

La sfida affrontata dalla ricerca è quella di trovare un approccio morfogenetico avanzato di collaborazione designer-artigiano che fondi il “Saper Fare” delle maestranze con le attuali esigenze di mercato e con gli strumenti tecnologici. L’obiettivo generale di stabilire un modello di Neo-Artigianato, grazie a processi evoluti di co-design. Il flusso di lavoro risultante vuole fornire un approccio che rappresenti un modo di interpretare il rapporto creazione-produzione e la tradizionale collaborazione tra designer-artigiano. Il Generative Design ha dimostrato di poter incorporare tutti questi valori in artefatti che accolgono queste energie di crescita, con approcci sistematici e strategici autonomi di form-finding. I progetti pilota sviluppati hanno l’obiettivo finale di testare un’infrastruttura in grado di accogliere la progettazione industriale all’interno del processo mentale costruttivo artigianale, senza perdere o sostituire il lavoro con cui l’artigiano si identifica, ma per aumentare e assistere la fase creativa, e di trasformare il processo in risultati virtuali producibili tramite direct manufacturing. Digital Craft Factory propone un modello in cui sono specificati i ruoli dell’artigiano, del design e della macchina, ma allo stesso tempo generare un sistema di interscambio dei singoli professionisti in cui la presenza di uno sia fondamentale per il sviluppo dell’altro.

The challenge faced by the research is to find an advanced morphogenetic approach of designer-craftsman collaboration that funds the “Saper Fare” of the workers with current market needs and technological tools. The general objective of establishing a Neo-Craft model, thanks to evolved co-design processes. The resulting workflow aims to provide an approach that represents a way of interpreting the creation-production relationship and the traditional collaboration between designer-craftsman. Generative Design has shown that it can incorporate all these values into artefacts that embrace these growth energies, with autonomous systematic and strategic form-finding approaches. The pilot projects developed have the ultimate goal of testing an infrastructure capable of accommodating industrial design within the constructive mental craft process, without losing or replacing the work with which the craftsman identifies, but to increase and assist the creative phase, and to transform the process into virtual results that can be produced through direct manufacturing. Digital Craft Factory proposes a model in which the roles of the craftsman, the design and the machine are specified, but at the same time generate a system of interchange of the single professionals in which the presence of one is fundamental for the development of the other.

Digital Craft Factory

DOTTORANDO
Alex Coppola

Dottorato di Ricerca
Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

Sapienza Università di Roma | SAPIENZA UNIVERSITY OF ROME | ciclo CYCLE XXX | nov. 2016 - oct. 2019
Scuola di Dottorato in Ingegneria Civile e Architettura | DOCTORAL SCHOOL IN CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
Dipartimento di 'Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura' | 'PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE' DEPARTMENT



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Dottorato di Ricerca PIANIFICAZIONE, DESIGN, TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

PhD PLANNING, DESIGN, TECHNOLOGY OF ARCHITECTURE

Coordinatore | Director

Prof. Fabrizio Tucci

Curriculum DESIGN DEL PRODOTTO

Curriculum PRODUCT DESIGN

Coordinatore Curriculum | Curriculum Chair

Prof. Lorenzo Imbesi

Digital Craft Factory

Sistema di progettazione generativa assistita
per l’artigianato post-industriale.

Dottorando | PhD Candidate Alex Coppola

Supervisore | Supervisor Prof. Loredana Di Lucchio

Consulente esterno | External advisor Marco Chialastri,
Sapienza Design Factory

Ciclo | Cycle XXXII

Novembre 2016 - Ottobre 2019



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

DOTTORATO DI RICERCA
Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura

COORDINATORE
Prof. Fabrizio Tucci

CURRICULUM
Design del Prodotto

COORDINATORE CURRICULUM
Prof. Lorenzo Imbesi

DIGITAL CRAFT FACTORY

Sistema di progettazione generativa assistita
per l'artigianato post-industriale.

DOTTORANDO
Alex Coppola

SUPERVISORE
Prof. Loredana Di Lucchio

CONSULENTE ESTERNO
Marco Chialastri, Sapienza Design Factory

CICLO XXXII
Novembre 2016 - Ottobre 2019

INDICE	
p. 7	Introduzione
PARTE I RICERCA DESK	
CAPITOLO 1	QUADRO LOGICO
p. 11	1.1 Il progetto di ricerca
	Scenario e macro-aree
	Inquadramento del problema scientifico
	Obiettivi specifici
	Risultati attesi
	Metodi e fasi della ricerca
p. 25	1.2 Premessa
	Target di riferimento
	Research through design
CAPITOLO 2	STATO DELL'ARTE
p. 29	2.1 [Digital] Fabrication
	La digital fabrication
	La prototipazione rapida ed il rapid manufacturing
p.35	2.2 Future [Craft] Work
	Artigianato e design
	Verso l'artigianato 2.0
	Il Neo-Artigiano
p. 47	2.3 Smart [Factory]
	Industria Intelligente
	Verso il design post-industriale
PARTE II RICERCA FIELD	
CAPITOLO 3	COMPUTATIONAL DESIGN
p. 57	3.1 Sistemi complementari di disegno digitale
	Dal CAD all'AAD
	Il Generative Design
p. 67	3.2 Progetti sperimentali di co-design post-industriale
	Co-progettare con l'artigiano
	Co-progettazione generativa con l'artigianato
CAPITOLO 4	DIGITAL CRAFT FACTORY
p. 81	4.1 Guitarmaker
	Sistema di progettazione generativa assistita per la liuteria
	Fabbricazione della prima chitarra parametrica
	Kabuto
p. 97	4.2 Mindcraft
	La ceramica del pensiero
	Fare design con la mente
	Mindcraft: Test#1
	Mindcraft: Test#2

PARTE III	DISCUSSIONE
CAPITOLO 5	CONCLUSIONI
p. 121	5.1 La Fabbrica Artigianale Digitale
	Risultati attesi e ottenuti
	Valutazione degli esiti
	Riflessioni etiche
p. 128	5.1 Sviluppi futuri
	Work-in-progress
	Prospettive per il design
CAPITOLO 6	APPENDICE
p. 135	<i>WeCraft&Design</i>
CAPITOLO 7	REFERENCES
p. 167	<i>Bibliografia</i>
p. 173	<i>Sitografia</i>

Introduzione

*“The creation of something new is not accomplished by the intellect
but by the play instinct acting from inner necessity.
The creative mind plays with the objects it loves.”
- Carl Jung*

L’industria 4.0 ha introdotto nelle strategie di design la digitalizzazione della fabbricazione e l’adozione di strumenti informatici per la creazione di manufatti virtuali gestiti da apparecchiature dedite al rapid manufacturing. Oggi, l’adozione di tale strategia fa ampio ricorso a sistemi CAD-CAM e a tecnologie di informazione che permettono di ridurre il tempo intercorrente tra manifestazione delle esigenze dei clienti e disponibilità del bene da essi richiesto. Questo ha permesso la proliferazione di nuove strategie di mercato in cui il consumatore è reso partecipe della fase progettuale e produttiva, secondo processi tipici di Co-Design o design partecipativo. Diventa quindi sempre più facile la generazione di oggetti industriali secondo le singole preferenze degli utenti, di fatto, riprendendo il modello tipico artigianale del taylor-made. In particolare, il “Saper Fare” artigiano ha dimostrato di saper accogliere ed evolvere gli strumenti a sua disposizione in una forma sofisticata di rinnovamento che fonde insieme l’innovazione di prodotto e di processo. È in questa tipologia di progetti che il Generative Design è in grado di agire responsabilmente: progettare con una componente aperta ed in grado di rigenerarsi per ogni utente, senza perdere le qualità funzionali e/o morfologiche finali. La proposta di ricerca prevede l’introduzione di questi nuovi processi e sistemi in un modello di design innovativo in grado di valorizzare la peculiarità del lavoro artigianale. Per poter rispondere in maniera certa a questa domanda di ricerca è stato fondamentale affrontare di petto le singole questioni attraverso la pratica di un linguaggio comune alle due discipline: il progetto.

Obiettivo della ricerca è integrare il design generativo in prodotti ed opere tipiche della piccola manifattura, al fine di indagare nuove possibili pratiche di Neo-Artigianato che mettano in risalto il pensiero critico-progettuale dell’artigiano. Ovvero formulare un framework ripetibile in cui si individuano il ruolo del designer e dell’artigiano e dei nuovi strumenti tecnologici.

CAPITOLO 1 QUADRO LOGICO

In the new context offered by industry 4.0, rapid manufacturing and digital craftsmanship, we want to obtain the definition of a system and a design model aimed at supporting craftsmanship thanks to multimodal thinking tools: a responsive, collaborative and generative process to combine design and creative intelligence at the base of traditional craftsmanship with new technologies that drive innovation in industrial design. This process is translated into a new “machine” able to absorb the artisan know-how and generate an artifact, through computational design and digital fabrication, whose morphology is strictly influenced by the mental processes of the craftsman himself, in order to enhance the critical thinking developed from experience and offer a tool that increases its capabilities.

Nel nuovo contesto offerto dall’industria 4.0, dal rapid manufacturing e dall’artigianato digitale, si vuole ottenere la definizione di un sistema ed un modello di design volti a sostenere le artigianalità grazie a strumenti di pensiero multimodale: un processo responsivo, collaborativo e generativo per combinare l’intelligenza progettuale e creativa alla base dell’artigianato tradizionale con le nuove tecnologie che guidano l’innovazione nel design industriale. Tale processo viene tradotto in una nuova “macchina” in grado di poter assorbire il saper fare artigianale e generare un artefatto, tramite computational design e digital fabrication, la cui morfologia è strettamente influenzata dai processi mentali dell’artigiano stesso, allo scopo di valorizzarne il pensiero critico sviluppato dall’esperienza ed offrire uno strumento che ne aumenti le capacità.

1.1 Il progetto di ricerca

Scenario e macro aree

Molti elementi dimostrano che il sistema produttivo italiano più che in declino stia effettivamente attraversando una transizione silenziosa. Attualmente, diversi modelli di relazione tra design e produzione coesistono nel sistema Made in Italy. Nel rapporto tradizionale progetto-impresa-distribuzione stanno emergendo nuovi approcci: una realtà complessa legata al mondo dell'auto-produzione e dell'open design finalizzati a produrre e distribuire micro produzioni facendo leva sul know-how artigianale di PMI o sistemi di produzione avanzati. Questo nuovo spazio di design non può essere affrontato solo con le vecchie categorie e discipline del design, e in questo senso l'ibridazione tra artigianato e design può produrre risultati sperimentali eccellenti. La possibilità di un'esplorazione congiunta nei campi dell'interaction design, dell'hacking, del fai-da-te e del fenomeno dei fablabs consente di ridiscutere il concetto di negozio, laboratorio, atelier, ecc, creando nuovi modelli di progettazione e produzione. Questa esperienza sembra definire una nuova categoria di soggetti che concepisce nuove idee per servizi di prodotto, nuovi scenari e modelli di distribuzione. Si tratta dell'adozione di nuove politiche che dovrebbero sostenere lo sviluppo di competenze personali e nuove forme di reti produttive, nonché la creazione di un mercato aperto per idee di prodotti-servizi, creando così un sistema di supporto per tali nuove iniziative.

La cultura artigianale è sempre stata presente storicamente come fattore fondamentale dei processi di crescita e di innovazione ed ha sempre saputo rigenerarsi in forme nuove, senza perdere le sue caratteristiche primarie. La rivoluzione digitale dei Maker, il Crowdsourcing, il "fai-da-te", sono esempi di questa relazione continua tra tradizione ed innovazione che caratterizza il fare artigiano. Confartigianato ha delineato un manifesto che esplica tale dialogo e riafferma, attualizzandoli, i valori ed il modus operandi propri del lavoro artigianale.

1. Per una lettura più approfondita fare riferimento a: Confartigianato (2015). *Manifesto dei nuovi artigiani del XXI secolo all'interno di DNA*, Digital Network Artigiano dei Giovani Imprenditori di Confartigianato. Milano.

2. I testi sull'argomento sono molteplici, tra i più esplicativi ci sono: Hatch, M. (2013). *The maker movement manifesto: Rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkerers*. McGraw Hill Professional; Gebhardt, A. (2011). *Understanding additive manufacturing*; Gershenfeld, N. (2012). *How to make almost anything: The digital fabrication revolution*. Foreign Aff., 91, 43.

Gli otto punti del manifesto mettono in evidenza come – anche nel contemporaneo – la cultura artigiana abbia saputo cogliere le istanze della modernità in chiaro rapporto con le proprie origini. Anche fenomeni ipertecnologici come quello dell'Artigianato 2.0 nascono sotto il segno della tradizione artigiana. Per fare un identikit di questa nuova figura, Confartigianato¹ ha stilato una lista degli otto punti che costituiscono il DnA dell'Artigianato Digitale:

- 1. Il fine dell'artigiano è produrre cose ben fatte, siano esse prodotti o servizi;
- 2. Il rapporto dell'artigiano con il bello e l'arte è naturale e costitutivo;
- 3. Il rapporto fra l'artigiano e ciò che produce continua nel tempo;
- 4. Il lavoro ha un valore di per sé e il profitto è strumento, non fine;
- 5. L'artigiano è un imprenditore che rispetta la tradizione ma è fortemente attratto dall'innovazione;
- 6. Il lavorare insieme ha sempre fatto parte della cultura artigiana;
- 7. La tecnologia è uno straordinario strumento di lavoro;
- 8. Il luogo di lavoro è molto più di un luogo di lavoro.

