

Relazioni Talks

Nicola Parisi

Formare per trasformare. Il progetto architettonico dal CAD al CAM

Training for Evolving. The Architectural Project from CAD to CAM

Keywords: DIGITAL FABRICATION, CAD, CAM, ARCHITECTURAL DESIGN, CNC
Parole chiave: FABBRICAZIONE DIGITALE, CAD, CAM, PROGETTO ARCHITETTONICO, CNC

Gli strumenti digitali hanno ampliato notevolmente le possibilità di gestione del progetto di trasformazione e costruzione architettonica, offrendo l'opportunità di ottenere modelli virtuali in grado di approssimare anche il comportamento del progetto prima della fase realizzativa vera e propria. Le nuove frontiere del digitale, tuttavia, non si fermano alla previsione di quello che sarà, ma si spingono all'interno del processo di costruzione: nell'era della digital fabrication il ruolo dell'architetto e del progettista assume una nuova ed inedita responsabilità, quella della processualità costruttiva, sempre più governata dalle macchine, che si inverte nel CAM, il Computer Aided Machine, quel processo che conduce le forme progettate verso la loro realizzazione passando dalla definizione dei sistemi e delle attrezzature di produzione, alla definizione di tutti i parametri in relazione al materiale e agli utensili impiegati. Quale percorso formativo consentirà ai futuri architetti di essere pronti a tali scenari di lavoro? Il paper sviluppa il tema precedentemente definito anche mediante la descrizione di esperienze realizzate all'interno del Corso di Laurea in Architettura del Politecnico di Bari. Il lavoro di progetto è stato integrato con un'intensa attività di laboratorio svolta in diverse sedi e più recentemente presso il FabLab Poliba, il Laboratorio di Fabbricazione digitale del Politecnico di Bari.

Digital tools have considerably expanded the possibilities of managing transformation and architectural construction projects, offering the opportunity to obtain virtual models that can also approximate projects behaviour before the construction step. The new digital frontiers, however, do not stop at predicting what will be, as they enter the construction process: in the digital fabrication era, the role of architects and designers takes on the new and unprecedented responsibility of the constructive processuality, more and more governed by the machines, that is invoked in the CAM, the Computer Aided Machine, the process that leads the designed forms towards their realization passing from the definition of the production systems and equipment, to the definition of all the parameters in relation to the material and tools to be used. Which training course will allow future architects to be ready for such work scenarios? The paper develops the previously defined theme also through the description of experiences carried out within the degree course in Architecture of the Polytechnic University of Bari. Project work was integrated with an intense laboratory activity carried out in different locations and more recently at the FabLab Poliba, the Digital Manufacturing Laboratory of the Polytechnic University of Bari.



DOI: <https://doi.org/10.6092/issn.2036-1602/9064>

Una rapida indagine sui principali motori di ricerca in rete riguardo al tema "How was designing done before Cad?" restituisce un discreto numero di pagine su articoli, saggi e raccolte fotografiche, che raccontano di architetti, ingegneri e tecnici chini su tavoli da disegno o distesi su ampi lenzuoli di carta, immersi nel disegno di grandissime cartografie urbane o di tavole di dettaglio su elementi costruttivi di un aeromobile. Esse raccontano di una professione in cui non vi era ancora la possibilità di gestire il modello virtuale di progetto, e che quindi necessitava di controllare il processo progettuale attraverso selezionate immagini tecniche gestite dal disegno manuale.

Ormai il CAD (*Computer Aided Design*) ha completamente soppiantato quel mondo, e oggi siamo nelle condizioni di gestire un progetto di trasformazione e costruzione architettonica attraverso modelli virtuali sempre più aggiornati e integrati, che riescono a replicare con sempre meno approssimazione il reale comportamento del progetto prima della sua effettiva realizzazione.

Il vero discriminante nell'evoluzione della disciplina del progetto architettonico, però, oggi non è più il mondo del digitale, nella replica virtuale di un progetto, bensì sono le nuove frontiere del digitale applicato al mondo della costruzione, quindi il settore della *digital fabrication*. Questo perché con il progredire delle tecnologie di fabbricazione, sempre più governate dal controllo numerico (CNC), e con l'inesorabile tramonto dei mestieri tradizionali – anche nel settore delle costruzioni edili e architettoniche –, il ruolo dell'architetto e del progettista assume un nuovo e inedito obiettivo: detenere la responsabilità complessiva delle trasformazioni attraverso il progetto, compresa la processualità costruttiva sempre più governata da macchine.

Il mondo delle costruzioni sta progressivamente perdendo numerose figure del cantiere tradizionale, ma allo stesso tempo sta acquisendo metodi e processi costruttivi governati dal controllo numerico. Una *boiserie* di legno pensata e disegnata da un *interior designer* era realizzata dalle sapienti mani di un maestro

artigiano formatosi durante numerosi anni di bottega. Oggi, la stessa *boiserie* è prodotta da un ciclo di lavorazioni digitali che magari coinvolgono un laser cutter su banco e un pantografo con un elettromandrino a quattro assi.

A chi spettano la responsabilità e la direzione del processo di produzione in laboratorio? Sta nascendo una nuova dimensione del progetto che s'inverna nel CAM, il *Computer Aided Machine*, ossia quel processo che conduce le forme progettate verso la loro realizzazione passando dalla definizione dei sistemi e delle attrezzature di produzione alla definizione di tutti i parametri in relazione al materiale e agli utensili impiegati. Sta emergendo una nuova consapevolezza tecnica che vuole rivoluzionare lo stesso mondo del progetto. Diventerà impossibile governare in maniera corretta le trasformazioni in architettura senza considerare la complessità del nuovo mondo del progetto, che annette oramai anche la nuova frontiera della fabbricazione digitale. Quale percorso formativo consentirà ai futuri architetti di essere pronti a tali scenari di lavoro?

