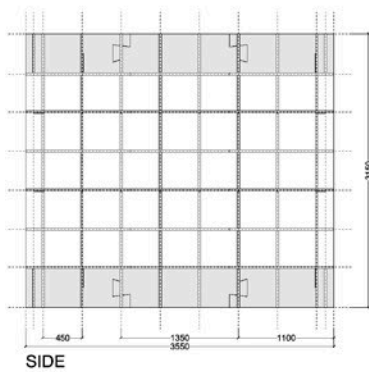
tion of a new strategic dimension (as well as instrumental) of the executive design.

Keywords: Design; Construction; Process; Paradigm; Digital.

Introduction

In general terms and with reference to nowadays, the quality of a building can be expressed as integration of two different aspects. The first – conceptual – refers to its cultural aspects and is evidently the result of subjective choices made by the designer. The second – practical – is due to the coexistence of precise parameters (intelligibility, coherence and transmissibility of the paperwork, compliance of the contents with the regulations and the demand expressed by the client, appropriateness of the solutions and technical choices, etc.). The existence of those parameters is a prerequisite for the

correct development of the following processes – those of production, assembly and construction (depending on the construction methods and the adopted executive techniques) – as it contributes to the acquisition of the necessary guarantees of correctness in the development of the real construction of the building. Therefore, in the supply chain that contributes to the definition of the building process, the executive design constitutes the strategic "junction" between the idea phase and the realization phase of Architecture: for the last time the decisional sphere can direct the choices of the project before the material realization of the manufactured article begins. An inadequate executive design will compromise the final quality of the building product as well as the efficiency of the construction process, betraying what is one of the foundations of the



project action: the principle of project responsibility in relation to the conscious, appropriate and sustainable use of techniques, materials and construction processes necessary to raise the quality of the built environment.

Evolution of the “project-construction” relationship

Starting from the middle of the last century, the progressive entry of the industry into the building world has determined a significant transformation of the executive and operational techniques linked to the action of construction. The principle of separation between the moment of conception and that of production, typical of industrial processes, has generated – over time, in the design practice – the need for a cultural, methodological and operational updating. «The construction process, which in the materi-

al culture was supported by a conventional baggage between designer and builder that avoided the explanation of the project in all its parts, in the machine culture required that the project be defined in all its details [...], implying in the transfer of the ability from man to machine a lower possibility of adjustments in case of mismatch» (Capioli 1993). Progressively, the need to make the transition between project and construction more “fluid” has stimulated a specific normative production in which the executive design has found its own precise statute¹, but also, in more recent years, has directed research in the field of ICT towards the construction of “ad hoc” design tools, as in the case of BIM², an operating project management methodology that uses an information model that contains all the information of the artifact to be made. Thanks

to the “BIM”, the building is “built” before its physical realization, through a virtual model, through the collaboration and contributions of all the actors involved in the project and, above all, before the construction begins. However, the digital revolution – already defined as the “fourth industrial revolution” (Schwab, 2016) – is today constituted by a vast ecosystem of innovative technologies that concern not only the field of information modeling but also that of construction. It seems possible, in a near future, to determine the emergence of new models, systems and construction paradigms with profound consequences, including the social, economic and environmental³. Made possible by a progressive process of technology transfer from more advanced manufacturing sectors, “digital fabrication” now suggests new scenarios for construction techniques and

for transferring design information. In particular, for the executive phase of the project, we can already refigure a substantial change of paradigm.

A digital constructive experimentation

As part of international research conducted between Italy and Japan⁴, a constructive experimentation⁵ underway at the “Eduardo Vittoria” University of Architecture and Design School of Ascoli Piceno (SAAD) of the University of Camerino is an opportunity for reflection on these themes and, in particular, on how the traditional concept of executive design can be declined in digital fabrication contexts⁶.

With a strong tradition in the field of experimental design, in 2014 at SAAD one of the first Fab-Lab⁷ present in the Marche region was set up and equipped for the construction with CNC tech-

produzione normativa in cui la progettazione esecutiva ha trovato un proprio preciso statuto¹; ma ha anche, in anni più recenti, indirizzato la ricerca nel campo dell'ICT verso la costruzione di strumenti di carattere progettuale *ad hoc*, come nel caso del BIM²: una metodologia operativa di gestione del progetto basata sull'adozione di un modello informativo completo di tutte le informazioni del manufatto da realizzare. Grazie al BIM l'edificio può essere "costruito" in ambiente virtuale in maniera "partecipata" (con il contributo, cioè, di tutti gli operatori del processo edilizio) ed "anticipata" (ovvero prima che la reale costruzione del manufatto abbia realmente inizio).

Tuttavia la rivoluzione digitale – già definita "quarta rivoluzione industriale" (Schwab, 2016) – è oggi costituita da un vasto ecosistema di tecnologie innovative che riguardano non solo il campo dell'*information modelling* ma anche quello della costruzione e sembra in grado, in un futuro prossimo, di determinare la nascita di modelli, sistemi e paradigmi costruttivi nuovi, con conseguenze profonde, anche di ordine sociale, economico e ambientale³. Resa possibile da un progressivo processo di trasferimento tecnologico da settori manifatturieri più avanzati, la costruzione digitale suggerisce oggi nuovi scenari per le tecniche costruttive e per quelle di trasferimento delle informazioni progettuali. In particolare, per la fase esecutiva del progetto, si prefigura un cambio di paradigma che è già possibile intravedere.