L'innovazione del “Saper Fare” artigiano non si ferma ad usare meglio gli strumenti a sua disposizione, ma tende ad evolverli ed a ri-progettarli. Si tratta quindi di una forma sofisticata di rinnovamento che unisce e fonde indissolubilmente l'innovazione di prodotto e di processo.

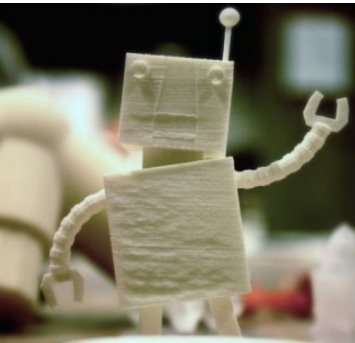
Inquadramento del problema scientifico

L'industria 4.0 ha introdotto nelle strategie di design la digitalizzazione della fabbricazione e l'adozione di strumenti informatici per la creazione di manufatti virtuali gestiti da apparecchiature dedite al rapid manufacturing. Il termine *Digital Fabrication* (Fabbricazione Digitale o DF) indica una serie di processi che mettono in diretta comunicazione la fase progettuale con la fase produttiva tramite il digitale: in particolare la modellazione tridimensionale gestita mediante sistemi CAD (*Computer-Aided-Design*) e CAM (*Computer-Aided-Manufacturing*) con le tecnologie di fabbricazione CNC (*Computer-Numerical-Control*) sia di tipo additivo (Stampa 3D) che sottrattivo (Laser Cut, CNC Mill)². Un'ulteriore tecnologia di largo impiego è la scansione tridimensionale che permette la restituzione digitale di oggetti e persone reali a partire da apparecchiature video-

fotografiche. La fase di *Rapid Prototyping* (Prototipazione Rapida o RP) e verifica dei prodotti è immediata, economica e, soprattutto, flessibile sia in termini di materiali che di forme. In particolare, nel settore del design, la naturale evoluzione dei processi di RP si è sviluppata nella Fabbricazione Rapida (*Rapid Manufacturing* o RM) in cui il prodotto finale, o parte di esso, è realizzato tramite tecnologie e macchine a controllo numerico. Questi processi rendono l'intera catena produttiva più efficiente, digitale, informatizzata e costituiscono l'idea centrale della *Smart Factory* (Fabbrica Intelligente). A partire da questa è nato il concetto di Industria 4.0 (o in inglese Industry 4.0) in cui tali tendenze sono concretizzate dai sistemi cibernetici (CPS) ovvero sistemi fisici che sono strettamente connessi con i sistemi informatici e che possono interagire e collaborare con altri sistemi CPS. L'industria 4.0 ha quindi inglobato il nuovo design strategico attraverso la digitalizzazione della fabbricazione e l'adozione di strumenti informatici per la creazione di manufatti virtuali gestiti da apparecchiature dedite al rapid manufacturing che hanno consentito di instaurare un dialogo diretto nelle relazioni progettazione-produzione ed industria-consumatore. La rapida diffusione di queste tecnologie digitali ha facilitato la democratizzazione dei processi di produzione e conseguentemente la definizione di nuove correnti progettuali, come *Open Source*, *Maker* e *DiY* (*Do-it-Yourself*), e nuovi spazi di fabbricazione, come *FabLab* e *Co-Hub*. I Maker (o Artigiani Digitali) costituiscono un movimento culturale contemporaneo e, come attesta il loro manifesto³, sono coloro “che ripensano i modelli di produzione e di business, protagonisti di un nuovo movimento basato sulla costruzione delle cose attraverso la manualità, la tecnologia, la collaborazione, il design e la sostenibilità.” Il movimento maker ha dato vita ad una serie di fenomeni in cui l'auto-produzione e la creazione collaborativa sono alla base dei progetti. In quest'ottica diventa sempre più facile la generazione di oggetti personalizzati secondo le singole preferenze degli utenti, di fatto, riprendendo il modello tipico artigianale del *taylor-made* (fatto su misura). Tale deriva del settore industriale, dalla generalizzazione verso una sempre più attiva partecipazione del consumatore finale, era già stata inserita nel sistema produttivo dal Toyotismo con processi di fabbricazione snella, per poi concentrarsi sull'integrazione dell'esperienza del singolo utente espressa nel termine *prosumer*⁴, dove la partecipazione del consumatore è condizione necessaria per avviare la produzione. Tutto ciò si concretizza nelle nuove strategie di mercato indicate dal termine *Mass Customization* (Persona-

3. Mark Hatch (2013) fa un ottimo lavoro nel catturare l'eccitazione del movimento Maker e nel collocare quest'entusiasmo in un contesto più ampio in modo che i non-makers possano cogliere l'importanza del movimento e vedere oltre l'impressione superficiale di un gruppo di nerd che giocano con strumenti fantastici. Suggestivo di leggerlo insieme ad altri libri, in particolare *Makers* di Anderson (2013), *Makers at Work* di Osborn (2013), *Hack This* di Baichtal (2011), *Fab* di Gershenfeld (2005) e *The Great Good Place* di Oldenburg (1999).
4. Prosumer è una parola macedonia composta dai termini inglesi *Producer* (produttore) e *Consumer* (consumatore). Il termine fu coniato da Toffler (1980), ma successivamente usato dall'industria e dai tecnologi per indicare una tipologia di utente coinvolta attivamente nei processi di produzione.

5. Gli approcci di morfogenesi (digitale) si riferiscono ad un tipo di arte generativa in cui lo sviluppo di forme complesse, o morfogenesi, è abilitato dal calcolatore. Questo concetto è stato applicato in molte aree del design, dell'arte, dell'architettura e della modellazione tridimensionale. Il concetto è stato originariamente sviluppato nel campo della biologia e successivamente esteso all'architettura ed al design. Roudavski (2009) lo descrive come simile alla morfogenesi biologica: si sviluppa gradualmente, senza una definizione esplicita, ma in grado di crescere o adattarsi.



"I come in one piece": robot stampato in 3d alla Oslo School of Architecture and Design.

lizzazione di massa) in cui la produzione di beni e servizi è orientata a soddisfare i bisogni individuali dei clienti e contemporaneamente preservare l'efficienza della produzione di massa, in termini di bassi costi di produzione e quindi prezzi di vendita contenuti. La strategia presuppone che le imprese produttrici siano dotate di una notevole flessibilità nelle fasi di produzione e assemblaggio e interagiscano con i clienti; questi comunicano le loro specifiche esigenze, ovvero scelgono la configurazione di prodotto desiderata, tra le numerose alternative possibili. In particolare, il "Saper Fare" artigiano ha dimostrato di saper accogliere ed evolvere gli strumenti a sua disposizione in una forma sofisticata di rinnovamento che fonde insieme gli strumenti a disposizione con l'innovazione di processo. Oggi, l'adozione di tale strategia fa ampio ricorso a sistemi CAD-CAM e a tecnologie di informazione che permettono di ridurre il tempo intercorrente tra manifestazione delle esigenze dei clienti e disponibilità del bene da essi richiesto. Questo ha permesso la proliferazione di nuove strategie di mercato in cui il consumatore è reso partecipe della fase progettuale e produttiva, secondo processi tipici di Co-Design o design partecipativo. È chiaro che questo implichi progettare con una componente aperta ed in grado di rigenerarsi per ogni utente, senza perdere le qualità funzionali e/o morfologiche finali. È in questa tipologia di progetti che il design generativo (*Generative Design* o *Computational Design*) è in grado di agire responsabilmente agli input esterni, contestuali, o interni, progettuali, e sfrutta appieno le sue capacità: la sua forza risiede nel riuscire a creare un'impalcatura dove il co-design è esteso in ogni aspetto costituente la materia progettuale e nel non essere succube delle tecnologie, ma anzi, di poterle sfruttare completamente. La proposta di ricerca prevede l'introduzione di questi processi e sistemi in un modello di design in grado di valorizzare la peculiarità del lavoro artigianale e vuole dare risposta alle seguenti domande di ricerca:

- D.1 E' possibile individuare il grado di inclusività delle tecniche artigianali nei processi di co-progettazione di design?
- D.2 Come è possibile connotare i prodotti ottenuti tramite tecniche digitali dello stesso peculiare valore degli artefatti artigianali realizzati a mano?
- D.3 E' possibile proporre un modello specifico nella *practice* di design post-industriale, al servizio dell'artigianato, che fa riferimento alla fabbricazione digitale e che non sostituisca il lavoro con quale l'artigiano si identifica?

Obiettivi specifici

La sfida richiesta dalla proposta di ricerca è trovare un nuovo approccio morfogenetico⁵ da legare ad una serie di artefatti, in grado di essere ottenuti tramite le tecnologie di fabbricazione digitale. Lo sviluppo di un processo di collaborazione designer-artigiano evoluto che metta in connessione il saper fare della maestranza artigiana con le nuove esigenze di mercato ed i nuovi strumenti tecnologici. Questo tipo di connessione richiede un'esplorazione sia in termini concettuali che tecnici: le nuove pratiche di Design Generativo sono in grado di accogliere una varietà infinita di input e di utilizzarli per la caratterizzazione dei modelli e di geometrie 3d complesse con un alto grado di unicità, molto simile al risultato artigianale; le tecnologie di rapid manufacturing non risentono di questa variazione anche su larga scala e introducono una nuova filiera di oggetti in serialità differenziata.

In sintesi, obiettivo generale del progetto di ricerca è agevolare la progettazione di nuovi prodotti responsivi in grado di esprimere le capacità sottintese nel lavoro artigianale grazie a processi innovativi di co-design e che stabilisca un modello innovativo di Neo-Artigianato.

Si auspica che il workflow risultante della ricerca possa fornire un nuovo approccio alla materia del design e che rappresenti un nuovo modo di interpretare il rapporto creazione-fabbricazione e la tradizionale collaborazione tra designer ed artigiani.

La ricerca mira ad ottenere i seguenti OS a supporto di questo rapporto:

- OS.1 Analisi delle caratteristiche di vari prodotti ottenuti tramite co-design capace di individuare le singole componenti di progetto che appartengono al design ed all'artigianato, allo scopo di valutare il livello di coinvolgimento delle diverse discipline;
- OS.2 Una serie di prodotti tipici del manifatturiero in cui il valore artigianale è evidenziato nella fase progettuale ed espresso concretamente attraverso strategie di Fabbricazione Digitale;
- OS.3 Una strategia autogenerativa⁶ per la produzione del suddetto prodotto che sintetizzi morfologicamente il processo di collaborazione, che sia cioè in grado di esaminare il pensiero critico dell'artigiano, e di riversarli nel prodotto finale elaborato precedentemente dal designer con un algoritmo responsivo evolutivo.

6. Nel magazine AD (2006), Achim Menges descrive il riconoscimento di progetti emergenti intesi non più come corpi singolari e fissi, ma come sistemi complessi di energia e materiali che hanno una durata di vita, esistono come parte dell'ambiente di altri sistemi attivi e come iterazione di una serie che nasce da uno sviluppo evolutivo. Il punto focale di questo articolo è l'esplorazione di tecniche e tecnologie che consentano l'implementazione di tali strategie morfogenetiche, che richiedono una nuova serie di abilità intellettuali e pratiche.

7. Neologismo coniato per descrivere in modo euristico l'apporto altamente caratterizzante del CNC alla morfologia di alcuni prodotti di design. Felice Ragazzo nel libro *Lezioni di Design* (a cura di F. Dal Falco) descrive alcuni aspetti di questo approccio alla lavorazione del legno.

Risultati attesi

Il progetto di ricerca ha il fine di agevolare la progettazione di nuovi prodotti responsivi in grado di esprimere le capacità sottointese del lavoro artigianale grazie a processi innovativi di co-design. Si mira a sviluppare un processo morfogenetico, e relative metodologie e strumenti, che possa essere considerato un esempio sperimentale di Neo-Artigianato multi-performance. Nel dettaglio, la ricerca auspica di aiutare a consolidare la fabbricazione digitale a vantaggio delle realtà artigianali e connotare i prodotti risultanti di un valore aritmopoietico⁷ in grado di materializzare il pensiero critico-progettuale celato nel saper fare della maestranza artigianale.

Si auspica che il workflow risultante della ricerca possa fornire un nuovo approccio alla materia del design e che rappresenti un nuovo modo di interpretare il rapporto creazione-fabbricazione e la tradizionale collaborazione tra designer ed artigiani. Allo scopo di rispondere ai singoli obiettivi specifici sono stati determinati i corrispettivi risultati attesi:

- *RA.1* Una scheda di analisi di prodotti nati tra la collaborazione tra designer e artigiani: la scheda è in grado di suddividere le singole componenti che caratterizzano il prodotto e individua il livello di coinvolgimento delle due discipline;
- *RA.2* Lo sviluppo di una strategia parametrica (attraverso software di Generative Design) in grado di accogliere gli input della pratica artigianale e riproducibile in un processo di fabbricazione digitale, nello specifico i prodotti saranno artefatti tipici della liuteria e della ceramica;
- *RA.3* Un processo morfogenetico che possa essere considerato un esempio sperimentale di Neo-Artigianato multi-performance e connotare i prodotti risultanti di un valore aritmopoietico che materializza il pensiero critico-progettuale celato nel saper fare della maestranza artigianale.