Il paper sviluppa il tema precedentemente definito anche mediante la descrizione di esperienze realizzate all'interno del Corso di Laurea in Architettura del Politecnico di Bari, durante le quali gli studenti hanno sviluppato percorsi di progetto strettamente connessi al mondo della costruzione in genere, e alla dimensione della fabbricazione digitale nel cantiere. Il lavoro di progetto è stato integrato con un'intensa attività di laboratorio svolta in diverse sedi e più recentemente presso il FabLab Poliba, il Laboratorio di Fabbricazione digitale del Politecnico di Bari.

IMPARARE IL PROGETTO NELLA PRATICA COSTRUTTIVA IN EVOLUZIONE

In architettura la disciplina più importante, il progetto, è quella più difficile da trasmettere. Le ragioni sono molteplici: la mancanza di un *corpus* di nozioni specifiche strettamente tecniche a differenza di altre materie; lo stato di conflitto ideologico tra diverse posizioni nella teoria del progetto; il ruolo direttivo e armonico che la disciplina riveste rispetto ad altre competenze; la difficoltà con cui l'accademia riesce a progredire rispetto all'evoluzione del mondo del lavoro, e forse molte altre ancora. Certo è che oggi non esiste un protocollo unico per trasmettere la competenza del progetto, né tantomeno in una singola scuola possono essere sempre osservati approcci analoghi. Il ruolo e la singolarità del docente appaiono per ora una variabile molto pesante nell'insegnamento del progetto, e non può che essere così, dato che il progetto è una *materia da bottega* che s'impara affiancando qualcuno con maggiore esperienza e con risultati tangibili, anche se c'è chi rintraccia la tangibilità della pratica nell'opera realizzata, e chi, invece, la circoscrive al solo disegno.

A ogni modo, è nell'esercizio del progetto che si apprende il progetto, e la competenza arriva con il tempo, con la pratica che si reitera. Il mondo del progetto, però, cambia in fretta non semplicemente per l'avvicinarsi di strumenti diversi bensì anche nella sostanziale variazione del rapporto progetto/costruzione. Chi pratica oggi gli studi di architettura si confronta con un'industria delle costruzioni che è in continua evoluzione, e il prossimo futuro ci proporrà con ancora maggiore velocità l'emergere di paradigmi della costruzione strettamente connessi al mondo del digitale.

Le capacità artigianali nei settori delle finiture, così come quelle specifiche della costruzione muraria e della carpenteria, presupponevano una formazione lunga e continua in bottega, o nel cantiere; solo con decenni di pratica si riusciva a governare una capacità realizzativa spendibile nel settore delle costruzioni. Il progetto di architettura, che doveva comunque con-

frontarsi con il mondo della costruzione, aveva *al suo servizio* capacità pratiche nelle risorse umane del cantiere così elevate da garantire risultati di qualità anche quando la poca coscienza sulle tecniche di realizzazione caratterizzava alcuni elaborati di progetto. Oggi, sempre di più, queste figure stanno scomparendo, e il progetto di architettura si trova a doversi confrontare con un'elevata prefabbricazione e/o un *su misura* gestito principalmente dal settore della fabbricazione digitale.

Questa evoluzione dell'industria del costruire pone un paradigma nuovissimo nella pratica del progetto, ossia la traslazione di una parte delle competenze nella fabbricazione direttamente al progettista: per conformare uno spazio di grandi dimensioni – come spesso avviene, ad esempio, nelle strutture sportive –, non si potranno ignorare le modularità e i campi di variabilità della prefabbricazione aggiornata del legno o del cemento; per disegnare il sistema del decoro plastico di un interno non si potranno ignorare le specifiche opportunità e i limiti della manifattura additiva e/o della fresatura a controllo numerico.

Tutto ciò significa che oggi, come ieri, l'architetto e il progettista non possono rimanere a distanza rispetto al mondo della produzione e all'industria delle costruzioni. Cambia la dimensione tecnica, che oggi diventa sempre più governata dall'automazione e dal digitale; non cambia, invece, l'intima connessione del progetto alla costruzione. Sembra evidente, perlomeno a chi scrive, che per proporre un adeguato insegnamento al progetto sia necessario accostare sin dai primi anni della formazione di un architetto il cantiere come luogo preferenziale dell'apprendimento della forma costruita, che è la sostanziale *materia* del progetto. Senza meravigliarsi della necessità primordiale di toccare i materiali, di sollevare pesi, di sentire la forza di un incastro.

Da circa dieci anni la proposta che alcuni dei laboratori e workshop di Progettazione Architettonica del Politecnico di Bari offrono è fondata su questa consapevolezza. Un approccio che sicuramente fonda le sue origini nell'*imprinting* cultu-

rale della fondazione della Scuola di Bari, ma che continua a confermare questo metodo nelle sfaccettate esperienze degli attuali docenti nel progetto.

Tra le primissime esperienze vi sono i workshop sulle tecniche tradizionali della costruzione muraria, messi in atto dal 2010 nell'ambito dei Laboratori di Progettazione del primo anno svolti presso il Formedil di Bari, ente scuola provinciale per la formazione professionale in edilizia: quattro edizioni organizzate fino al 2015 che hanno rappresentato un'esperienza di cantiere reale strettamente collegata al tema di progetto adottato nei rispettivi laboratori.