Una sperimentazione costruttiva a carattere digitale

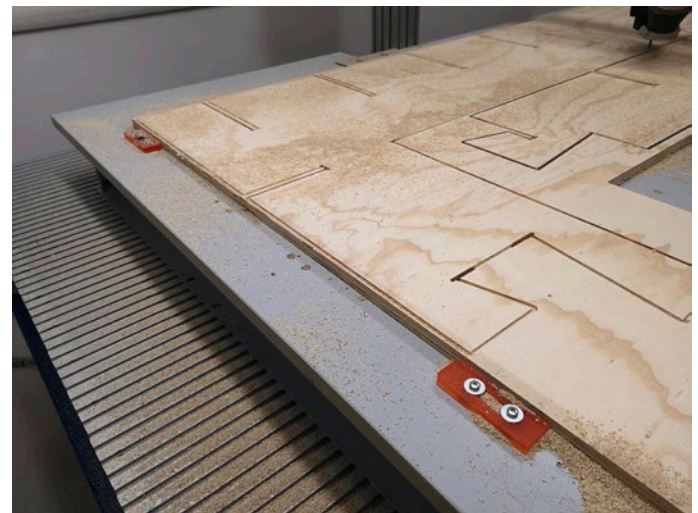
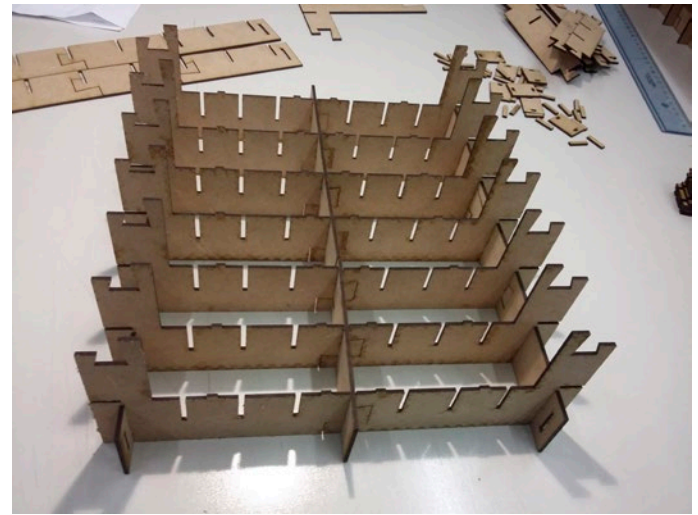
svolgimento presso la Scuola di Ateneo Architettura e Design

Nell'ambito di una ricerca internazionale condotta tra Italia e Giappone⁴, una sperimentazione costruttiva⁵ in corso di

nologies. Among the activities that the so called SAAD-Lab has stimulated and made possible, in 2017 a research unit related (mainly) to the Disciplinary Scientific Sector ICAR12 started an inter-university research that sees the co-participation, at the moment, of three research groups hinged on the SAAD of Ascoli Piceno (principal investigator: the author of the paper), the Keyo University of Tokyo (principal investigator: Prof. Hiroto Kobayashi) and the Kokushikan University (principal investigator: Prof. Akira Suzuki). The last of the three partners expresses mainly engineering skills. The research, called "Temporary Contemporary Architecture. Italy meets Japan", aims to develop innovative spatial devices and temporary building systems for community in housing emergency. The research refers to the principles of participatory planning, digital con-

struction and off-site production and aims at implementing social, environmental and economic sustainability objectives. The research also intends to develop (extending its field of application) and apply (in western contexts) an innovative wooden construction system developed by Prof. Kobayashi, based on an innovative reinterpretation of "wood-wood" connection systems typical of Japanese construction tradition and whose reference material is "plywood" (in this case 18/20 mm thick). The research also uses constructive experimentation as a tool for verifying the theoretical investigation and foresees the refinement of the constructive system through a succession of constructive experimentations set in real contexts.

The first phase of the research culminated in the prototyping, first on a reduced scale and subsequently in a real



(SAAD) "Eduardo Vittoria" dell'Università di Camerino con sede ad Ascoli Piceno è stata l'occasione per una riflessione su

scale, of a temporary space/functional device. The objective of this phase was to test the system in relation to the objectives of reversibility and speed of implementation placed at the base of the project. In the continuation of the research – whose originality also lies in the high levels of "contamination" between different scientific and design cultures (such as are those of Italy and Japan) – we will focus on the achievement of multiple objectives including: the simplification of the assembly phases, more rapid assembly process (in implementation of an innovative instant building principle), progressive miniaturization and optimization of the construction components, increase of "hybridability" with completion systems (also coming from other production chains), as well as articulation – starting from the realized basic module – of more complex living systems.

The methodology behind the experimentation is based on a recursive design process and is articulated in five phases:

- a) the production of a preliminary hand-made maquettes realized in an artisanal and extemporaneous manner;
- b) adopting parametric design techniques, creating digital models⁸;
- c) realization of a sequence of prototypes of the artefact in a scale 1:10 (and of some of its components in 1:1 scale);
- d) graphic representation of the project also in its constructive and procedural aspects;
- e) production with digital manufacturing techniques of the module on a 1:1 scale, i.e. the final prototype, which, according with a method typical of industrial production, will be tested in the laboratory to be further optimized.