Attraverso l'elaborazione di questi prodotti, la ricerca vuole essere un avanzamento nella definizione delle pratiche costituenti il Neo-Artigianato: stabilire il ruolo del design in questo ambito; individuare e mettere in evidenza i processi ed i valori del fare artigiano; rappresentare un passo in avanti nella produzione di artefatti arti-

gianali ed attualizzati dalle tecnologie di fabbricazione digitale.

L'intenzione è di creare un modello specifico nella practise del design generativo al servizio dell'industria manifatturiera che fa riferimento alla fabbricazione digitale

Metodi e fasi della ricerca

La metodologia del Design Generativo⁸ prevede di lasciare aperti e indefiniti un range di input in grado di essere modificati; queste modifiche possono produrre un cambiamento della forma, delle dimensioni, delle funzioni ed in generale una caratteristica dell'output del prodotto finale.

All'interno del design generativo, l'uso di specifiche infrastrutture digitali che sfruttano gli algoritmi per descrivere la morfologia e le feature di un oggetto è definito *Algorhythms-Aided-Design* (AAD). In generale, l'AAD sfrutta strutture composte da codici algoritmici dedicate al processo definito *Form-Finding* e contrapposti al tradizionale *Form-Making*: si tratta di stabilire una serie di relazioni in grado di aiutare il progettista durante le fasi di ragionamento morfologico e di rappresentazione tridimensionale e di modificare la morfologia stessa in accordo ad un flusso di dati, pur mantenendo alcune caratteristiche invariabili.

Questo tipo di design ha dimostrato di poter inglobare tutti questi valori in artefatti ed opere in grado di accogliere queste energie di crescita, con approcci sistematici e strategici autonomi in cui l'ideaprocesso si dilata nel tempo attraverso espressioni pluri-iterative partorite da un'idea generante.

Esempi di questo approccio è possibile trovarli nelle opere di designer, architetti e ricercatori internazionali come:

- Frei Otto⁹, Neri Oxman¹⁰, Achim Menges¹¹, lo studio Nervous System¹² e molti altri. Nei loro progetti la denotazione principale è lo sfruttamento di strutture algoritmiche in simbiosi con i principi di altre discipline, dalla matematica alla fisica applicata, dalla biologia alla biochimica, per la creazione di strutture tramite tecniche di form-finding e la realizzazione di prodotti unici, altamente personalizzati e/o personalizzabili;

8. I sistemi generativi offrono una metodologia e una filosofia che considerano il mondo in termini di processi dinamici e dei loro risultati. Nella terminologia di Thomas Kuhn (1996), offre un cambio di paradigma per il processo di progettazione e l'espressione di quel processo. Per i progettisti, comporta una riconsiderazione del manufatto statico e delle azioni che lo manipolano. L'uso di questa metodologia nella ricerca di Design sta assumendo un ruolo sempre più consolidato (McCormack, Dorin & Innocent, 2004), questo perché permette la concettualizzazione si sposta dall'oggetto finalizzato alla previsione dell'interazione tra componenti, sistemi e processi, che a loro volta generano nuovi artefatti.

9. La ricerca sugli approcci Form-finding condotta da Otto (1995) nell'architettura ha portato alla creazione di strutture incredibilmente leggere e ottimizzate, avendo la massima resistenza per materiali minimi.

10. Tutto il lavoro della Oxman con l'aiuto del MIT Media-Lab è di particolare interesse. Tuttavia ai fini di questa ricerca è stato preso in esame nello specifico il progetto "The Wanderers" (2014) in quanto le morfologie performative utilizzate derivano da un processo di progettazione basato sulle condizioni. Il design in questione è generato o modulato da asserzioni e requisiti di condizione: la possibilità di vagare e sopravvivere sui pianeti del Sistema Solare. Ogni dispositivo indossabile è progettato

per un ambiente estremo specifico in cui trasforma elementi che si trovano nell'atmosfera in uno degli elementi classici che supportano la vita: ossigeno per respirare, fotoni per vedere, biomassa per mangiare, biocarburanti per muoversi e calcio per crescere. La ricerca progettuale al centro di questa collezione si trova all'intersezione tra la stampa 3D multi-materiale e la biologia sintetica. La serie Wanderers è stata presentata come parte della collezione Stratasys "The Sixth Element: Exploring the Natural Beauty of 3D Printing" in mostra a EuroMold, Germania.

11. L'architettura di Menges è orientata dalla tecnologia di fabbricazione. Nei suoi progetti dimostra un intero processo integrato per l'architettura digitale: dalla ricerca e ottimizzazione delle forme alla fabbricazione digitale. Pertanto, il design non è solo determinato dal meccanismo fisico per la ricerca della forma (form-finding), ma è anche definito dai vincoli di fabbricazione. Il processo di fabbricazione, nel suo caso, non è inteso semplicemente come applicazione di tecnologie all'avanguardia, ma cerca anche di integrarsi pienamente con il metodo di produzione esistente. Il risultato finale è l'effetto di una negoziazione costante tra espressione del design e vincoli di fabbricazione.

12. Come proclamato dallo studio stesso: "Nervous System is a generative design studio that works at the intersection of science, art, and technology. Drawing inspiration from natural

- Anche in Italia ci sono esempi di eccellenza in questo campo, come le attività svolte dallo studio Code-It¹³ che sono connotate da un alto grado di innovazione: workshop, progetti e attività formative sono mirati all'uso del computational design con contaminazioni di robotica, biochimica, intelligenza artificiale e progettazione dei materiali. Altresì l'operazione lanciata da Nutella, sviluppata dallo studio Ogilvy & Mather Italia, per il progetto *Nutella Unica*¹⁴ rappresenta un pionieristico uso del generative design in ambito commerciale;
- La proliferazione di ambienti dedicati alla sperimentazione e formazione collaborativa che inglobino le maestranze già affermate con i nuovi strumenti tecnologici e la democratizzazione delle stesse grazie a strumenti open source connessi alla fabbricazione digitale: uno per tutti il fenomeno globale dei FabLab o, localmente, gli Spazi Attivi gestiti dalla Regione Lazio.

Al fine di raggiungere gli obiettivi desiderati, la ricerca è stata gestita con un approccio del tipo ricerca-azione: sperimentale, partecipativa e multidisciplinare.

L'impianto metodologico utilizzato è stato il seguente:

- analisi della letteratura scientifica e dello stato dell'arte;
- sperimentazioni tecniche con strumenti di rapid manufacturing e generative design;
- acquisizione di tecnologie e strumenti dedicati alla sperimentazione;
- fabbricazione degli artefatti finali.

L'attività di ricerca è stata articolata nelle seguenti fasi:

- *F1*: analisi dello stato dell'arte e ricerca desk per determinare l'inquadramento e l'ambito di appartenenza, sono stati individuati ed analizzati alcuni casi studio relativi alle discipline coinvolte;
- *F2*: confronto nazionale ed internazionale con le maestranze artigianali (utente finale del progetto) al fine di apprendere le tecniche tradizionali e gestirne al meglio l'introduzione nei processi di fabbricazione digitale;
- *F3*: sviluppo e verifica di progetti pilota tramite elaborazione del processo progettuale algoritmico ed esplicazione finale in una collezione di prodotti artigianali da realizzare in rapid manufacturing;
- *F4*: sviluppo e sperimentazione una strategia metodologica di co-design nel quale l'utente sarà coinvolto in modo partecipativo: una

struttura algoritmica in grado di leggere e sfruttare i dati emessi da apparecchiature encefalografiche (come BCI) da coinvolgere nella progettazione di prodotto;

- *F5*: analisi e verifica dei risultati e diffusione e divulgazione delle conclusioni finali tramite partecipazione a convegni, mostre, e pubblicazioni nell'ambito inquadrato.

Alcune fasi hanno previsto e sono state svolte durante un periodo di studi all'estero presso la Chiba University (Giappone) al fine di sviluppare maggiori competenze e raccolta di informazioni legate alla manifattura e sapienza artigianale giapponese, da mettere successivamente in relazione con quella italiana, così come di nuove strategie di fabbricazione digitale. Durante il periodo di studi all'estero sono state svolte attività relative alla fase di ricerca sul campo: presentazione dei risultati finora ottenuti presso la *Yamaha co.*; progetto di ricerca e sviluppo di un prodotto per la *Iwaizumi Forest* in collaborazione con le maestranze artigianali locali e la Chiba University; ricerca presso i centri artigianali di ceramica (*Tokoname-shi*); sperimentazione presso il lab *Humanotics Environment* tramite l'uso di strumentazione BCI durante operazioni di lavoro artigianale. Alcune attività già sostenute e prime esplorazioni in materia hanno già portato ad alcune possibilità di confronto con la comunità scientifica, nello specifico: talk ed esibizioni presso, *Premio Nazionale delle Arti 2017*, *Maker Faire Rome 2018* e *Japan Home & Building Show 2018*; conferenze nazionali ed internazionali come *Design Principles and Practices 2018*, *Festival della Crescita 2018*; pubblicazione di paper ed articoli sulla ricerca svolta presso *DRS2018*, *Salone dello studio in Italia 2018* (presso l'istituto di cultura italiano a Tokyo) e *GA2018*.

phenomena, we create computer simulations to generate designs and use digital fabrication to realize products."

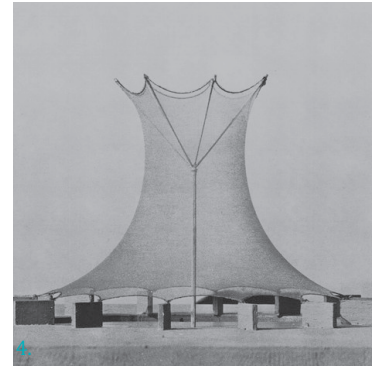
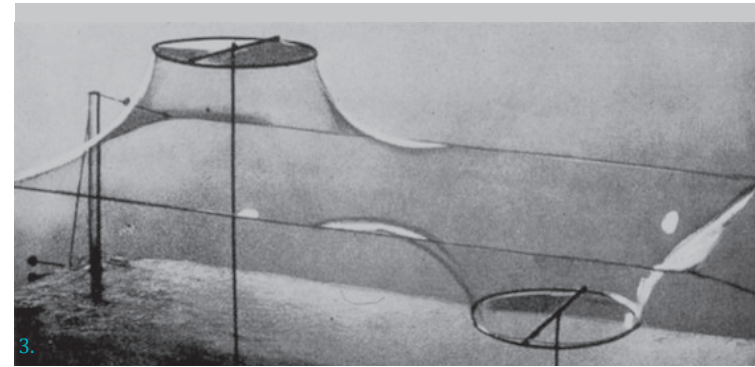
<https://n-e-r-v-o-u-s.com/>
13. Code-It è uno studio italiano particolarmente prolifico nel campo del computational design: "È strutturato come una rete di cluster eterogenei accomunati dall'interesse inerente l'impatto della computazione come mezzo di design nelle discipline creative; situato a cavallo di discipline come la biologia e la tecnologia permette la coalescenza dei membri interessati e collaboratori esterni in team multidisciplinari per diverse esplorazioni topic-based, che uniscono la ricerca, la sperimentazione, l'educazione e le attività di networking in un unico flusso di lavoro."

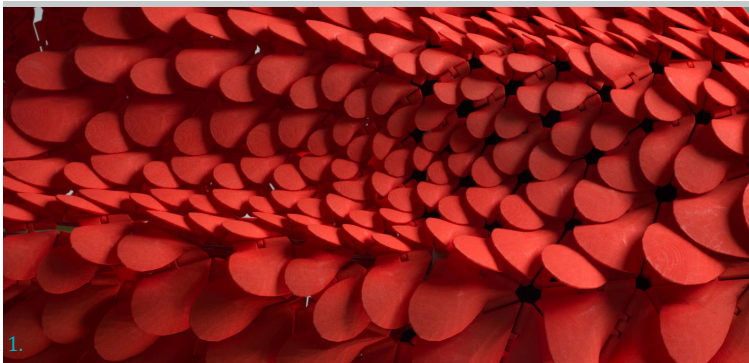
<http://www.co-de-it.com/wordpress/>
14. Si tratta della prima edizione limitata del colosso Ferrero, composta da sette milioni di vasetti diversi: dozzine di motivi e migliaia di combinazioni di colori generati al computer. Un algoritmo ha combinato decine di modelli e colori per creare milioni di combinazioni. Ciascuna delle combinazioni è stata quindi stampata sulla classica etichetta Nutella, con un codice ID univoco per personalizzarlo e autenticarlo come un vaso unico. I sette milioni di barattoli di Nutella Unica sono stati distribuiti in tutto il paese nei consueti punti vendita e sono andati stati esauriti in un mese. L'esperienza condotta da Nutella è quindi molto importante anche

ai fini della ricerca. L'incredibile successo ottenuto da questa iniziativa stabilisce un precedente fondamentale nella diffusione e validazione di prodotti algoritm-generated. Si può approfondire il caso sul sito degli autori della campagna pubblicitaria.
https://www.ogilvy.it/portfolio/nutella_come_te_non_c_e_nessuno.html



1. Robot sincronizzati realizzano un elemento del padiglione, intrecciando filamenti in fibra di carbonio e di vetro.
2. Achim Menges: padiglione de Institute for Computational Design (ICD) e Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE).
3. La sperimentazione Form-finding di Frei Otto basata sull'uso di film di sapone per "trovare" le superfici minime tra due elementi.
4. Tensostruttura di Frei Otto.
5. Neri Oxman: Mushtari dalla collezione "Wanderers". Stampato in 3D con la tecnologia multimateriale Polyjet della Stratasys.