C'è stata poi l'istituzione della International Summer Academy "Self Made Architecture" sui cantieri tradizionali e sperimentali del Do It Yourself applicato al mondo dell'architettura: tre edizioni, di cui la prima condotta a Bari con la partecipazione di studenti italiani e turchi, la seconda ad Ankara e la terza di nuovo a Bari, nel neonato Centro per Fabbricazione Digitale FabLab Poliba, dove hanno luogo anche le ultime attività sperimentali dei Laboratori di progettazione del terzo anno.

IMPARARE IL PROGETTO NELLA PRATICA COSTRUTTIVA IN EVOLUZIONE

In architettura la disciplina più importante, il progetto, è quella più difficile da trasmettere. Le ragioni sono molteplici: la mancanza di un *corpus* di nozioni specifiche strettamente tecniche a differenza di altre materie; lo stato di conflitto ideologico tra diverse posizioni nella teoria del progetto; il ruolo direttivo e armonico che la disciplina riveste rispetto ad altre competenze; la difficoltà con cui l'accademia riesce a progredire rispetto all'evoluzione del mondo del lavoro, e forse molte altre ancora. Certo è che oggi non esiste un protocollo unico per trasmettere la competenza del progetto, né tantomeno in una singola scuola possono es-

sere sempre osservati approcci analoghi. Il ruolo e la singolarità del docente appaiono per ora una variabile molto pesante nell'insegnamento del progetto, e non può che essere così, dato che il progetto è una *materia da bottega* che s'impara affiancando qualcuno con maggiore esperienza e con risultati tangibili, anche se c'è chi rintraccia la tangibilità della pratica nell'opera realizzata, e chi, invece, la circoscrive al solo disegno.

A ogni modo, è nell'esercizio del progetto che si apprende il progetto, e la competenza arriva con il tempo, con la pratica che si reitera. Il mondo del progetto, però, cambia in fretta non semplicemente per l'avvicinarsi di strumenti diversi bensì anche nella sostanziale variazione del rapporto progetto/costruzione. Chi pra-

tica oggi gli studi di architettura si confronta con un'industria delle costruzioni che è in continua evoluzione, e il prossimo futuro ci proporrà con ancora maggiore velocità l'emergere di paradigmi della costruzione strettamente connessi al mondo del digitale.

Le capacità artigianali nei settori delle finiture, così come quelle specifiche della costruzione muraria e della carpenteria, presupponevano una formazione lunga e continua in bottega, o nel cantiere; solo con decenni di pratica si riusciva a governare una capacità realizzativa spendibile nel settore delle costruzioni. Il progetto di architettura, che doveva comunque confrontarsi con il mondo della costruzione, aveva al suo servizio capacità pratiche nelle risorse umane del cantiere così elevate da garantire risultati di qualità anche quando la poca coscienza sulle tecniche di realizzazione caratterizzava alcuni elaborati di progetto. Oggi, sempre di più, queste figure stanno scomparendo, e il progetto di architettura si trova a doversi confrontare con un'elevata prefabbricazione e/o un *su misura* gestito principalmente dal settore della fabbricazione digitale.

Questa evoluzione dell'industria del costruire pone un paradigma nuovissimo nella pratica del progetto, ossia la traslazione di una parte delle competenze nella fabbricazione direttamente al progettista: per conformare uno spazio di grandi dimensioni – come spesso avviene, ad esempio, nelle strutture sportive –, non si potranno ignorare le modularità e i campi di variabilità della prefabbricazione aggiornata del legno o del cemento; per disegnare il sistema del decoro plastico di un interno non si potranno ignorare le specifiche opportunità e i limiti della manifattura additiva e/o della fresatura a controllo numerico.

Tutto ciò significa che oggi, come ieri, l'architetto e il progettista non possono rimanere a distanza rispetto al mondo della produzione e all'industria delle costruzioni. Cambia la dimensione tecnica, che oggi diventa sempre più governata dall'automazione e dal digitale; non cambia, invece, l'intima connessione del progetto alla costruzione. Sembra evi-



Figure 1-2-3-4: fasi di cantiere nella costruzione della volta a vela con tecnica alla saracena.



dente, perlomeno a chi scrive, che per proporre un adeguato insegnamento al progetto sia necessario accostare sin dai primi anni della formazione di un architetto il cantiere come luogo preferenziale dell'apprendimento della forma costruita, che è la sostanziale *materia* del progetto. Senza meravigliarsi della necessità primordiale di toccare i materiali, di sollevare pesi, di sentire la forza di un incastro. Da circa dieci anni la proposta che alcuni dei laboratori e workshop di Progettazione Architettonica del Politecnico di Bari offrono è fondata su questa consapevolezza. Un approccio che sicuramente fonda le sue origini nell'*imprinting* culturale della fondazione della Scuola di Bari, ma che continua a confermare questo metodo nelle sfaccettate esperienze de-

gli attuali docenti nel progetto.

Tra le primissime esperienze vi sono i workshop sulle tecniche tradizionali della costruzione muraria, messi in atto dal 2010 nell'ambito dei Laboratori di Progettazione del primo anno svolti presso il Formedil di Bari, ente scuola provinciale per la formazione professionale in edilizia: quattro edizioni organizzate fino al 2015 che hanno rappresentato un'esperienza di cantiere reale strettamente collegata al tema di progetto adottato nei rispettivi laboratori.