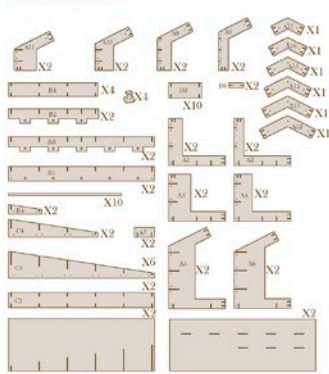
questi temi e, in particolare, sul come il tradizionale concetto di progetto esecutivo possa essere declinato in contesti di *digital fabrication*⁶.

Forte di una tradizione nell'ambito dello "sperimentalismo progettuale", nel 2014 la SAAD ha allestito uno dei primi Fab-Lab⁷ presenti nella regione Marche, attrezzato per la realizzazione con tecnologie CNC di componenti da costruzione. Nell'ambito delle attività che il SAAD-Lab, questa è la sua denominazione, ha stimolato e reso possibili, nel 2017 un'unità di ricerca afferente (prevalentemente) al Settore Scientifico Disciplinare ICAR12 ha avviato una ricerca interuniversitaria che vede la compartecipazione, al momento, di tre gruppi di ricerca incardinati rispettivamente presso la SAAD di Ascoli Piceno (di cui l'autore del paper è responsabile scientifico), la Keio University di Tokyo (responsabile scientifico prof. Hiroto Kobayashi) e la Kokushikan University (responsabile scientifico prof. Akira Suzuki). L'ultimo dei tre partner esprime competenze prevalentemente ingegneri-

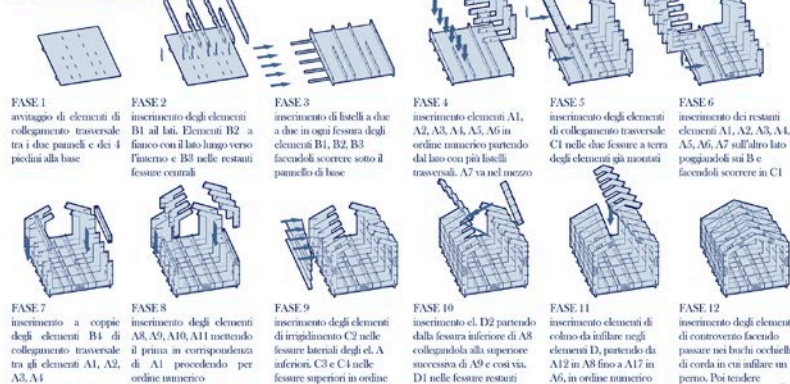
stiche. La ricerca punta a sviluppare dispositivi spaziali e sistemi costruttivi innovativi a carattere temporaneo a servizio di comunità in emergenza abitativa. La ricerca fa riferimento a principi di progettazione partecipata e di costruzione digitale e *off-site*, in attuazione a obiettivi di sostenibilità sociale, ambientale ed economica. La ricerca punta altresì a sviluppare (ampliandone il campo di applicazione) e declinare (in contesti occidentale) un innovativo sistema costruttivo in legno messo a punto dal prof Kobayashi basato su una rivisitazione in chiave innovativa dei sistemi di connessione legno-legno della tradizione costruttiva giapponese e che nel legno "compensato" di piccolo spessore (18/20 mm) il suo materiale di riferimento. La ricerca utilizza altresì la sperimentazione costruttiva quale strumento di verifica dell'indagine teorica e prevede l'affinamento del sistema costruttivo attraverso un susseguirsi di sperimentazioni costruttive itineranti in contesti reali.