1. - 2. Nervous System: Petal Dress ottenuto con il sistema algoritmico Kinematics. L'intero vestito è stampato in 3D in Nylon con tecnologia SLS. Il sistema di interlocking dei petali permette di muoversi liberamente.

3. - 4. . Nutella Unica: campagna pubblicitaria basata su grafica generata algebricamente: 7 milioni di barattoli unici, ognuno con il proprio gemello da scovare.

5. - 6. Zomparelli (Code-It) con il progetto Carapace immagina come si adatterà lo scheletro umano quando la tecnologia sostituirà completamente i tradizionali sistemi di comunicazione: risp. Audiam e Vidiam.

1.2 Premessa

Target di riferimento

Il target di riferimento è l'artigianato, nello specifico le pratiche di Neo-Artigianato. La ricerca vuole offrire un metodo concreto di innovazione di prodotto in cui la peculiarità del pensiero artigianale viene valorizzata ed espressa poieticamente tramite l'uso di tecnologie di fabbricazione digitale. I settori selezionati per le sperimentazioni dei progetti pilota sono la liuteria e la ceramica.

Secondo la Legge Quadro Artigianato 443/85 si definisce "imprenditore artigiano colui che esercita personalmente, professionalmente e in qualità di titolare, l'impresa artigiana, assumendone la piena responsabilità con tutti gli oneri ed i rischi inerenti alla sua direzione e gestione e svolgendo in misura prevalente il proprio lavoro, anche manuale, nel processo produttivo".

Research-through-design

Trattandosi di research-through-design, per ottenere i risultati attesi è stato necessario stabilire delle fasi di natura applicativa:

- discretizzazione di un processo produttivo basato su algoritmo morfogenetico applicabile ad un prodotto artigianale;
- collezione di oggetti realizzati tramite tecnologie di fabbricazione digitale e manifattura artigianale;
- diffusione della conclusione della sperimentazione sotto forma di mostre, esibizioni e/o vendita diretta dei prodotti realizzati.

CAPITOLO 2 STATO DELL'ARTE

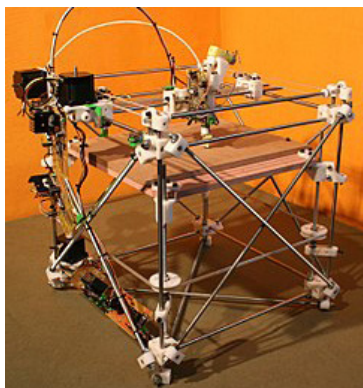
The scientific basis of the research starts from the observation of three major phenomena within the product design, from which the research project is named: (Digital) Fabrication; Future (Craft) work; Smart (Factory). On these three macro-areas scientific research has yielded many results. This is why the selection of the chosen literature almost always refers to the concepts of craftsmanship and design. And very often precisely on the historical relationship between these two worlds. A reference scenario is outlined that looks first to the digital tools available to both to be able to “make” the objects, then the focus shifts to the evolution of the relationship between craftsmanship-design-industry, and finally the point is made on the scenarios and market strategies that are opening up for artisans, designers and third-party hybrid figures. All this has involved a rediscovery of pre-industrial values in order to proceed post-industrially. Generally, a landscape of mixed knowledge and self-production on an enlarged and flexible scale was observed.

La base scientifica della ricerca parte dall’osservazione di tre grandi fenomeni all’interno del design di prodotto, da cui il progetto di ricerca prende il nome: (Digital) Fabrication; Future (Craft)work; Smart (Factory). Su queste tre macro-aree la ricerca scientifica ha dato moltissimi risultati. Per questo la selezione della letteratura scelta fa quasi sempre riferimento ai concetti di artigianato e design. E molto spesso proprio sul rapporto storico tra questi due mondi. Viene delineato uno scenario di riferimento che guarda prima agli strumenti digitali a disposizione di entrambi per poter “fare” gli oggetti, successivamente l’attenzione si sposta sull’evoluzione del rapporto tra artigianato-design-industria, e per finire si fa il punto sugli scenari e le strategie di mercato che si stanno aprendo per artigiani, designer e terze figure ibride tra i due. Tutto ciò ha implicato una riscoperta di valori pre-industriali per poter procedere post-industrialmente. In genere si è osservato un paesaggio di conoscenze miscelate e di auto-produzione in scala ingrandita e flessibile.

2.1 [Digital] Fabrication

La Digital Fabrication

Con *Computer Numeric Control* (CNC) si intende l'automazione di macchine utensili che vengono azionate da comandi programmati con precisione e codificati su un supporto di memorizzazione (modulo di comando del computer, solitamente posizionato sul dispositivo) anziché manualmente controllati da volanti o leve, o meccanicamente automatizzati con l'uso di cinghie. La maggior parte del CNC di oggi è il controllo numerico computerizzato, in cui i computer svolgono una parte integrante del controllo. Nei moderni sistemi CNC, la progettazione dei componenti *end-to-end* è altamente automatizzata mediante programmi di progettazione assistita da computer (CAD) e produzione assistita da computer (CAM). I programmi producono un file che viene interpretato per estrarre i comandi necessari per far funzionare una specifica macchina mediante un post processore e quindi caricati nelle macchine CNC per la produzione. Poiché qualsiasi componente particolare potrebbe richiedere l'uso di un numero di strumenti diversi, le macchine moderne spesso combinano più strumenti in un'unica camera. In altre installazioni, un numero di macchine diverse viene utilizzato con un controller esterno e operatori umani o robotici che spostano il componente da una macchina all'altra. In entrambi i casi, la serie di passaggi necessari per produrre qualsiasi parte è altamente automatizzata e riproduce ciò corrisponde strettamente al progetto CAD originale. Il movimento è controllato su più assi, normalmente almeno due (X e Y), e un mandrino utensile che si muove sull'asse Z (profondità). La posizione dell'utensile è guidata da motori passo-passo a trasmissione diretta o servomotori al fine di fornire movimenti altamente precisi, o in modelli precedenti, motori attraverso una serie di riduttori *step-down*. Il controllo a ciclo aperto funziona fintanto che le forze sono mantenute abbastanza piccole e le velocità non sono eccessive. Sulle macchine per la lavorazione dei metalli commerciali, i controlli a circuito chiuso sono standard e richiesti al fine di fornire l'accuratezza, la velocità e la ripetibilità richieste.



Prima stampante 3D (Darwin) del progetto RepRap, fondato da Bowyer.

È possibile quindi riprodurre qualsiasi dato e da un modello digitale 3D apparirà nel mondo reale.

Questo tipo di processo si suddivide in due grandi ambiti: fabbricazione sottrattiva (fresa CNC, laser cutting, cutting plotter) e fabbricazione additiva (stampa 3D).

In particolare, la stampa 3D offre una maggiore promessa di controllo sul mondo fisico, con prezzi relativamente contenuti. La stampa 3D offre alle persone normali potenti nuovi strumenti di progettazione e produzione. Le persone con modesti conti bancari acquisiranno lo stesso design e potere di produzione che un tempo era riserva privata di designer professionisti e grandi aziende manifatturiere.

“3D printing technologies have the potential to disrupt mass manufacturing in the following ways. First, 3D printers can fabricate products whose shape is optimized for its application or environment. Second, storing ready-to-print design files, or digital inventories, is more ecofriendly than maintaining environmentally costly warehouses full of physical inventory. Third, someday distributed 3D printed manufacturing could enable companies to make products locally, near their customers. Finally, 3D printing technologies have untapped potential to work with recycled or earth-friendly printing materials.”

(Lipson, Kurman, Fabricated the new world of 3d printing, John Wiley & Sons, 2006)

La prototipazione rapida ed il rapid manufacturing

“In the future being [a designer] also means being a builder.”
(Kolarevics, 2003)

La produzione rapida o Rapid Manufacturing (RM) è la naturale evoluzione dell'ultima fase della prototipazione rapida: ciò significa che, dopo che le tecnologie per la prototipazione erano già di uso comune, una direzione in cui il design poteva procedere era quella del cosiddetto Direct Manufacturing (DM) e cioè realizzare il prodotto finale direttamente tramite fabbricazione digitale, non più solo prototipi. Un processo rivoluzionario, non solo perché grandi quantità di produzione non erano più una costrizione per svalutare gli stampi necessari per la produzione, ma anche perché era possi-

bile indirizzare un'utenza specifica fatta di piccoli gruppi con bisogni speciali.

Il RM fatto in parallelo alla produzione di piccoli lotti può fornire un grande vantaggio in termini di velocità e costi rispetto alle tecniche di produzione alternative come lo stampaggio a iniezione di materie plastiche o la pressofusione. La produzione rapida può comportare parti personalizzate, parti di ricambio, produzione a breve termine o piccole produzioni in serie.

I primi metodi per la prototipazione rapida divennero disponibili alla fine degli anni '80 e furono usati per produrre modelli e parti di prototipi. Oggi vengono utilizzati per una vasta gamma di applicazioni e per produrre parti di qualità di produzione in quantità relativamente piccole, se lo si desidera senza la tipica economia sfavorevole a breve termine. Questa economia ha incoraggiato le agenzie di service online. Le indagini storiche sulla tecnologia RM iniziano con le discussioni sulle tecniche di produzione dei simulacri utilizzate dagli scultori del XIX secolo. Alcuni scultori moderni usano questa tecnologia per produrre mostre.

Come con RP, il workflow CAD-CAM per la produzione assistita dal computer nel processo RM inizia con la creazione di dati geometrici, come solidi 3D utilizzando una stazione di lavoro CAD o sezioni 2D mediante un dispositivo di scansione: questi dati devono rappresentare un modello geometrico valido; vale a dire, uno le cui superfici di confine racchiudono un volume finito.

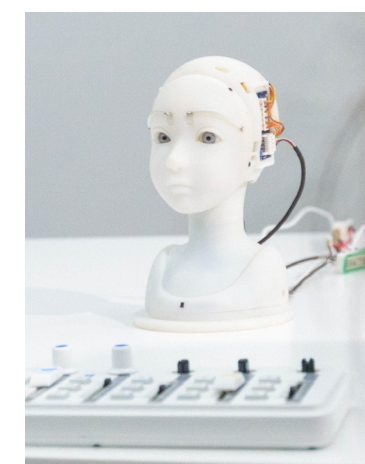
“The design freedoms afforded by Rapid Manufacturing are immense and the processes are capable of creating mind boggling geometries. In the short life of layer additive manufacturing technologies the processes have outstripped the capabilities of CAD, in many cases the bottleneck in production parts is their design, while making them in the easy part. Prior to the advent of these technologies, has mankind ever been in the situation where visualising and designing a product is actually harder than making it?”

(Hopkinson, Hague, Dickens, Rapid Manufacturing : An Industrial Revolution for the Digital Age, John Wiley & Sons, 2006)

Come discusso, uno dei principali vantaggi di alcuni processi di produzione additiva è che è possibile realizzare praticamente qualsiasi complessità della geometria senza costi aggiuntivi. Ciò introduce un



“Ready to Crawl” dalla mostra Parametric Move (Tokyo, 2018). Si tratta di oggetti stampanti in 3d “pronti”, senza necessità di assemblaggio. L'unico elemento aggiunto successivamente è un motore stepper, che dà il soffio vitale a queste “creature”.



SEER (Simulative Emotional Expression Robot) di Takayuki Todo: le nuove tecnologie permettono di realizzare progetti in altissima risoluzione anche in scale molto ridotte.

15. Hull, C. (2012). *On stereolithography. Virtual and Physical Prototyping*, 7(3), 177-177.

fattore praticamente sconosciuto, poiché in ogni tecnica di produzione convenzionale esiste un collegamento diretto tra il costo di un componente e la complessità del suo design. Pertanto, per un dato volume di componenti, è effettivamente possibile ottenere una geometria (o la sua complessità) “libera”. I costi sostenuti per una data tecnica di produzione additiva sono generalmente determinati solo dal tempo di costruzione del volume della parte, che a sua volta è determinato dall’orientamento in cui il componente è collocato, non dalla sua forma.