C'è stata poi l'istituzione della International Summer Academy "Self Made Architecture" sui cantieri tradizionali e sperimentali del Do It Yourself applicato al mondo dell'architettura: tre edizioni, di cui la prima condotta a Bari con la par-

tecipazione di studenti italiani e turchi, la seconda ad Ankara e la terza di nuovo a Bari, nel neonato Centro per Fabbricazione Digitale FabLab Poliba, dove hanno luogo anche le ultime attività sperimentali dei Laboratori di progettazione del terzo anno.

GLI STAGE AL FORMEDIL DI BARI

L'esperienza degli stage denominati "Santi Quattro Coronati", in onore dei quattro scalpellini cristiani che subirono il martirio sotto l'impero di Diocleziano, ha inizio nel 2010 da una stretta collaborazione tra l'*Association ouvrière des compagnons du devoir du tour de France* e la Facoltà di Architettura del Politecnico di Bari. L'occasione è data dai corsi di Progettazione Architettonica del primo anno, che assumono il tema del progetto di una casa unifamiliare attraverso la scelta di tecniche della costruzione muraria portante. Lo stage è nato con l'intenzione di fornire agli studenti un'occasione preliminare di conoscenza diretta del cantiere murario prima di approcciarsi all'esercizio di progetto: sono stati così ideati cinque padiglioni, ognuno dei quali ha interpretato un elemento della fabbrica tradizionale in muratura, ossia il muro, la scala elicoidale, la cupola continua, la cupola intrecciata o la volta a crociera. Tutti gli studenti, organizzati in squadre di cantiere e muniti di tute da lavoro, caschi e guanti, hanno lavorato con le proprie mani, per una settimana, alla reale costruzione dei manufatti, accompagnati dai docenti di progettazione e dai maestri francesi.

La seconda e la terza edizione hanno visto lo stesso schema, rivolgendosi ai sistemi coprenti del mondo della costruzione muraria e lignea. In particolare, l'edizione del 2011 ha proposto la costruzione di una navata su quattro moduli quadrati, ognuno dei quali coperto con tecniche differenti: dall'intreccio di archi alla volta a botte in muratura, dalla tradizionale capriata lignea al brevetto della volta lignea di Philibert de l'Orme sulla *Nouvelles inventions pour bienbâtir et à petits frais*.¹

Tra i prototipi più interessanti, quello che

ha previsto la costruzione di una volta a vela su pianta quadrata, utilizzando la tecnica della fabbricazione *alla saracena* con tavelle di laterizi forati e gesso a presa rapida. I pilastri di supporto angolari sono stati realizzati in tufo, per un'altezza di circa 80 cm; successivamente è stata realizzata una centina in carpenteria lignea, sulla quale sono stati impostati i quattro archi di bordo della vela; infine, tra gli arconi è stata apparecchiata la calotta sferica a vela procedendo per anelli concentrici dal basso verso l'alto, fino alla chiusura della chiave.

La tecnica di apparecchiatura detta *alla saracena* utilizza la classica presa rapida del gesso per operare mediante strati paralleli sovrapposti a giunti sfalsati, restituendo una costruzione che si avvicina maggiormente a un sistema a corpo unico piuttosto che a uno classicamente spingente, com'è tipico delle strutture voltate. Ogni livello è costruito realizzando strati sottili in cui le tavelle in laterizio sono disposte parallelamente all'asse della superficie voltata: si viene così a produrre una volta dallo spessore molto sottile, dato dalla somma degli strati di tavelle sovrapposti. L'apparecchiatura della volta è guidata da una randa centrale che corrisponde al raggio della calotta sferica incernierata nel centro della figura solida, capace, quindi, di ruotare liberamente nell'emisfero superiore della sfera; la randa serve a tenere provvisoriamente in posizione geometricamente corretta la singola tavella, in attesa che il gesso usato per ancorarla alla struttura già esistente faccia presa, e consenta poi di poterla liberare dall'appoggio provvisorio.

Tutta la costruzione della calotta avviene reiterando tale processo costruttivo per ogni pezzo, sino alla chiusura della chiave di volta. Se la calotta è composta di due o più strati paralleli di tavelle si procede alla realizzazione di tutti gli strati uno dopo l'altro, ma senza attendere la conclusione completa del primo strato fino alla chiave: perché la sovrapposizione degli ulteriori strati, necessariamente con giunti sfalsati, serve a irrigidire il manufatto in maniera da poter salire su di esso per completare le parti più alte.



In ogni caso, solo la chiusura completa della chiave consente di mettere in completa tensione la volta così da poterla caricare (Figg. 1-2-3-4.).

Durante la quarta edizione sono stati sperimentati prototipi che hanno gradualmente introdotto anche il tema del controllo digitale degli elementi della costruzione, mediante attività di disegno esecutivo finalizzato alla produzione di elementi chiave nella gestione del cantiere. Tra i temi affrontati vi è stato la realizzazione di un padiglione su pianta quadrata coperto da quattro paraboloidi iperbolici in trazione: il prototipo ha pre-

visto l'appoggio su quattro punti di quattro coppie di cavalletti; ogni punto di appoggio ha ricevuto due supporti, ognuno appartenente a coppie di cavalletti differenti. La superficie IPAR è stata realizzata mediante la tessitura delle rigate corrispondenti, utilizzando cavi in tensione.² Il cantiere, sviluppato in tre giorni, ha visto la sua parte iniziale dedicata al disegno tecnico esecutivo delle piastre di giunzione di acciaio, cui era demandata la geometria generale del padiglione. Gli studenti hanno modellato le quattro piastre agli appoggi e le quattro di testa in ambiente virtuale, e hanno poi realizza-