La prima fase della ricerca è culminata nella prototipazione,

ISTRUZIONI DI MONTAGGIO
 componenti libreria



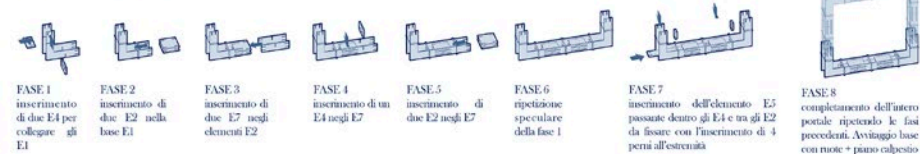
fasi di assemblaggio libreria



componenti portali



ordine di assemblaggio portali



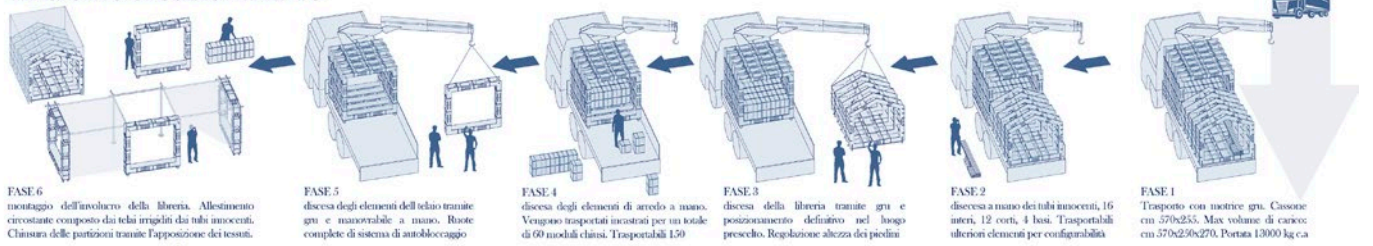
componenti sedie componibili



ordine di assemblaggio sedie componibili



TRASPORTO E POSIZIONAMENTO



FASE 6 montaggio dell'involucro della libreria. Allineamento circoscritto composto dai telai irrigiditi dai tubi innocenti. Chiusura delle partizioni tramite l'apposizione dei tessuti.
 FASE 5 discesa degli elementi del telaio tramite gru e manovrabile a mano. Ruote complete di sistema di autobloccaggio.
 FASE 4 discesa degli elementi di arredo a mano. Vengono trasportati incassati per un totale di 60 moduli chiusi. Trasportabili 150.
 FASE 3 discesa della libreria tramite gru e posizionamento definitivo nel luogo prescelto. Regolazione altezza dei piedini.
 FASE 2 discesa a mano dei tubi innocenti, 16 interi, 12 corti, 4 basi. Trasportabili ulteriori elementi per configurabilità.
 FASE 1 Trasporto con motrice gru. Cassone cm 370x255. Max volume di carico: cm 370x250x270. Portata 13000 kg c.a.

dapprima in scala ridotta e successivamente in scala reale, di un dispositivo spazio/funzionale a carattere temporaneo. Obiettivo di questa fase è stato testare il sistema in relazione agli obiettivi di reversibilità e rapidità di messa in opera posti alla base del progetto. Nel prosieguo del lavoro, la cui originalità risiede anche negli alti livelli di “contaminazione” tra culture scientifiche e progettuali differenti (quali sono quelle italiana e giapponese), si punterà all’ottimizzazione di alcuni aspetti tra i quali, in particolare: la semplificazione delle fasi di montaggio, la loro velocizzazione (in attuazione di un innovativo principio di *instant building*), la progressiva miniaturizzazione ed ottimizzazione dei componenti costruttivi, l’incremento dei livelli di ibridabilità del sistema con altri (di completamento) provenienti da differenti filiere produttive, nonché l’articolazione – a partire dal modulo base realizzato – di sistemi abitativi più complessi. La metodologia adottata è incentrata su un processo progettuale ricorsivo articolato in cinque fasi:

- a) produzione di maquette di studio realizzate in modo artigianale ed estemporaneo;
- b) adottando tecniche di progettazione parametrica, realizzazione di modelli digitali⁸;
- c) realizzazione di prototipi in scala ridotta dei modelli digitali (1:10) e di alcune componenti in scala 1:1;
- d) restituzione grafica del progetto anche nei suoi aspetti costruttivi e processuali;
- e) produzione, con tecniche di *digital manufacturing*, del modulo abitativo in scala 1:1, ovvero del prototipo finale che, secondo un metodo proprio della produzione industriale, sarà testato in laboratorio per essere ulteriormente ottimizzato.

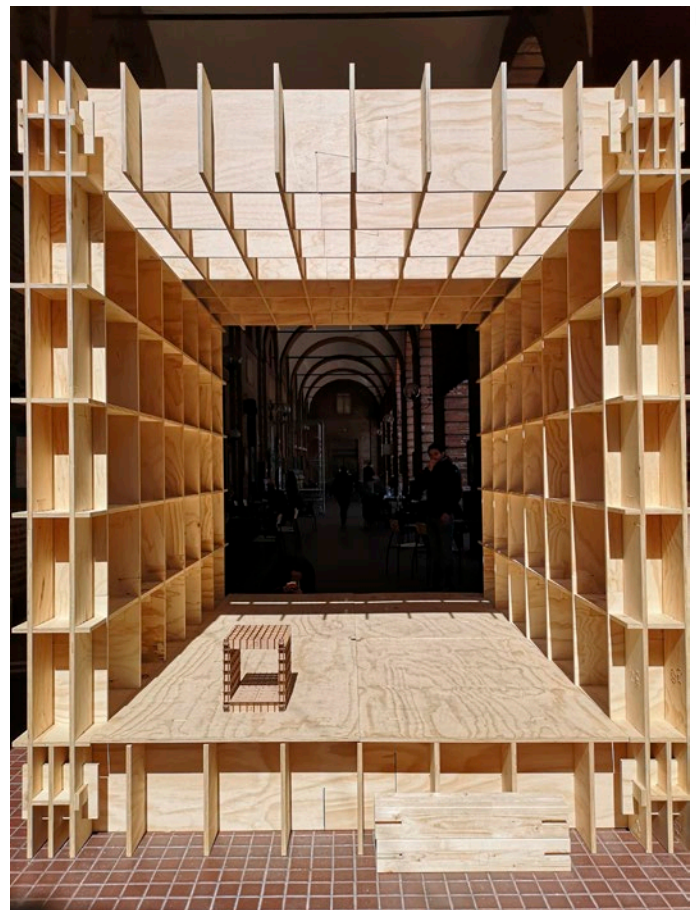
Conclusions

If the research does not have as a main focus the executive design, the results of the first constructive experiments led to substantial reflections on the relationship between design and construction and, therefore, on the nature of the executive design in the field of construction and digital manufacturing.