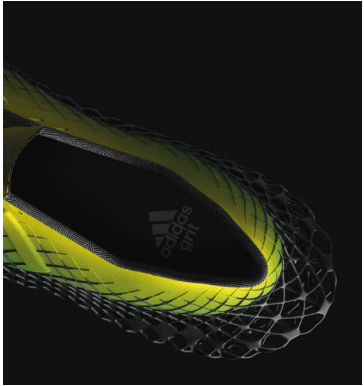
Le aree di particolare interesse abilitate dalle libertà offerte da RM includono:

- Complessità / Ottimizzazione del design
- Consolidamento delle parti
- Personalizzazione del corpo
- Assemblaggi multipli fabbricati come uno

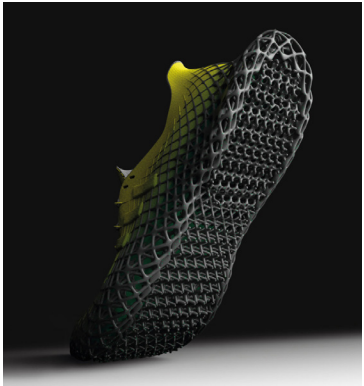
Quindi possiamo parlare sia di DFM (Design for Manufacturing) che DFA (Design for Assembly) e tutta questa tecnologia inizia con un semplice file. Ma poiché abbiamo avuto enormi variazioni di macchine e strumenti da utilizzare, prima di tutto abbiamo bisogno di un file CAD ottimizzato per realizzare un modello CAM comune che le macchine decostruiranno per comprendere il volume spaziale e la geometria. Questo è necessario per identificare il percorso che gli strumenti devono seguire per realizzare il prodotto, sia in produzione sottrattiva che additiva. Ad esempio, per qualsiasi tipo di stampante 3D, il file di progettazione deve essere in grado di dialogare correttamente con il software incorporato in una stampante 3D. Il software incorporato della stampante (o firmware) indica ai componenti meccanici della stampante cosa fare. Preparare un file di progetto completato per la stampa 3D non è sempre un processo semplice. I file di progettazione sono disponibili in una gamma sconcertante di diversi formati di file, ognuno con le proprie peculiarità e sfide.

Il prossimo passo è convertire il file in un formato speciale per la stampa 3D chiamato STL. STL è un formato di file standard, creato originariamente da Chuck Hull, inventore della stampa per stereolitografia e fondatore di 3D Systems¹⁵. La sfida sta nel fatto che il file STL deve in qualche modo tradurre la complessità del progetto e dettagli complessi che possono essere semplici in forma digitale, ma

può essere difficile da trasmettere a una testina di stampa 3D. Ad esempio, i software di ingegneria sono cresciuti nell’era delle macchine di produzione che tagliavano gli oggetti anziché ottenerli per sovrapposizione di strati. Quando la conversione STL è completa, la superficie virtuale del file STL appena impacchettato deve essere a tenuta stagna, in qualche modo simile al processo di rivestimento di un oggetto fisico in una sorta di sigillante impermeabilizzante. Un file STL a tenuta stagna è un file la cui mesh superficiale copre e cattura in modo accurato e completo le curve delle superfici dell’oggetto di design e le cavità interne. Il ponte che collega CAD e CAM è quasi completo: il file STL viene letto dal firmware della stampante che “suddivide” il disegno digitale in sottili strati virtuali che corrisponderanno ai sottili strati fisici che verranno stampati. Ogni porzione virtuale di un file STL rappresenta una sezione trasversale di quello che diventerà l’oggetto finale stampato. Per stampare elementi complessi come le parti di mesh delicate e riccamente intrecciate, un buon designer deve considerare le strutture di supporto. Il materiale di supporto è stampato in 3D accanto al materiale permanente. Questo particolare problema non è un problema per la produzione sottrattiva, ma una geometria molto complessa necessita di una macchina complessa con più assi quindi 3 per garantire la creazione. Per il taglio laser invece sarà necessario un semplice file dwg 2D.



L'intera scarpa è stampata in 3d in resina poliuretanica con la tecnologia DLS (Digital Light Synthesis) della Carbon.



La complessa struttura in lattice della suola permette alla scarpa di “collassare” quando sotto sforzo ed è ottenibile solo tramite strumenti di RM.

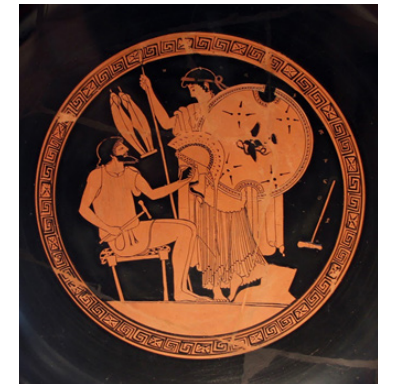
Adidad “Grit”. Calzatura di nuova generazione progettata per simulare la corsa sulla sabbia.

2.2 Future [Craft] Work

Artigianato e design

La collaborazione tra Design e Artigianato è un rapporto che prosegue a ritmi alternati da moltissimo tempo, in modo particolarmente proficuo per l'Italia. Il miglior design italiano è nato proprio dalla condivisione della conoscenza produttiva artigianale con il pensiero progettuale, applicato su larga scala poi dall'industria (Ales-
si, 2016). Tuttavia, con il tempo il design si è orientato sempre più verso strategie industriali di produzioni di massa, veloci e uniformi, lasciando da parte il lavoro artigianale, laborioso e incline ad essere eterogeneo. L'artigiano è quindi tornato in bottega ad occuparsi principalmente di riparazioni o restaurazioni, piccole produzioni fatte su misura per clienti in cerca di unicità e dedicarsi alla trasmissione del proprio "Saper Fare" (Micelli, 2011). A differenza del resto del mondo, in Italia, "Saper Fare" va tra virgolette perché dietro non c'è il semplice significato di *know-how* inglese o di *modus operandi* latino. Dietro c'è una storia millenaria di cultura materiale e mestieri in continua evoluzione (Dallochio, Ricci & Vizzaccaro, 2015).

La parola Artigiano è d'uso relativamente recente. In precedenza la figura dell'artigiano era quella di un professionista molto specializzato nella pratica di un mestiere e che si distingueva per la qualità tecnica e la bellezza artistica dei suoi articoli. Spesso molto legata alle peculiarità del luogo in cui nasceva e della materia prima del territorio in cui cresceva. Una delle prime identificazioni simboliche di questa figura fondamentale è quella del dio greco Efesto. Efesto (in greco antico: *Ἥφαιστος*, Hēphaistos) nella mitologia greca è il dio del fuoco, delle fucine, dell'ingegneria, della scultura e della metallurgia. La bottega di Efesto era locata nelle viscere dell'Etna le cui fiamme alimentavano la sua fucina. La produzione artigianale del dio era principalmente costituita da armi magiche e splendidi accessori per le altre divinità o per gli eroi umani, aiutato da automi (robot) di sua stessa fabbricazione. Caratteristica del dio sono la *téchne* (il sapere 'tecnico') e la *mētis* (l'astuzia 'pratica'),



Lo "artigiano" Efesto consegna a Teti le armi da lui forgiate per Achille.



Hokusai dipinge Masamune, il più grande mastro fabbro di katane, all'opera.

necessarie alla produzione di qualsiasi artefatto (De Ciantis, 2017). All'interno della mitologia romana è Vulcano, assimilato al dio greco Efesto, a divenire la figura rappresentante dell'attività artigianale. Attività che viene regolamentata e consegnata alla storia sotto forma di corporazioni di arti e mestieri, tramandate di generazione in generazione.

Con l'arrivo dell'Umanesimo, nel XIV secolo, l'uomo si riappropria filosoficamente della posizione centrale nella storia e di tutte quelle caratteristiche assegnate alle varie divinità, *téchne* e *mêtis* comprese. Viene quindi riscoperta e reinterpretata la locuzione latina di *homo faber*, attribuita ad Appio Claudio Cieco (300 a.C.): *homo faber fortunae suae* (l'uomo è artefice della propria sorte), riferendosi alla capacità umana di forgiare il proprio destino. Reintrodotta dagli umanisti, il sapere contemplativo custodito dall'*homo faber* si arricchisce di una nuova virtù: un'intelligenza funzionale all'azione, capace di essere protagonista nella costruzione del mondo e dell'universo (Rampini, 2010). Concetti riversati nel termine inglese *craft* che esplora il rapporto tra arti e ruolo della nascente industrializzazione come espressione alta del lavoro dell'uomo, a cavallo tra arte e tecnica, e come modello produttivo. Ovvero un'attività che prende le distanze dal mero lavoro esecutivo e si avvicina al lavoro creativo dell'*homo faber*, legato a capacità e sapere non solo manuali, ma intellettuali e astratti (Pye, 1968).

"Crafts can create a bridge between disciplines such as design, maths, art, material science and ideas. They encourage ethical and sustainable thinking, communal activity and create an understanding of the value of distinctiveness and difference. Making things with the materials around us is important to understanding the human condition, our health and well-being, enriching the quality of our experience and building empathy." (Wallace, J., Dearden, A., & Fisher, T. (2007). The significant other: the value of jewellery in the conception, design and experience of body focused digital devices. *Ai & Society*, 22(1), 53-62)

La rivoluzione industriale porterà via molto del lavoro e dell'unicità artigianale in favore di una produzione sempre più in serie e di grande scala, grazie all'innovazione tecnologica costituita dalle macchine. Azionate da energia meccanica da fonti inanimate, le infaticabili macchine sostituiscono l'uomo nella produzione di molti

manufatti. Come reazione all'industrializzazione, Morris darà vita al movimento Arts and Crafts sotto il quale artisti e intellettuali creano prodotti (tessuti, tappeti, mobili, ecc) in contrapposizione alla qualità sterile dei prodotti industriali e basato sulle orme antiche delle corporazioni medievali artigianali e con una forte caratteristica collaborativa (Heskett & Giorgetta, 1980). L'evoluzione naturale del movimento integrerà l'uso delle macchine, quando nascerà la Morris & Co., con la prerogativa di essere al servizio dell'uomo e non viceversa, avviandosi verso una produzione che ammette standardizzazione e serializzazione¹⁶.

Secondo alcune ipotesi è proprio questo salto processuale che getta i principi base del Design moderno e che sarà il protagonista del XX secolo. Con l'introduzione dei principi di produzione di massa nelle varie filosofie progettuali nasce la figura del progettista¹⁷: il designer svolge una funzione di "controllore creativo" del processo produttivo (aspetto estetico, funzioni d'uso e caratteristiche costruttive) in una logica che favorisce una fruizione più ampia e democratica possibile (Munari, 1966). Se è vero che l'artigianato è entrato in crisi con l'arrivo dell'industrializzazione, il design ha sempre cercato di tenere in connessione i due mondi, in particolar modo in Italia (La Pietra, 1988).

La specializzazione flessibile delle industrie tradizionali, come il tessile, la moda e l'arredamento, e la peculiare organizzazione delle imprese italiane nei distretti industriali sono stati elementi importanti del design Made in Italy. In questi distretti era presente anche la figura di artigiani in grado di comprendere l'essenza di un progetto creativo e di utilizzare tutta la loro esperienza pratica per migliorarlo: il progetto finale era una sintesi dell'invenzione del designer e dell'artigianato¹⁸. In questo, Giovanni Sacchi è stata una delle eccellenze nel panorama italiano. Il suo laboratorio è diventato un punto di riferimento tra i designer più notevoli del suo tempo, che hanno lavorato a stretto contatto con Sacchi per sviluppare i loro progetti e idee. La sua profonda conoscenza del materiale, la sua capacità di anticipare le questioni tecniche relative all'ampliamento della produzione, la sua competenza nella comprensione del comportamento del consumatore e la sua attenzione maniacale per i dettagli sono tutti tratti del suo eccezionale profilo professionale ampiamente riconosciuto e apprezzato (Polato & Sacchi, 1991). Sebbene gran parte della competenza artigianale dei distretti industriali tradizionali sia stata integrata nel processo di innovazione

¹⁶ La ricerca della bellezza di cui parla Morris in *News from Nowhere* (1890) si risveglia nella mente delle persone non più incatenate ai limiti dei processi di produzione.

¹⁷ "To design the shape means to coordinate, integrate and articulate all those factors that participate, in different ways, to the constitutive process of producing the shape of a product. And, in detail, we refer both to factors concerning the use, fruition and individual or social consumption of a product, and factors concerning its production." (Maldonado, T. (2008). *Disegno Industriale: un riesame*. Milano, IT; Feltrinelli Editore).

¹⁸ Una buona descrizione di questo rapporto può essere rintracciata in quanto dicono Micelli e Bettiol (2014): "Much of the success of Italian design has its roots in the original combination of the designer's creativity and the artisan's know-how. Both contributions display creativity and knowledge in their own respect, even though they belong to different epistemic realms."

19. "Industrial Design is a strategic problem-solving process that drives innovation, builds business success, and leads to a better quality of life through innovative products, systems, services, and experiences. Industrial De-sign bridges the gap between what is and what's possible. It is a trans-disciplinary profession that harnesses creativity to resolve problems and co-create solutions with the intent of making a product, system, service, experience or a business, better. At its heart, Industrial Design provides a more optimistic way of looking at the future by reframing problems as opportunities. It links innovation, technology, research, business, and cus-tomers to provide new value and competitive advantage across economic, social, and environmental spheres." WDO (2015). *Definition of Industrial Design*. <http://wdo.org/about/definition/>.