Figure 5-6-7-8: Fasi di cantiere nella costruzione del prototipo con paraboloidi iperbolici in trazione

to lo sviluppo in piano delle stesse per la loro realizzazione mediante taglio e foratura laser e successiva presso-piegatura. Le piastre così realizzate hanno dato il via alla costruzione in cantiere, dettando con precisione le geometrie complessive. Significativa è stata la meraviglia degli studenti che, dopo il posizionamento dei quattro appoggi secondo l'esecutivo di cantiere, sono riusciti ad assemblare i cavalletti in poco tempo, e senza alcuna difficoltà: una dimostrazione pratica di come in architettura il giunto contiene complessivamente quasi tutte le geometrie della costruzione. I cavalletti così posizionati sono stati dapprima sostenuti con coppie di puntelli di legno, per poi iniziare una delicata fase di tessitura delle rigate mediante cavi spessi di nylon, passando negli ugelli precedentemente predisposti sulle aste dei cavalletti: una complessa ma divertente fase in cui gli studenti, divisi in gruppi, hanno lavorato per circa una giornata incrociando le differenti trame delle quattro superfici. Ogni testa di cavo era mandata in trazione da un peso in ottone opportunamente predisposto.

Ultimo ma decisivo momento, l'eliminazione dei puntelli di sostegno con la straordinaria risposta dei singoli cavalletti a sbalzo, che dopo un'oscillazione hanno lentamente preso posizione come quattro ali sospese in aria (Figg. 5-6-7-8).³

L'INTERNATIONAL SUMMER ACADEMY "SELF MADE ARCHITECTURE"

Questa Academy è stata ideata per divenire sia un luogo di confronto sul tema dell'autocostruzione che un banco di prova per le tecniche nate dalla ricerca sperimentale. L'idea portante è quella di costruire un cantiere teorico/pratico continuo nel tempo e nei luoghi, che possa costituire una casa per la ricerca e la conoscenza nel campo dell'autocostruzione, in cui studenti e appassionati di architettura acquisiscano nozioni e informazioni sulle tecniche per l'autocostruzione, e nello stesso tempo si cimentino in attività pratiche di cantiere.

Una scelta forte è stata quella di pensare a un evento all'interno del tessuto urba-



no della città ospitante, quindi non una formazione pratica tra le pareti di un ente di formazione o di un'accademia bensì un'esperienza vissuta nel cuore di una città, a contatto con quella qualità urbana che sempre deve essere musa ispiratrice di ogni atto costruttivo.

L'internazionalizzazione dell'evento, ossia la volontà di avere studenti provenienti da paesi diversi, è l'altra fondamentale caratteristica della *summer school*: il format previsto per la prima edizione, realizzata tra il 7 e il 14 luglio 2013 a Bitonto, ha visto la *partnership* tra due università, il Politecnico di Bari, come sede opera-

tiva, e la Atilim University di Ankara, che ha da subito mostrato interesse verso il progetto iscrivendo venticinque studenti, accompagnati da una delegazione di docenti.

La proposta di lavoro si è fondata sulla volontà di affiancare differenti esperienze tecniche, delle quali gli studentisono parte attiva. Due di queste hanno proposto la trasmissione di un sapere costruttivo che possa essere trasferito a soggetti non specializzati mediante l'insegnamento diretto di un maestro. La terza proposta, invece, si è distanziata completamente dalle altre, non consistendo



si sono suddivise radialmente aste rigide di bamboo, ottenendo così fasce più esili e quindi più deformabili; queste ultime sono state posizionate ai vertici dell'ottagono di base annegandole in otto secchi di latta riempiti con sabbia fine.

Dopo il posizionamento di tutte le aste si è proceduto alla piegatura delle stesse, con una sovrapposizione in asse al piano fino a ottenere la misura precisa di ogni arco, e quindi fissando le due aste con nodi efficaci. Dopo aver ripetuto per ogni arco l'operazione, si è proceduto al fissaggio degli incroci mutui mediante ulteriori nodi: quest'operazione conclusiva ha definitivamente restituito le forme delle due calotte di progetto.

La tecnica delle aste flessibili consente di applicare direttamente l'approccio topologico nella reale pratica costruttiva, sottraendolo al suo dominio di elezione, la modellazione in virtuale. La flessibilità estrema delle aste rette, che possono conformarsi ad aste curve, realizza nella pratica l'operazione della piegatura nel piano che è la prima e più semplice deformazione topologica. Nel nostro caso, la realizzazione di una superficie spaziale, come una calotta sferica o parabolica, è avvenuta mediante la sua discretizzazione, in una teoria di archi piani di sezione (Figg. 9-10-11-12.).

Il terzo prototipo, invece, è diverso dai due già descritti per l'impostazione metodologica. Sia nella costruzione alla saracena che nella tecnica delle aste *flessibili* è necessaria la presenza di un maestro, ossia qualcuno che detenga un sapere teorico relativo a quel sistema da trasmettere ad altre persone mediante l'applicazione pratica, trasferendo segreti e dettagli utili a un affinamento della tecnica. Tutto ciò è simile a quello che succede in un qualsiasi cantiere edilizio, dove la tecnica si trasmette dal maestro all'apprendista. La sperimentazione sui piccoli pezzi, che invece caratterizza il terzo manufatto, non ha invece bisogno di maestri. Non è una tecnica trasmissibile, bensì un processo costruttivo chiaramente descrivibile e facilmente applicabile, che consente a chiunque di poter mettere in opera un elemento architettonico. Tutta la complessità risiede in ciò