As a preliminary matter and although the results achieved so far are detailed to a “small scale” project, the design experimentation conducted in parallel between the SAAD, Keio University and Kokushikan University certifies how the digital construction process⁹ favors the implementation of procedures typical of industrial production. Among these, the “prototyping” is configured as a reference tool for the verification not only of the constructive aspects of Architecture but also

of its performance: «prototypes open up new possibilities. Prototypes promote adaptive dynamics that are preparatory to the advent of new forms, induce new expectations, bend existing technologies [...]. Prototypes are the launching pad that propels us towards the creative goals to which we aim» (Madhavan 2015). In this process the graphs, i.e. the main tool of traditional design, acquires a marginal role. Instead, the writing component of the project remains of primary importance, even for administrative and regulatory purposes.

In more general terms, the constructive experimentation conducted at the SAAD with the support of the Japanese partners certifies how the digitalization of the construction processes makes the separation between the heuristic phase of the project and the executive phase less clear, as well



Conclusioni

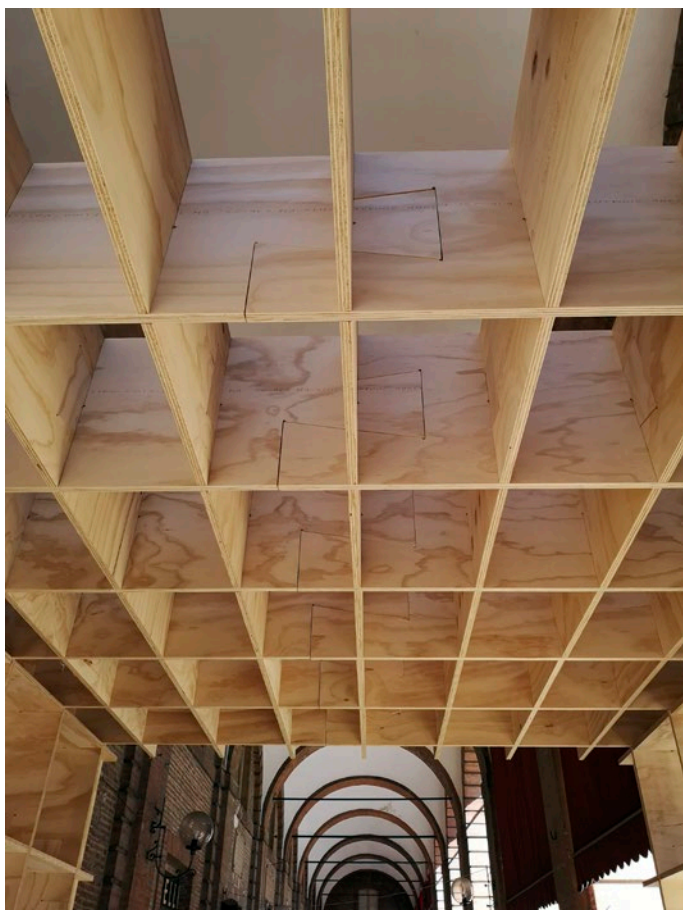
Se la ricerca in atto non è direttamente focalizzata sul tema del “progetto esecutivo”, i suoi primi esiti inducono alcune riflessioni sostanziali sul rapporto tra progetto e costruzione nonché sull’evoluzione del concetto di “progetto esecutivo” nell’ambito della costruzione digitale.



In via preliminare e benché i risultati finora raggiunti siano circostanziati ad un progetto di “piccola scala”, la sperimentazione progettuale condotta in parallelo tra la SAAD, la Keio University e la Kokushikan University certifica come il processo di costruzione digitale⁹ favorisca l’attuazione di procedure proprie della produzione industriale. Tra queste, la “prototipazione” si configura quale strumento di riferimento per la verifica non solo degli aspetti costruttivi dell’Architettura ma anche di quelli prestazionali: «i prototipi dischiudono possibilità inedite. I prototipi promuovono dinamiche di adattamento propedeutiche all’avvento di nuove forme, inducono attese nuove, piegano tecnologie esistenti [...]. I prototipi sono la rampa di lancio che ci proietta verso le mete creative alle quali tendiamo» (Madhavan 2015). In questa dinamica, i grafici, strumento principale della progettazione tradizionale, acquisiscono un ruolo marginale, di complemento (nei grafici è rappresentato l’abaco di tutti i componenti della costruzione) che non alla trasmissione delle informazioni di carattere costruttivo. La componente scrittografica del progetto resta invece di primaria importanza, anche ai fini amministrativi e normativi.