Sacchi: modelli in cirmolo delle caffettiere Cupola e Conica di Alessi.

multidimensionale e inserita entro i confini di queste nuove organizzazioni di medie dimensioni, gli artigiani svolgono ancora un ruolo cruciale in una varietà di altre situazioni: come la personalizzazione finale di il prodotto, una caratteristica importante in rapido aumento. Oltre la produzione di massa, il fenomeno emergente dei "Makers" sta ora enfatizzando la combinazione di design e artigianato: grazie alla convergenza della diffusione della tecnologia digitale e dei costi decrescenti delle stampanti 3D, realizzare i prodotti è diventato più facile e conveniente, anche a livello di una singola persona (Anderson, 2013). Il filo conduttore che lega tutti questi aspetti della competenza artigianale emerge nel processo di creazione: la traduzione di un progetto bidimensionale in un prototipo tridimensionale richiede la padronanza di una pratica complessa che combina questi elementi. Il rapporto tra design e artigianato non è solo un fenomeno italiano, ma è un processo più orizzontale e più ampio nell'economia contemporanea. Recentemente, una nuova generazione di designer è stata sempre più coinvolta in processi di creazione di serie limitate: una tendenza guidata dal nuovo mix di tecniche di produzione tradizionali e innovative e dall'opportunità di stabilire un nuovo dialogo con i clienti finali. Questa relazione e l'importanza dell'eredità artigianale sono quesiti ai quali è ancora necessario dare una risposta completa, soprattutto in relazione alle nuove tendenze di mercato e di design post-industriale.

"Artisans are still present in the product development process, even though their contribution is limited to specific phases (e.g., first prototyping and size development). Their skills have gone through an important "upgrading" process as they have had to deal with new technologies like CAD and 3D printers with rapid prototyping. The designers also have changed their role in the value chain: They exercise their creativity not in isolation but among a team of other professionals that includes engineers, product managers, and marketing managers, where the ideas are analyzed and enriched" (Bettiol, M., & Micelli, S. (2014). The hidden side of design: The relevance of artisanship. *Design Issues*, 30(1), 7-18.)

Verso l'artigianato 2.0

Disegno industriale significa progettare oggetti realizzati in fabbrica, vale a dire con macchine industriali per la produzione di massa¹⁹.

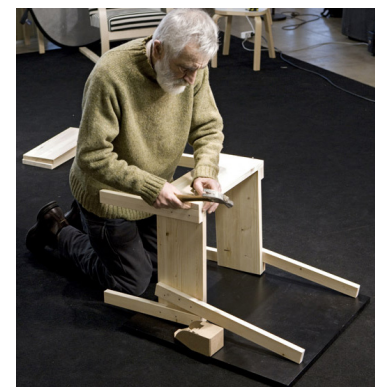
Questa definizione implica che tutti gli oggetti non realizzati industrialmente non fanno parte dell'area del design industriale. Questo per non creare confusione tra designer e artigiano. Oggi l'uso massiccio di macchine sofisticate e digitali rende obsoleta questa definizione, ma riapre il problema di discernere tra designer, modellisti (makers) e "nuovi" artigiani. Di fatti, l'artigianato digitale o Artigianato 2.0 è stato il focus centrale di molti dei dibattiti che hanno investito una polifonia di personaggi e critici del design ed ha visto al centro la comprensione del movimento Maker (Camburn & Wood, 2018). Il futuro artigiano utilizza strumenti tipicamente da progettista come il CAD e le stampanti 3D per dar vita alle sue produzioni on-demand (Micelli, 2016).

"Often described as the anticipators of the so called 'Third Industrial Revolution' (Rifkin, 2012; Marsh, 2012), Makers are generally associated with the concept of personal fabrication, the spreading of communities related to open hardware and open source physical computing systems. [...] The global spreading of the Makers phenomenon is leading to the emergence of a new socioeconomic system of making, in which DIY practices are shifting from a pure production to a consumption experience, with the addition of services and simplified tools for self-production." (Carelli, A., Bianchini, M., & Arquilla, V. (2014, June). The 'Makers contradiction'. The shift from a counterculture driven DIY production to a new form of DIY-consumption. In 5th STS Italia Conference A Matter of Design: Making Society through Science and Technology. Seminaarijulkaisu kesäkuu.)

I Makers sono riconosciuti sia come pionieri della cosiddetta "Terza rivoluzione industriale" che come i fautori di un movimento derivante da pratiche fai-da-te (do-it-yourself). Tale movimento, pur proponendo una rivoluzione socio-tecnica basata sull'uso personale delle tecnologie di produzione, tende ad assumere una posizione non conflittuale nei confronti dei sistemi economici globali contro i quali afferma di offrire un modello alternativo. Questa tendenza, osservata tra alcune comunità di Makers, ha contribuito allo spostamento delle pratiche DIY dalla produzione alle attività di consumo. L'antropologo Claude Lévi-Strauss ha riassunto questa peculiare capacità di interagire con il mondo, immaginando il *bricoleur* come "qualcuno che lavora con le sue mani e usa mezzi subdoli rispetto a



Giovanni Sacchi all'opera nel suo laboratorio.



Enzo Mari auto-costruisce una sedia del suo progetto "libero": Autoprogettazione. Uno degli scopi di Mari era riavvicinare il consumatore al piacere "etico" dal lavoro manuale e artigianale, andato perduto con la produzione industriale.

20. Già Bettiol e Micelli (2014) parlavano di questa dimensione: "Making things as artisans do is a fundamental phase of the design process: This is what we define the hidden side of design". Ma anche Chiara Alessi abbraccia questa considerazione nel libro *Design senza Designer* (2016), esponendo lo storico e fondamentale ruolo che gli artigiani hanno avuto nella realizzazione di grandi artefatti del design classico italiano.

21. Findeli: "designers must be interested in the origin and destination of their projects, then the complexification of the process and the product should be completed by the complexification of problem setting and by the complexification of the impact of the project".

quelli di artigiano". È davvero difficile individuare le differenze tra questo nuovo guerriero della domenica dai soldati professionisti del design, e questo perché recentemente i designer erano, quasi totalmente, separati dalle fasi di produzione fisica. Ma storicamente non era così. Il design industriale non è stato concepito come un'attività progettuale che si muove esclusivamente dall'idea a priori del valore estetico (o funzionale-estetico) della forma, come se fosse al di fuori del processo, fa la forma stessa ed è finisce con un disegno tecnico. Piuttosto c'era un design industriale che doveva fare il suo lavoro all'interno di questo processo e quale scopo è la concretizzazione di un'entità tecnica, un lato nascosto del design²⁰ che attingeva profondamente alla Cultura Materiale artigianale. Progettare la morfologia significa coordinare, integrare e articolare tutti i fattori all'interno del processo di realizzazione del prodotto della forma. Alludeva a tali fattori relativi all'usabilità e al consumo individuale o sociale dell'oggetto (fattori funzionali, simbolici o culturali) come quelli relativi alla sua produzione (fattori tecno-economici, tecno-produttivi, tecno-sistemic)²¹.

"The makers, or digital craftsmen, is a contemporary subculture representing a technology-based extension of the Do-It-Yourself (DIY) world."
(Manifesto del Maker, 2015)

L'avvento della macchina CNC e la prototipazione rapida non rendono obsoleta la lezione sull'artigianato per il designer, ma è essenziale non perdere l'incredibile conoscenza dietro l'atto della manualità, non perché sembra vicina alla nobiltà dell'artista, ma per mantenere il collegamento diretto tra prodotto e materiale, concettuale e fisico, designer e artificio.

Neo-artigianato

Con la recente crisi economica anche il Design sta riscoprendo il valore dell' "intelligenza delle mani" e della produzione in scala ridotta, ma di alta qualità, e si avvia verso un'accezione post-industriale. Risulta quindi necessario affrontare come questo nuovo fenomeno stia incidendo e mutando sia gli aspetti della cultura di progetto che il manufare proprio del "Saper Fare" (Sennett, 2008). Sono in molte le sperimentazioni effettuate che si sono chieste come trasmettere il tesoro di conoscenze che si porta dietro l'artigianato e come

si stiano riorganizzando gli ambienti di lavoro, ad esempio mostre come: *Revelations. The international fine craft and creation event*, fiera biennale dell'alto artigianato al Grand Palais di Parigi, 2013; *New Craft*, promossa dalla XXI Triennale di Milano, 2016; *Homo Faber*, organizzata dalla Fondazione Michelangelo, 2018. Tutti casi che hanno costituito occasioni esemplari di questo modo di interagire e di produrre: sono stati presentati manufatti capaci di coniugare le tecniche tradizionali e le nuove tecnologie della fabbricazione digitale ed organizzato una serie di eventi orientati ad un nuovo modo di pensare il rapporto fra domanda e offerta, fra lavoro e consumo (Maffei, 2016). È chiaro, quindi, che il designer deve acquisire un nuovo ruolo all'interno dell'impresa e farsi carico di rinnovare l'intera filiera di produzione del valore. Questa evoluzione sempre più tecnologica delle *téchne* e *métis* richiede un rapido aggiornamento sia dei percorsi di formazione che della classificazione professionale, in particolare nel design. È possibile infatti parlare di una condizione artigianale ibrida come "di fatto a mano digitale"?

Il *Digital Crafting*, ad esempio, è una pratica che si posiziona tra lo spazio di progettazione e lo spazio di produzione attraverso la manipolazione tecnologica dei materiali determinata specificamente nella sua fase di fabbricazione. Collega l'attuale preoccupazione del campo del design con la produzione digitale a una precedente idea di artigianato nella produzione materiale dell'oggetto. Manipolando direttamente il G-code per codificare la materialità nell'oggetto stampato, il progettista è in grado di sperimentare nuove proprietà del materiale oggetto e proprietà geometriche. Un concetto molto simile è quello racchiuso dal *Digital Handmade* (Johnston, 2017). Sembra quasi un ossimoro accostare così due termini capaci di evocare due immagini quasi agli apposti. La natura sempre razionale del computer e la libertà creativa dell'artigiano. Eppure esistono degli esempi in grado di dimostrare come combinare questi due approcci può portare a bellissimi risultati, quasi come una rinascita. Questo approccio vede le skill e la visione dell'artigiano fondamentali per il processo di fabbricazione, ma vede anche l'uso delle nuove tecnologie digitali come mezzo per liberarsi dall'estetica tradizionale e dalle limitazioni fisiche dei materiali. Al punto da stabilire un nuovo tipo di estetica, ottenuta solo tramite la fusione della mano e della macchina. Non c'è quindi un solo tipo di risultato estetico, ma solo lo stesso punto di partenza.

- 22. <https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/escapism>
- 23. <https://www.irisvanherpen.com/haute-couture>
- 24. <http://www.nendo.jp/en/works/ceramic-speaker-2/>
- 25. <http://www.michael-eden.com/>
- 26. http://www.barryxball.com/works_year.php?year=2009&work=39

Alcuni esempi significativi di questo approccio possono essere individuati nei seguenti lavori:

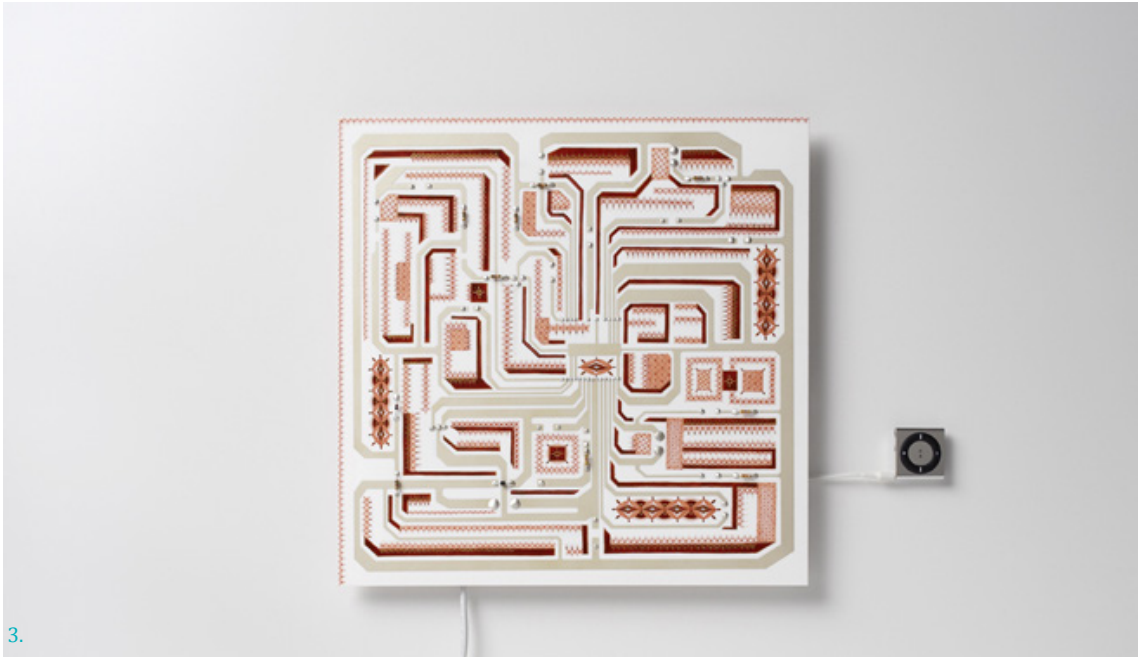
- Iris Van Herpen: ormai riconosciuta internazionalmente per il valore delle sue opere rivoluzionarie nel fashion design in cui esplora le possibilità della stampa 3D per il wearable. Dalla prima collezione *Escapism*²² (2011) a *Hypnosis*²³ (2019). Si tratta di abiti impreziositi da una altissima manifattura tecnologica: forme complesse sono raggiunte cucendo direttamente sull'abito accessori o dettagli in resina stampata tramite stereolitografia o l'intero abito è ottenuto direttamente in stampa 3D grazie alla tecnologia SLS e speciali software in grado di compattare l'abito nel limitato volume di costruzione disponibile;
- Nendo nel progetto *Ceramic Speaker*²⁴ fonde la tecnica ceramica di Mitsuke Masayasu con un complesso macchinario CnC: i pannelli sono ottenuti da sottilissimi strati di ceramica e sovrapposti tramite vapori al mercurio e sono poi smaltati a mano dal ceramista. Il materiale qui ha una funzione estetica marginale, mentre è la sua capacità a dissipare il calore dei circuiti elettronici a costituire ad essere messa in luce. L'artigiano successivamente adopera la sua caratteristica ed inimitabile tinta rossa per decorare il pannello, donandogli un ricco valore artistico;
- Micheal Eden²⁵ grazie al suo passato da ceramista classico è riuscito ad esplorare la transizione da manuale a digitale e quindi amalgamare i due processi: tramite il reverse engineering e la scansione 3d è stato in grado di catturare oggetti esistenti e poi di manipolarli al CAD per ottenere intricate decorazioni tridimensionali. In questo modo è riuscito a combinare sapientemente forme iconiche tradizionali con un'estetica superficiale impossibile da ottenere manualmente, ma solo tramite tecnologia additiva di ultima generazione. I lavori, in genere in PA11 o PA12, sono poi ultimati applicando un rivestimento ceramico;
- Anche Barry X Ball²⁶ utilizza la scansione 3D, ma per creare dettagliatissimi modelli in mesh di sculture famose per poi andare a risolvere i problemi dovuti alle parti danneggiate o cambiando alcuni aspetti per evidenziare determinate caratteristiche, in alcuni casi pensando a creare interi lati dell'opera non esistenti. Le sculture sono ottenute tramite complesse operazioni di fresatura CnC, in materiali preziosi di ogni tipo, e poi levigate a mano.
- Fitchwork è un studio collettivo di designer che combina la ricerca geometrica con nuovi strumenti di progettazione e fabbricazione