nella trasmissione di un sapere costruttivo bensì nell'applicazione di un processo costruttivo standardizzato frutto di una ricerca applicata; non vi è quindi un maestro bensì un protocollo attuativo che guida gli autocostruttori nella loro opera. Il primo prototipo ha replicato un'esperienza già condotta durante gli stage del Formedil sulla tecnica *alla saracena*. Nel secondo prototipo la tecnica utilizzata per la progettazione ed esecuzione del manufatto è stata quella della costruzione di forme complesse mediante l'utilizzo di aste flessibili, adottando il bamboo splitter come materiale. La forma adottata, anche in questo caso, è una superficie voltata a doppio guscio, formata da una calotta parabolica estradossata e da una sferica intradossata. Essendo entrambe impostate su una pianta circolare – di 4

metri circa di diametro –, risultano evidentemente staccate tra loro: in realtà le superfici sono state realizzate mediante una discretizzazione delle stesse in una teoria di otto archi incrociati, ognuna su una pianta ottagonale; su ogni lato dell'ottagono, inscritto alla circonferenza di base, piani verticali intersecano geometricamente le due calotte generando i sedici archi, di cui otto circolari e otto parabolici. Questa geometria compositiva è stata messa in opera attraverso la deformazione degli elementi generatori, gli archi, originariamente ricondotti ad aste rette. Per ogni arco si sono generate due aste rette, con una lunghezza complessiva di poco superiore a quella di ogni arco, che sono state posizionate nei vertici dell'ottagono. Per realizzare le aste flessibili, mediante l'utilizzo dello splittatore,

Figure 9-10-11-12: fasi di cantiere nella costruzione della cupola a doppia calotta in bamboo.

che precede l'atto costruttivo, dominio assoluto del progettista, che in questo caso è il *maestro occulto* dell'opera.

Il prototipo proposto consta di un vano quadrato chiuso da tre murature portanti, e da una trave di legno sul quarto lato che consente l'accesso durante le fasi costruttive; le murature sono realizzate mediante uno stesso tipo di concio, tranne nelle legature in angolo, dove sono previsti conci speciali. La copertura è realizzata con un sistema intrecciato di piccoli pezzi di legno. Il processo costruttivo è analiticamente descritto e illustrato in un libretto di costruzione che dapprima individua morfologicamente tutti i pezzi, assegnando a ognuno di essi un nome cifrato, per poi rappresentare, fase dopo fase, il montaggio dell'opera, indicando i

pezzi coinvolti in ogni passaggio.

L'impostazione di questo piccolo cantiere è stata pensata per verificare al meglio l'efficacia del sistema. Tutti gli auto-costruttori scelti per questo gruppo sono studenti dell'Atilim University che non conoscono per niente il prototipo: a essi vengono consegnati il libretto di costruzione e l'area di cantiere con i pezzi ordinati, da una parte, e lo spazio per il montaggio, dall'altra.

Giunti alla conclusione delle murature si è cominciato a impostare la costruzione del solaio reciproco: questa è avvenuta secondo una procedura obbligata per concludere l'opera. La consequenzialità dei pezzi e la loro movimentazione sono state ben definite, e nei vari passaggi costruttivi è stato necessario l'ausilio di

puntoni per sostenere provvisoriamente l'intreccio durante le fasi intermedie.

Con la conclusione di tutte le fasi, i puntoni possono essere eliminati, e la copertura può reggersi in autonomia. Non vi è prova più efficace del testare il prototipo con il proprio peso: a turno ogni componente del gruppo è salito sul solaio, verificandone la tenuta. Per motivi di sicurezza del cantiere, le murature sono state erette fino a un'altezza massima di 1,5 metri, alla quale è stata impostata la costruzione del solaio (Figg. 13-14-15-16. Didascalia unica: fasi di cantiere durante la realizzazione del prototipo della 1° edizione dell' Academy).

La seconda edizione dell'Academy ha avuto luogo ad Ankara. Un gruppo simile a quello attivo nella precedente edizione ha realizzato tre prototipi con la medesima impostazione, in una piazza della capitale turca: due fondati sul recupero di tradizioni costruttive in legno di area anatolica, la terza impostata sulla sperimentazione di un nuovo prototipo, incentrato sulla tecnica della muratura a sacco rieditata. Gli studenti hanno fatto esperienza sia della costruzione tradizionale di una carpenteria lignea che del disegno e taglio a fresa dei componenti che poi hanno assemblato in cantiere, al fine di ottenere casseri sovrapponibili a incastro, man mano riempiti con materiale di risulta (proveniente da abitazioni in pietra crollati in un'area vicina al cantiere).

L'azione di zavorramento, molto istruttiva, ha consentito la presa di coscienza sul ruolo del peso nella costruzione, oltre a un interessante approfondimento sul tema della circolarità nel riuso dei materiali da costruzione in architettura (Figg. 17-18-19-20).

IL CENTRO TECNOLOGICO PER LA FABBRICAZIONE DIGITALE FABLAB POLIBA

Il 21 aprile 2018 il Politecnico di Bari ha inaugurato il FabLab Poliba, un centro tecnologico specializzato sulle tecniche di fabbricazione digitale applicate all'architettura e al design. Ideato al fine di essere il luogo preferenziale per lo svolgimento di esperienze di formazio-





Figure 17-18-19-20: Fasi di cantiere durante la realizzazione dei prototipi della 2° edizione dell'Academy

ne pratica, è allestito su due piani, con una sezione di uffici e aule affiancata a un grande laboratorio equipaggiato con attrezzature a controllo numerico: stampanti 3d – anche di grande formato –, scanner volumetrici, tavole grafiche digitali, pantografi a CNC, banchi per il taglio laser e bracci robotici. È iniziata così una stagione progettuale e costruttiva dedicata anche agli ultimi anni del Corso di Laurea in Architettura o della magistrale in Design, oltre che alla formazione post-laurea. Questa volta il carattere predominante di tutte le proposte messe in atto è la dimensione del digitale quale condizione del costruire contemporaneo: pertanto è iniziata una programmazione di eventi e summer school specificamente dedicata al progetto in questa chiave (Figg. 21-22).