In termini più generali, la sperimentazione costruttiva condotta alla SAAD con il supporto dei partner giapponesi certifica come la digitalizzazione dei processi di costruzione renda meno netta la separazione tra la fase euristica del progetto e quella esecutiva, così come quella tra progetto e costruzione. In questo senso l’esperienza della costruzione digitale favorisce un approccio al progetto molto vicino a quello prefigurato da Edoardo Vittoria già alla fine del secolo scorso (in un contesto culturale ancora “analogico”) e dallo stesso definito: «costruttivismo progettante, [...] che trasforma l’invenzione tecnica in un modo di pensare l’architettura» e in cui «l’architetto-artefice-artigiano [...] si preoccupa di civilizzare la tecnologia facendosi portatore di meccanismi combinatori che trasformano la costruzione in un montaggio mediante il quale si realizza l’estensione stessa dello spazio, avendo l’innovazione come finalità dell’opera» (Vittoria 1992). Se è vero che, nei processi costruttivi tradizionali, concentrare l’attenzione del progetto prevalentemente sul momento creativo può portare a tralasciare quei parametri esecutivi che più degli altri incidono sulle procedure, sulle tecniche

07 |



| 08



di realizzazione e sulla qualità delle opere, nell'esperienza della costruzione digitale questo difficilmente può accadere: nella costruzione digitale i materiali, i sistemi e le tecniche sono la vera "materia" del progetto.

Nel rendere "anti-storica" la separazione tra la fase di progettazione e quella della costruzione, l'indifferenza ai materiali e alle tecniche costruttive, la fabbricazione digitale implica una modifica non solo dei paradigmi del progetto di architettura ma anche della cultura edilizia in generale. Comportando di fatto un "ri-allineamento" tra progetto e costruzione all'interno di un flusso di lavoro che non ammette separazioni, i processi di costruzione digitale tendono ad annullare la dipendenza del momento operativo da quello ideativo dell'Architettura a vantaggio di una continua "interferenza" di un momento sull'altro. Tale processo, da un lato, tende a ricondurre l'atto costruttivo a una condizione pre-industriale (quando progetto e costruzione costituivano, secondo una logica artigianale, un atto unitario), dall'altro spinge l'atto progettuale ad un approccio sperimentale proprio della ricerca applicata, come nel caso qui trattato.

Tali considerazioni, certamente parziali rispetto agli scenari a venire e derivanti da un'esperienza *in fieri* che fa riferimento a una sola delle tecniche di costruzione digitale, suggeriscono come la nascita di un contesto tecnologico digitale possa costituire occasione di riequilibrio tra fini e mezzi in Architettura (Nardi, 2003), secondo un assunto tipico della Cultura Tecnologica del Progetto; un assunto o per meglio dire "una speranza" che l'innovazione tecnologica nel campo delle costruzioni, a partire dalla prima industrializzazione edilizia e fino ad alcuni scenari più attuali di architettura (vetero) *high-tech*¹⁰, ha spesso tradito.

as that between design and construction phases. In this sense, the experience of digital construction favors an approach to design that is very close to the one prefigured by Edoardo Vittoria at the end of the last century (in a still "analogical" cultural context) and defined by the same Vittoria as: «designing constructivism, [...] that transforms the technical invention into a way of thinking about architecture» and in which «the architect-craftsman [...] is concerned with civilizing technology, making himself the bearer of combinatorial mechanism that transforms the building into an assembly through which the extension of space is realized, having innovation as the purpose of the work» (Vittoria, 1992). If it is true that, in traditional construction processes, focusing the attention of the project mainly on the creative moment can lead to neglecting those

executive parameters that more than others affect the procedures, the construction techniques and the quality of the works, in the experience of digital construction, can rarely happen: in digital construction materials, systems and techniques are the real "matter" of the project.

In the separating between the design phase and the construction phase, the indifference to the materials and the construction techniques, the digital fabrication implies a modification not only of the paradigms of the architectural project but also of the building culture in general. Actually, leading to a "re-alignment" between project and construction within a workflow that does not allow separations, digital construction processes tend to cancel the dependence of the operational moment from the conceptual one of Architecture to the advantage of a con-

NOTE

¹ In Italia, prima dell'emanazione della Legge Quadro sui Lavori Pubblici (L. 109/94), l'articolazione del processo di progettazione era definita dalla Legge n. 143 del 1949, rivolta più alla determinazione della tariffa professionale che non alla precisazione dei contenuti della progettazione. Anche per opere complesse le singole fasi progettuali, inclusa quella esecutiva, non erano regolate da precise responsabilità contrattuali. Con la Legge n. 109 del 1994 – meglio conosciuta come Legge Merloni – e soprattutto con il suo Regolamento d'Attuazione (DPR n. 554 del 1999) si dava finalmente avvio a una riforma radicale, resa indispensabile anche dalla necessità di contrastare i guasti derivanti dalla crisi strutturale del sistema politico imprenditoriale (maturata negli anni ottanta ed evidenziata dalla vicenda giudiziaria "Mani Pulite"), emblematico caso di mancata trasparenza ed efficienza nella gestione degli appalti pubblici. Proponendo una disarticolazione del "progetto" in tre distinte fasi (preliminare, definitiva ed esecutiva) il legislatore esplicita forma e contenuti dei singoli elaborati progettuali per ciascuna fase.

² Il BIM (*Building Information Modeling*) è stato già definito dal NIBS (National Institutes of Building Science, Washington, USA) come «rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto» (cfr. <https://www.nibs.org/>).