per creare forme radical-yet-rational (visivamente molto decorative, ma con una logica razionale e moderna alla base). La collezione di lancio dello studio è stata introdotta nell'autunno 2018 con la vetrina pop-up *Superpattern*, nel centro di Manhattan²⁷. Si tratta di un assortimento di trame 3D applicate a una gamma di oggetti personalizzabili, realizzati solo su ordinazione, che attingono sia al design tessile che ai moderni processi di fabbricazione. La linea è composta da otto forme fondamentali: un anello, un bracciale, un braccialetto, una collana, lampada da tavolo, lampada a sospensione, vaso in ceramica e pouf, che possono essere stampati in 3D in diversi modelli, dimensioni e materiali. Ogni modello è basato su una combinazione di moduli intrecciati, generato tramite computational design, e prodotto attraverso metodi diversi, tra cui: stampa 3d in nylon sinterizzato al laser, fusione di argento o ottone tramite un processo a cera persa e fusione di porcellana in uno stampo.

- 27. <https://fitchwork.com/pages/superpattern>

Fitchwork: prodotti dalla collezione "Superpattern"





1. - 2. Iris Van Herpen: rispettivamente "Escapism" ed "Hypnosis".
3. Nendo: "Ceramic Speaker".
4. Scultura "digitale" di Barry X Ball.
5. Michael Eden: "Wedgewood".

2.2 Smart [Factory]

Industria intelligente

Ci sono tre ragioni per cui le trasfigurazioni dell'industria di oggi rappresentano non solo un'estensione della Terza rivoluzione industriale, ma testimoniano l'arrivo di una Quarta: una distinta velocità, portata e impatto sui sistemi. La velocità delle scoperte attuali non ha precedenti storici. Se confrontato con le precedenti rivoluzioni industriali, la quarta si sta evolvendo ad un ritmo esponenziale piuttosto che lineare. Inoltre, sta sconvolgendo quasi ogni settore in ogni paese. E l'ampiezza e la profondità di questi cambiamenti annunciano la trasformazione di interi sistemi di produzione, gestione e amministrazione.

"The possibilities of billions of people connected by mobile devices, with unprecedented processing power, storage capacity, and access to knowledge, are unlimited. And these possibilities will be multiplied by emerging technology breakthroughs in fields such as artificial intelligence, robotics, the Internet of Things, autonomous vehicles, 3-D printing, nanotechnology, biotechnology, materials science, energy storage, and quantum computing."

(K. Schwab, The Fourth Industrial Revolution)

Ingegneri, progettisti e architetti stanno unendo la progettazione computazionale, la produzione additiva, l'ingegneria dei materiali e la biologia sintetica in una simbiosi tra microrganismi, i nostri corpi, i prodotti che consumiamo e persino gli edifici che abitiamo. Ad oggi, coloro che ne hanno ottenuto il massimo sono stati i consumatori in grado di permettersi di accedere al mondo digitale; la tecnologia ha reso possibili nuovi prodotti e servizi che aumentano l'efficienza e il piacere delle nostre vite personali. In futuro, l'innovazione tecnologica porterà anche a un miracolo dal lato dell'offerta, con guadagni a lungo termine in efficienza e produttività. I costi di trasporto e comunicazione diminuiranno, la logistica e le catene

di approvvigionamento globali diventeranno più efficaci e il costo del commercio diminuirà, aprendo tutti nuovi mercati e guidando la crescita economica. La nuova economia sarà il risultato della transizione da un'economia basata sulla produzione a un'economia basata sui servizi e internet sta svolgendo il ruolo principale in essa. Lo shopping online non è più utilizzato solo dall'acquirente saltuario, ma ormai è un ulteriore modo in cui la gente vende le proprie creazioni: *Etsy* è parte di un ampio movimento che rappresenta una possibile risposta imprenditoriale a una nuova e diversa economia; *Amazon Handmade* e altri *e-tailer* consentono agli autori e agli artisti di auto-pubblicare e commercializzare il proprio lavoro in tutto il mondo. Tutto ciò ha reso possibile la grande diffusione di un nuovo tipo di imprenditorialità: la *lean start-up*.

Con lean start-up si intende un metodo per lo sviluppo di aziende e prodotti proposti per la prima volta nel 2008 da Eric Ries. Basandosi sulla sua precedente esperienza in diverse startup statunitensi, Ries afferma che le startup possono ridurre i loro cicli di sviluppo dei prodotti adottando una combinazione di sperimentazione basata sull'ipotesi aziendale, rilasci di prodotti iterativi e ciò che definisce apprendimento convalidato. L'affermazione generale di Ries è che se le startup investono il loro tempo nella costruzione di prodotti o servizi per soddisfare le esigenze dei primi clienti, possono ridurre i rischi del mercato e evitare la necessità di grandi quantità di finanziamento iniziale del progetto e costosi lanci e fallimenti di prodotti. Inizialmente concepito pensando alle aziende high-tech, la filosofia lean startup è stata ampliata per essere applicata a qualsiasi individuo, team o azienda che voglia introdurre nuovi prodotti o servizi sul mercato. Oggi, la popolarità della startup magra è cresciuta al di fuori del suo luogo di nascita della Silicon Valley e si è diffusa in tutto il mondo. Simile ai precetti della gestione snella (Anderson, 2007), la filosofia lean cerca di eliminare le pratiche dispendiose e aumentare le pratiche di produzione del valore durante la fase di sviluppo del prodotto in modo che le startup possano avere migliori possibilità di successo senza richiedere grandi quantità di finanziamenti esterni, piani aziendali elaborati o il prodotto perfetto. Ries ritiene che il feedback dei clienti durante lo sviluppo del prodotto sia parte integrante del processo di avvio snello e garantisce che il produttore non investa tempo nella progettazione di funzionalità o servizi che i consumatori non desiderano. Ciò avviene principalmente attraverso due processi, utilizzando indicatori di prestazioni

chiave e un processo di distribuzione continua. Le startup in genere non possono permettersi che il loro intero investimento dipenda dal successo di un singolo lancio di un prodotto, ma anche rilasciando un prodotto minimo vitale non ancora finalizzato, l'azienda può utilizzare il feedback dei clienti per aiutare ulteriormente ad adattare il proprio prodotto alle esigenze specifiche dei suoi clienti. Concetto che ha facilitato la strada ad un altro fenomeno, ampiamente previsto e teorizzato (Pine, 1993), ma che solo ora sta iniziando effettivamente a prendere piede: la Mass Customization o Personalizzazione di massa.

"Lean Startup isn't about being cheap [but is about] being less wasteful and still doing things that are big".

(E. Ries, *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*, Crown Publishing, 2004)

La personalizzazione di massa come strategia di produzione utilizza prodotti e servizi personalizzati realizzati mediante progettazione modulare di prodotti/servizi, processi flessibili e integrazione tra i membri della supply chain. I settori più importanti che applicano prodotti personalizzati di massa sono; abbigliamento/calzature, automobile, alimentazione e produzione di computer. Il punto di partenza della personalizzazione di massa è che i processi di produzione dovrebbero generare un'infinita varietà di beni e servizi, personalizzati in modo univoco per i clienti. Il bilanciamento tra i livelli ottimali di opzioni di personalizzazione, il maggior prezzo che il cliente è disposto a pagare e la volontà di ricevere un prodotto in ritardo sono stati discussi, tuttavia non esiste una formula in grado di bilanciare tutti questi aspetti. Oltre ai difensori della personalizzazione di massa, ci sono stati anche alcuni ricercatori che pensano che la personalizzazione di massa non sia una strategia unica, ma dovrebbe essere una strategia ottimale tra la personalizzazione di massa e la produzione di massa. Nell'ultimo decennio le capacità IT (utilizzando i clienti come co-designer), i processi di produzione flessibili, i sistemi di produzione agili e le strutture di catena di fornitura ad-hoc sono sviluppati per fornire prodotti personalizzati con molte opzioni, ma allo stesso tempo limitate, per i clienti e tutti questi fattori hanno permesso ai produttori di creare livelli di personalizzazione più elevati di volta in volta a prezzi bassi.

28. Scrivono Bianchini, Bolzan e Maffei (2014): "Labs and workshops have always played a central role in design education by enabling experiments through a learning process based on action-research and clinical practice".

"It does little good to forecast the future of semiconductors or energy, or the future of the family (even one's own family), if the forecast springs from the premise that everything else will remain unchanged. For nothing will remain unchanged. The future is fluid, not frozen. It is constructed by our shifting and changing daily decisions, and each event influences all others."
(Toffler, The Third Wave, Bantam, 1984)

Conseguentemente si stanno inserendo sul mercato entità commerciali ibride. Le stesse start-up sono spesso sviluppate a partire dall'iniziativa personale di designer e/o finanziati da bandi regionali, nazionali ed europei. Chiaramente i ruoli dell'industria non sono più strettamente compartimentati, secondo una struttura verticale, ma contaminati da più lati ed orientati verso un rapporto collaborativo orizzontale.

Verso il design post-industriale

Un'analisi delle realtà nate con questa natura mostra la presenza di diverse configurazioni del modello generale di Designer = Enterprise (Arquilla, Bianchini & Maffei, 2011). Mentre il dna iniziale è lo stesso, esiste una capacità evolutiva in risposta alle caratteristiche dei diversi contesti di progettazione e produzione che danno vita a diverse "specie". La conclusione finale è quindi che il Designer = Enterprises deve affrontare un mondo in cui le categorie che hanno caratterizzato il modo in cui i designer lavorano tradizionalmente non esisteranno più, o cambieranno radicalmente. L'ascesa del nuovo modello Designer = Enterprise è guidata dall'emergente rinascita manifatturiera e dall'integrazione di processi e tecnologie di produzione digitali e analogici. Questo modello produttivo emergente genera nuove categorie di designer micro / auto-produttori che agiscono come innovatori indipendenti nello sviluppo di processi di progettazione, produzione e distribuzione originali, autonomi e integrati.