Una delle esperienze più rappresentative è stata la terza edizione della International Summer Academy, che ha abbracciato completamente il tema dell'avanzamento digitale nel mondo del progetto proponendo un format così innovativo da esser finanziato con un contributo della Regione Puglia. A differenza delle prime due edizioni, la terza non ha previsto una collaborazione solo tra due università, bensì una vera e propria call internazionale cui hanno partecipato più di sessanta studenti e giovani laureati provenienti anche da continenti diversi. La selezione prevista ha formato una classe di 27 persone, che ha lavorato nel FabLab dal 2 al

7 luglio 2018. Questa volta il tema è stato quello del progetto attraverso la modellazione generativa, l'impiego di software dedicati alla scrittura di algoritmi di forma, quali Grasshopper, e software CAM di gestione delle macchine impiegate per la fabbricazione del prototipo.

Il tema di progetto è stato fornito da un comitato di imprese locali che hanno chiesto un prototipo per la copertura di alcuni resti di un sito monumentale molto vicino al FabLab stesso. Il gruppo di docenti e tutor, con l'ausilio di specialisti provenienti dall'American University di Beirut, hanno condotto i partecipanti alla sperimentazione su forme e sistemi costruttivi sempre riguardanti al tema dei piccoli pezzi, questa volta, però, non puntando sulla standardizzazione del pezzo e sulla sua semplice replicabilità, bensì sulla complessità della forma e sulla sua univoca gestione in costruzione, grazie alla dimensione della fabbricazione digitale. Il risultato finale è stato un prototipo a ombrello, costituito da un numero elevato di placche piane, ognuno con una forma diversa poiché risultanti dalla deformazione parametrica di una geometria spaziale di partenza. Le placche si sostengono tra loro mediante cerniere avvitate, e l'azione combinata delle trazioni messa in atto da una struttura tubolare cubica – cui sono ancorati i vari punti – consente la messa in forma del prototipo progettato.

In questa esperienza il paradigma pro-

gettuale e costruttivo è completamente nuovo. Il design generativo consente una variazione delle geometrie con la conseguente variazione di forma del suo *pattern costruttivo*, applicato senza che questo generi una difficoltà nel cantiere, purché, però, la realizzazione sia sempre coerente con le tecniche disponibili.

La tecnica adottata per la realizzazione del prototipo, in questo caso, è stata il taglio laser. Dopo la chiusura del progetto, i partecipanti hanno prima sperimentato la sua costruzione in scala ridotta, per verificare l'esattezza del procedimento immaginato, poi lo hanno riapplicato in scala reale, nel prototipo definitivo.

Si è messo in atto un percorso formativo del progetto che ha consentito agli studenti di essere attori in tutte le fasi, fino alla costruzione: dal concept iniziale alla scrittura dell'algoritmo formale di partenza, dalla variabilità della forma alla sua ottimizzazione, dal paneling dei vari pezzi alla scrittura del gcode per la produzione in CAM, al montaggio diretto del prototipo. Da sottolineare è l'impossibilità della progettazione e costruzione di un prototipo simile con approcci tradizionali, in cui è inapplicabile la precisione con cui il processo digitale posiziona forme di taglio, tutte diverse, fori di ancoraggio per l'incernieramento millimetricamente definiti nella loro posizione (Figg. 23-24).⁴

L'approccio sperimentato nella terza edizione del "Self Made" è lo stesso che il FabLab propone anche nei corsi di progettazione architettonica del terzo anno, condotti da chi scrive, in cui la concezione formale segue una presa di coscienza sulla forma costruita che viene in prima battuta sperimentata in laboratorio. In quello di progettazione dell'anno accademico 2017/18 il tema di progetto ha previsto l'ideazione di un padiglione scientifico attraverso l'impiego di tecniche costruttive in sistemi reciproci. Gli studenti hanno approfondito la loro trama mediante prototipizzazioni di laboratorio per poi adottarla nel progetto d'anno, e risolverla anche alla scala più ampia del progetto d'architettura (Figg. 25-26-27-28).

Il Centro Tecnologico propone le medesime modalità di apprendimento pro-





l'esercizio del trasformare l'*habitat* umano. Il rapporto tra progetto e costruzione è sempre stato alla base di un sano insegnamento del progetto architettonico, e le esperienze descritte in questo saggio dimostrano che esso continua a svolgere un ruolo di primo piano anche in un momento così delicato come quello della virata digitale del mondo delle costruzioni. La consapevolezza della forma costruita è sempre necessaria e non potrà mai essere esclusa dalla formazione di un architetto, che dovrà dare un contributo a un reale cantiere di trasformazione. Infine, durante queste iniziative non abbiamo non potuto notare l'approccio appassionato che caratterizza la gran parte degli studenti che si formano al progetto: un aspetto non secondario che va coltivato per formare gli architetti che andranno a operare nel prossimo futuro.

gettuale anche nel Corso di Laurea Magistrale in Design Industriale; durante gli esami di progetto e la tesi gli studenti affiancano alla teoria del progetto anche la pratica reale della manifattura digitale, per arrivare a concepire oggetti prototipabili. L'esame finale è di solito accompagnato da un prototipo che lo studente realizza in autonomia con il supporto dei tecnici di laboratorio.