³ Se da un lato esiste una ricerca avanzata che punta all'*upgrade* delle attuali tecnologie di costruzione digitale e che fa riferimento alla robotica quale campo di speculazione prioritario, il *trend* dei dispositivi attualmente in uso è quello di una progressiva semplificazione delle interfacce d'uso e di una accessibilità economica (almeno per i dispositivi più semplici). Si prefigura quindi uno scenario in cui una progettazione tecnologicamente avanzata (di tipo *high-tech*) può diventare il presupposto per processi costruttivi semplificati (di tipo *low-tech*). Questo rende plausibile, in una previsione di medio e lungo termine, un processo di democratizzazione dell'Architettura (in relazione a manufatti di piccola e media scala), legata alla diffusione di un modello di "*personal fabrication*" (sul modello "WikiHouse") che può essere alimentato dalla diffusione di *community* che già oggi condividono

tinuous "interference" of one moment on the other. This process, on the one hand, tends to bring the constructive act back to a pre-industrial condition (when design and construction constituted, according to a craft logic, a unitary act), on the other hand it pushes the design act to an experimental approach typical of applied research, as in this case.

These considerations, certainly partial with respect to the scenarios to come and deriving from an ongoing experience that refers to only one of the digital construction techniques, suggest how the birth of a digital technological context can be an opportunity to rebalance between ends and means in Architecture (Nardi, 2003), according to an assumption typical of the Project's Technological Culture; an assumption – but we could say "a hope" – that a technological innovation in the field of

construction, starting from the first industrialization of the building and up to the most modern high-tech architecture scenarios¹⁰, has often betrayed.

NOTES

¹ In Italy, prior to the issuing of the Framework Law on Public Works (L. 109/94), the articulation of the design process was defined by Law no. 143 of 1949, directed more to the determination of the professional tariff than to the specification of the contents of the design. Even for complex works, the individual design phases, including the executive, were not regulated by specific contractual responsibilities. With the Law n. 109 of 1994 – better known as the Merloni Law – and above all with its Implementing Regulation (Presidential Decree No. 554 of 1999), a radical reform was finally launched, made indispensable also with the need

servizi e tecnologie *online* o che condividono esperienze di prototipazione di manufatti prodotti digitalmente.

⁴ Titolo della ricerca è: “Temporary/Contemporary Architecture: adaptive and spontaneous strategies towards an unpredictable future”.

⁵ La sperimentazione è costruttiva è stata finanziata dalla fondazione CARISAP di Ascoli Piceno nell'ambito di un accordo con l'Università di Camerino.

⁶ Il termine “costruzione digitale” implica diverse tecniche ed approcci diversi prevalentemente riconducibili a: *digital manufacturing*, ovvero produzione digitale di componenti assemblabili in cantiere anche in modo analogico; *digital fabrication*, dove l'azione digitale non è esercitata nella fase di realizzazione del componente ma in quella di montaggio in cantiere. In questo secondo caso è proprio la costruzione ad essere gestita digitalmente laddove i componenti possono essere prodotti anche con logiche industriali o di tipo tradizionale (Pone, 2017). Un esempio di *digital fabrication* è la produzione robotizzata per l'architettura, in cui la costruzione avviene mediante bracci meccanici controllati e riprogrammabili che utilizzano cinematismi simili a quelli delle macchine CNC (*computer numerical control*).

⁷ Un Fab-Lab (dall'inglese *fabrication laboratory*) è di fatto un'officina che offre servizi personalizzati di fabbricazione digitale. Un Fab-Lab è generalmente dotato di una serie di strumenti computerizzati in grado di realizzare, in maniera flessibile e semi-automatica, un'ampia gamma di oggetti.

⁸ Il software utilizzato è ormai uno standard per la *digital fabrication*, ovvero Rhinoceros combinato con il suo *plug-in* Grasshopper.

⁹ La *digital fabrication* utilizza diverse tecnologie riconducibili in prima istanza a due metodi di produzione: *additive manufacturing* e *subtractive manufacturing*. La produzione “additiva” è un metodo di costruzione delle parti che procede aggiungendo via via singoli sottili strati di materiale come, nel campo dell'edilizia, calcestruzzo o argilla. La produzione sottrattiva è un metodo di lavorazione dei pezzi a partire da un blocco di materiale e procedendo alla rimozione del materiale “superfluo” fino a giungere alla parte

to counter the breakdowns deriving from the structural crisis of the entrepreneurial political system (matured in the eighties and highlighted by the “Mani Pulite” judicial affair), emblematic case of lack of transparency and efficiency in the management of public tenders. By proposing a disarticulation of the “project” in three distinct phases (preliminary, definitive and executive) the legislator explicit form and content of the individual project plans for each phase.

² Building Information Modeling (BIM) has already been defined by the NIBS (National Institutes of Building Science, Washington, USA) as a “digital representation of physical and functional characteristics of an object” (see <https://www.nibs.org/>).

³ While on the one hand there is advanced research that aims at upgrading the current digital construction tech-

nologies and which refers to robotics as a field of priority speculation, the trend of the devices currently in use is that of a progressive simplification of the interfaces and economic accessibility (at least for the simplest devices). Therefore, a scenario is envisaged in which a technologically advanced (high-tech) design can become the prerequisite for simplified (low-tech) construction processes. This makes it plausible, in a medium and long-term forecast, a process of democratization of Architecture (in relation to small and medium-scale artefacts), linked to the diffusion of a “personal fabrication” model (on the “WikiHouse” model) that can be fed by the spread of communities that already share online services and technologies or that share experiences of prototyping digitally produced products.

⁴ The research is entitled: “Temporary/

finita. Questo metodo, utilizzato nella sperimentazione oggetto del paper, nel campo edilizio fa riferimento al legno come materiale principale.