CONCLUSIONI

La pratica del progetto presuppone una spontanea predisposizione alla sintesi e alla corale conduzione della complessità del reale verso una direzione; sono indispensabili la capacità e l'attitudine alla scelta consapevole, ed è richiesta la cosiddetta responsabilità del progettista.

Non è sicuramente un'attività conducibile da chiunque, quindi è da considerare arduo qualsiasi tentativo programmato di formare schiere di progettisti attraverso gli insegnamenti della progettazione accademica. È invece probabile che tra gli architetti vi sarà chi, propenso al cantiere, gestirà la realizzazione di un'opera, o chi invece sarà più portato allo sviluppo progettuale esecutivo di una sua parte specifica. Poi ci saranno anche i progettisti in senso ampio, coloro cui è demandato il compito più importante del processo, quello di dar forma al tutto in una sintesi in cui nessun aspetto può essere tralasciato.

È tuttavia indubbio che il laboratorio di progettazione sia utile a tutti poiché in esso si forma la consapevolezza della complessità del progetto, e si sperimenta

Figure 21-22: gli ambienti del FabLab



Figure 23-24: prototipo in costruzione durante la terza edizione dell'Academy

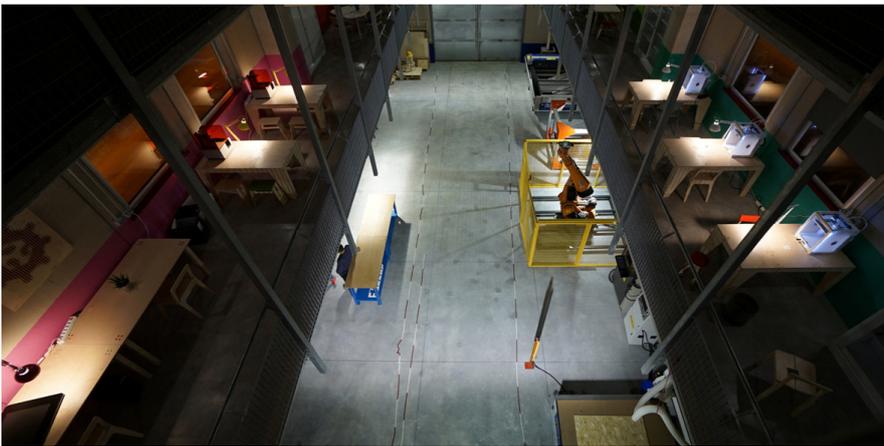
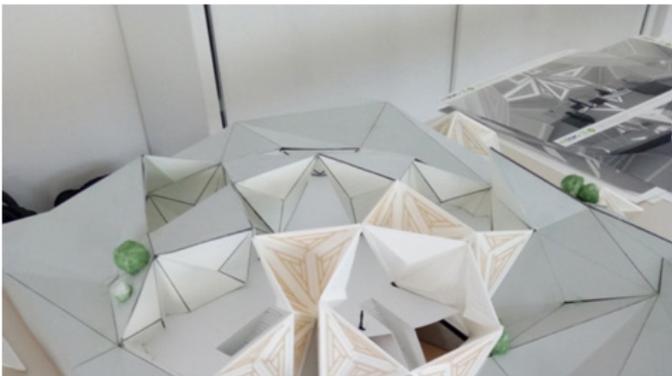


Figure 25-26-27-28: plastici in scala del Laboratorio di Progettazione Architettonica dell'a.a. 2017/2018



Tutte le foto di Nicola Parisi

Note

Footnotes

Bibliografia

Bibliography

- 1 Nel famoso trattato dell'architetto del Rinascimento francese sono presenti trattazioni e disegni inerenti brevetti attraverso cui realizzare volte mediante l'impiego di piccoli pezzi in legno assemblati con cunei ad incastro. Per un'approfondimento sull'argomento notevole si veda: MARIA RITA CAMPA, *Le Nouvelles inventions di Philibert De l'Orme*, Roma: Aracne, 2015.
- 2 Una superficie IPAR, o paraboloide iperbolico, è una superficie rigata, vale a dire una superficie dalle generatrici rette. Questo genere di superfici riveste grande interesse nell'ambito della ricerca architettonica: strutture realizzate secondo questo disegno si dicono resistenti per forma. In esse infatti il miglioramento delle prestazioni meccaniche viene fornito dalla disposizione del materiale, che si adatta al carico da sostenere trasmettendo gli sforzi del carico stesso in senso tangenziale alla superficie in ogni suo punto.
- 3 "Paraboloidi iperbolici in trazione," ultimo accesso 29 agosto 2019, https://www.youtube.com/watch?v=5iP3rn_6Z-zY&t=5s.
- 4 <https://www.youtube.com/watch?v=PpA-kA9jB-2M&feature=youtu.be>.

CARPENTER, WILLIAM J.. *Learning by Building. Design and Construction in Architectural Education*. New York: John Wiley & Sons, 1997.

ANDERSON, CHRIS. MAKERS. *The New Industrial Revolution*. New York: Crown Publishing Group, 2012.

DUNN, NICK. *Digital Fabrication in Architecture*. London: Laurence King Publishing, 2012.

PARISI, NICOLA. "Innovazione in piccoli pezzi per l'autocostruzione. Prototipi e sperimentazione," in *1st Workshop on the State of the Art and Challenges of Research Efforts at Politecnico di Bari*. Research Contributions. Vol. C1, 443–7. Roma: Gangemi Editore, 2014.

PARISI, NICOLA. *Self Made Architecture 01*. Bari: Edizioni diPagina, 2015.