¹⁰ Il riferimento è principalmente al contesto asiatico e soprattutto medio orientale dove persistono, in alcuni casi, visioni “scenografiche” e “consumistiche” della tecnologia alimentate da una scarsa cultura dell'ambiente.

REFERENCES

Anderson, C. (2016), “The long tail”, *Wired*.

Borutti, S. (1997), “Costruttivismo e progettualità. Una prospettiva epistemologica”, in Nardi, G. (Ed.), *Aspettando il progetto*, Franco Angeli, Milano.

Burphy, J. and Burphy, M. (2016), *Prototyping for Architects. Real Building for the Next Generation of Digital Designers*, Thames & Hudson, London.

Campioli, A. (1993), *Il contesto del progetto*, FrancoAngeli Editore, Milano.

Caneparo, L. (2012), *Fabbricazione digitale dell'architettura. Il divenire della cultura tecnologica del progettare e del costruire*, Franco Angeli, Milano.

Dies, T. (2018), *Fab City: The Mass Distribution of (almost) Everything*, Design market platform, Barcelona.

Gramazio, F. Willmann, J. and Kohler, M. (2014), *The Robotic Touch: How Robots Change Architecture*, Park Books, Zurich.

Gramazio, F. and Kohler, M. (2014), *Made by Robots: Challenging Architecture at a Larger Scale*, Academy Press, Mendrisio.

Hill, C. (2016), *This is Temporary: how transient projects are redefining architecture*, Riba Publishing, London.

Kolarevic, B. and Klinger, K. (2008), *Manufacturing material effects: rethinking design and making in architecture*, Routledge, New York/London.

Koyrè, A. (2000), *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Einaudi, Torino.

Iwamoto, L. (2009), *DigitalFabrications*, Princeton, Architectural Press, New York.

Contemporary Architecture: adaptive and spontaneous strategies towards an unpredictable future”.

⁵ The constructive experimentation under way was financed by the CARISAP Foundation of Ascoli Piceno as part of a framework agreement with the University of Camerino.

⁶ The term “digital fabrication” implies different techniques and different approaches mainly referable to: digital manufacturing, or digital production of components that can be assembled on site, even in an analogical way; digital fabrication, where digital action is not carried out during the component construction phase but in the assembly phase. In this second case it is precisely the construction that is digitally managed where the components can also be produced with industrial or traditional logics (Pone, 2017). An example of digital fabrication is the robotic

production for architecture, in which the construction takes place by means of controlled and reprogrammable mechanical arms that use kinematics similar to those of CNC machines (computer numerical control).

⁷ A fab-lab (from the English *fabrication laboratory*) is in fact a workshop that offers customized digital fabrication services. A fab lab is generally equipped with a series of computerized instruments able to realize, in a flexible and semi-automatic way, a wide range of objects.

⁸ The software used is now a standard for digital fabrication, Rhinoceros combined with its Grasshopper plug-in.

⁹ Digital fabrication uses different technologies that can be attributed in the first instance to two production methods: additive manufacturing and subtractive manufacturing.

- La Creta, R. and Truppi, C. (1994), *L'architetto tra tecnologia e progetto*, Franco Angeli, Milano.
- Madhavan, G. (2015), "Pensare per prototipi", in Madhavan. G., *Come pensano gli ingegneri*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Mangiarotti, A. (2000), *Il progetto di architettura. Dall'euristico all'esecutivo*, Libreria CLUP, Milano.
- Menichelli, M. (2017), *Fab lab: revolution field manual*, Niggli Verlag, Sulgen (CH).
- Nardi, G. (2003), *Percorsi di un pensiero progettuale*, Libreria CLUP, Milano.
- Nebuloni, A. and Rossi, A. (2018), *Codice e progetto. Il computational design tra architettura, design, territorio, rappresentazione, strumenti, materiali e nuove tecnologie*, Mimesis, Milano.
- Pone, S. (2017), *MAKER. La fabbricazione digitale per l'architettura e il design*, Progedit, Bari.
- Reinhardt, D., Saunders, R. and Burry, J. (2016), *Robotic fabrication in architecture, art and design 2016*, Springer, Berlin.
- Russo Ermolli, S. (2018), *Innovazione tecnologica e modellazione informativa per l'efficienza dei processi*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).
- Schwab, K. (2016), *La quarta rivoluzione industriale*, Franco Angeli Editore, Milano.
- St Hill, S. (2016), *This is Temporary: how transient projects are redefining architecture*, Riba Publishing, London.
- Vittoria, E. (1992), "Il «costruttivismo progettante» di Konrad Waksman", prefazione al volume: Zorgno, A.M. (Ed.), *Costruzioni in legno: tecnica e forma*, Edizioni Angelo Guerini, Milano.

"Additive" production is a method of constructing the parts that proceeds by gradually adding single thin layers of material such as concrete or clay in the building industry. Subtractive production is a method of processing pieces starting from a block of material and proceeding to remove the "superfluous" material until it reaches the finished part. This method, used in the experimentation object of the paper, in the building field refers to wood as the main material.

¹⁰ The reference is mainly to the Asian and especially Middle Eastern context where, in some cases, a vision of the technology and a lack of environmental culture persists.