Anche gli attuali processi e pratiche di educazione al design sono investiti da questi tempi di cambiamento e si sono aggiornati al fine di fornire queste nuove competenze²⁸. Da una prima analisi, risulta evidente che le capacità dei designer stanno cambiando anche causa dello sviluppo di spazi di produzione sperimentali come i Fab Labs. A questo proposito, come dimostrano sin dalla sua prima edizione il corso "How To Make Almost Everything" (2002 - MIT) e la nascita di

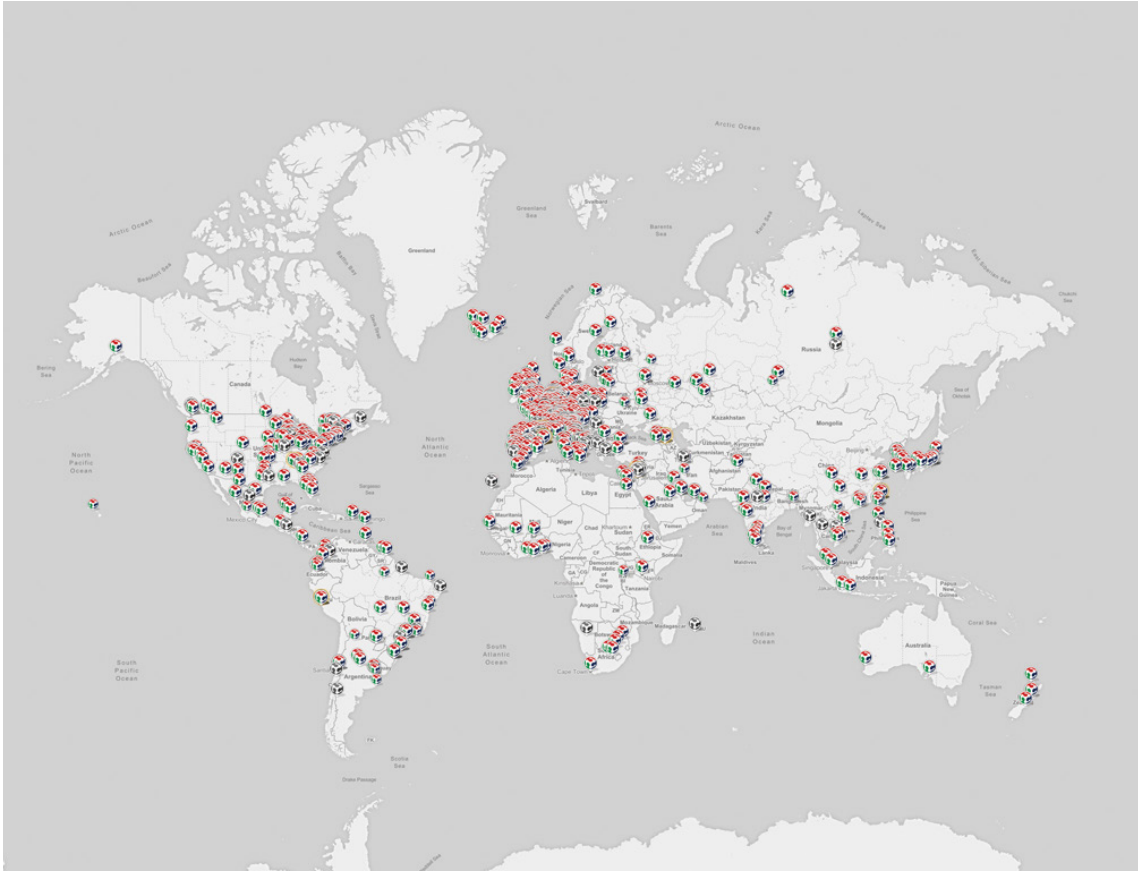
Fab Academy e progetti come fablab@school, oggi i Fab Labs sono in grado di organizzare varie attività educative di design focalizzate su elettronica, physic computing e fabbing. Si sono costituite nuove entità che costellano le città di luoghi dedicati a queste attività ed hanno avviato un cambiamento capace di investire l'intero aspetto socio-economico. L'esempio più significativo sono gli *Ateneus De Fabricaciò* istituiti a Barcellona. Rappresentano un vero e proprio tentativo di creare una vera e propria *FabCity*²⁹. In questi laboratori la conoscenza è l'unica moneta di scambio accettata: per poter usufruire dei servizi a disposizione bisogna pagare dando assistenza agli altri utenti presenti, oppure fornendo corsi gratuiti per la comunità. Questo tipo di accordo ha permesso un incredibile progresso sia dei quartieri limitrofi che delle aziende presenti dentro e fuori l'area urbana. La possibilità di sperimentare progetti nuovi con team interdisciplinari formati spontaneamente fornisce alle aziende uno spazio di prova perfetto per testare proposte progettuali estranee all'indirizzo usuale aziendale. In cambio le industrie mettono a disposizione servizi o materiali per il laboratorio. Così si crea un circolo vizioso di benefici per tutte le parti coinvolte e permette all'*Ateneus* di formare una rete sinergica di expertise. In ultimo, ne ha tratto giovamento anche l'ambiente didattico di Barcellona, con corsi appositi per gli studenti di design e con giovani designer a servizio della comunità circostante. Tutte queste esperienze evidenziano gli aspetti che influenzano i processi di formazione del design in termini di nuove figure educative e nuovi strumenti e tecnologie per l'apprendimento. Emergono due nuovi tipi di figure: formatori tecnici e non accademici specializzati in relazioni individuali e dilettanti professionisti o esperti che generano un sistema di relazioni *one-to-many* e *many-to-many* sulla base della condivisione delle informazioni e dell'apprendimento collaborativo³⁰. Ad esempio, il ridimensionamento del modello di sistema di produzione all'interno di un ambiente urbano rappresenta un'opportunità di re-shoring per l'industria manifatturiera. Un forte coinvolgimento degli utenti finali nella progettazione e sviluppo, produzione e distribuzione dei prodotti è diventata essenziale per le Piccole e Medie Imprese (PMI) tradizionali, che si sforzano di trovare nuove opportunità di business e di essere il più vicino possibile ai propri clienti.

Un sistema di produzione basato su questo approccio sono le *Mini-Factory*, ovvero uno dei moderni modelli di produzione pervasivi che forniscono prodotti su misura con costi contenuti e tempi di consegna brevi (Zanetti, Seregni, Bianchini & Taisch, 2015): un'unità

29. Come si può nel leggere il manifesto di intenti. (Fab City Global Initiative. *Fab City Whitepaper: Locally Productive. Globally Connected Self-Sufficient Cities.*)

30. Ancora Bianchini, Bolzan e Maffei (2014): "It is a matter of backing initiatives and actions aimed at the development of design skills, capabilities and self-entrepreneurship, dedicated to the construction of open systems-communities-markets of ideas – in a perspective of open innovation – where quality and efficacy may be valued with new parameters that focus on the results that are produced, and not on the number of projects that are funded."

di produzione su piccola scala basata su una singola macchina CNC o stampante 3D e direttamente collegata a un configuratore di progettazione, con l'obiettivo di produrre prodotti su misura. La mini-fabbrica è sia un'unità di produzione che un punto di distribuzione e che fornisce prodotti finiti ai clienti senza intermediari. La rete di fornitori è essenzialmente un insieme di falegnami, grossisti e artigiani, che lavorano in collaborazione con la mini-fabbrica, fornendo così materie prime e materiali di consumo. Questa dimensione ecosistemica è osservabile nel campo della *Distributed Microproduction* (DM), in particolare nello sviluppo della stampa 3D e della fabbricazione personale, e nei fenomeni FabLab, che sono nati nell'economia dei servizi e operano per consentire una produzione distribuita e democratizzata (Bianchini & Maffei, 2013). Questa lettura fenomenologica delle nuove forme di produzione in piccola scala in diversi contesti disciplinari - design, artigianato moderno, 'Make' e DIY Culture - consente di ricostruire l'emergere di un insieme di idee, processi, tecnologie e condivisioni valori, e ipotizzare che un'idea di Design Post-Industriale (DPI) si stia ormai delineando. Nel DPI i contesti periferici si svuotano della produzione industriale che li formava (come i distretti industriali) e li ricolloca nell'ecosistema urbano sulla base di come è composto l'ambiente e delle possibilità che offre. Per il DPI è importante creare un ecosistema strutturato dalla città perché la sua parte generativa è vincolata dall'ecosistema esistente in un processo di co-evoluzione e co-innovazione.



Mapa di tutti i laboratori appartenenti al movimento FabLab nel mondo. In continua crescita.

CAPITOLO 3 COMPUTATIONAL CREATIVITY

Computational Creativity is the application of information technologies to emulate, study, stimulate and improve human creativity.

Computational creativity involves experimentation with the aim of finding innovative ideas and thought processes in fields such as art, literature, cuisine, architecture, engineering, music and design. There are many controversies about the possibility of computational creativity and many “creatives” in particular have expressed doubts about it: can creativity be wired ?; can a programmed and algorithmic system also be creative? However, while it can be questioned whether computers can be truly creative, computational creativity projects often aim to produce works that human observers might consider creative. Among the many objectives of Computational Creativity is to investigate how to increase human creativity with artificial means and this definition includes all the systems of creation assisted by the computer (Colton & Wiggins, 2012).

La creatività computazionale (Computational Creativity) è l'applicazione di tecnologie informatiche per emulare, studiare, stimolare e migliorare la creatività umana³¹. La creatività computazionale comporta la sperimentazione con l'obiettivo di trovare idee innovative e processi di pensiero in campi come l'arte, la letteratura, la cucina, l'architettura, l'ingegneria, la musica e il design. Esistono molte controversie sulla possibilità della creatività computazionale e molti “creativi”, in particolare, hanno espresso dei dubbi al riguardo: la creatività può essere cablata?; un sistema programmato e algoritmico può anche essere creativo?³². Tuttavia, mentre può essere messo in discussione se i computer possono essere veramente creativi, i progetti di creatività computazionale mirano spesso a produrre opere che gli osservatori umani potrebbero valutare come creative. Tra i molteplici obiettivi della Creatività Computazionale vi è indagare come aumentare la creatività umana con mezzi artificiali e rientrano in questa definizione tutti i sistemi di creazione assistita dal calcolatore (Colton & Wiggins, 2012).

3.1 Sistemi complementari di disegno digitale

Dal CAD all'AAD

“Robust simulation and nearly unlimited computing power will combine with machine intelligence and generative design to deliver a further unification of intent and realisation. Reality capture, digital fabrication and immersive design environments will provide a functionally identical model of digital and physical space. [...] Advancement in computational design tools has led to an observable proliferation of architecture exhibiting greater degrees of geometric complexity, variability and differentiation. Although these tools increasingly enable the automation of design, coordination and documentation, the workflow connectivity between design and fabrication is typically severed, disrupting the linkages required to automate the manufacturing of these highly differentiated building systems.”
(Sheil, R., Menges, A., Glynn, R., & Skavara, M. (2017). Fabricate.)

Le nuove possibilità dei linguaggi di programmazione hanno cambiato il modo in cui ci avviciniamo al fare le cose, e così è stato per il ruolo del designer. Usato per essere il collegamento tra l'industria e il consumatore, il libro paga del designer era quello di fornire la migliore soluzione a un problema con un processo creativo che porterà a un prodotto. Ma la creatività non è solo un dono che poche persone hanno dalla nascita, è l'atto di creare qualcosa dal nulla e i designer possono scegliere tra molti metodi per rispondere a una sola domanda: come realizzare un nuovo prodotto? Con la parola prodotto intendiamo molto: dai materiali ai processi produttivi, dalla funzionalità all'usabilità, ma la caratteristica più riconoscibile è la sua forma, la morfologia. Qualunque sarà, alla fine il progettista dovrà sempre usare uno strumento di base per definire la forma del prodotto: il disegno. L'atto di disegnare è un gesto naturale quando viene eseguito l'uso di strumenti tradizionali che stabiliscono un collegamento diretto tra alcuni concetti e le loro rappresentazioni.

31. Dal libro Besold, T. R., Schorlemmer, M., & Smail, A. (Eds.). (2015). *Computational creativity research: towards creative machines* : “Computational Creativity research have made steady progress towards software which creates, by employing, advancing and inventing novel Artificial Intelligence, natural language processing, graphics, audio and other techniques for creative purposes.”
32. Le stesse domande sono poste anche nell'ultimo capitolo (2012) del journal *Computers and Creativity* da McCormack & D'Inverno: “how computers can enhance human creativity; whether computer art can ever be properly valued; what computing can tell us about creativity; and how creativity and computing can be brought together in learning.” Sempre McCormack nel journal *Digital Creativity* (2018) si domanda come sarà possibile collaborare con sistemi computerizzati o di intelligenza artificiale durante l'improvvisazione artistica. In un precedente articolo (2017) sullo stesso journal afferma che esistono già diversi esempi di esperimenti che necessitano di estendere il concetto di creatività anche alle macchine ed organismi non-umani, in quella che sarà considerata una

creatività post-umanista e post-antropocentrica.

33. Hansmeyer M. da una definizione generica di questo approccio *generativo*: “Generative Design is thinking about designing not the object but a process to generate objects”. Di fatto un cambiamento dall’oggetto al processo – dalla certezza alla probabilità.

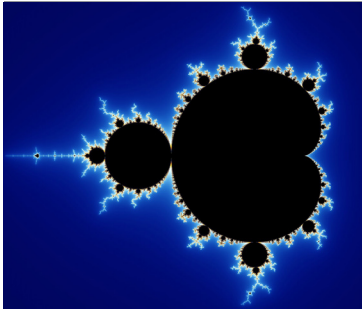
Il disegno è fondamentalmente un codice basato su standard e convenzioni e la sua coerenza internazionale è affidata al progettista. Quindi l’ampio utilizzo di software CAD, fabbricati da programmatori per progettisti (Llach, 2015), ha totalmente cambiato questo legame: conoscendo la tipologia del modulo è possibile riprodurlo virtualmente in 3d, è un approccio alla creazione basato su moduli (Tedeschi, 2014). Tutto ciò ha radicalmente modificato il processo creativo e reso molto più semplice verificare una buona risposta alla missione del progettista³³. Le prime tracce di dispositivi (meccanici e digitali) utili a superare i limiti della mano umano possono essere ricondotti alla creazione del *Memex*. In “As We May Think” (1949), Vannevar Bush immagina un dispositivo simile a una scrivania in cui le persone possono cercare in una libreria di articoli attraverso una serie di interruttori: il *Memex*. Bush descrive un dispositivo che presenta del testo con collegamenti ipertestuali, note e segnalibri aggregati che estendono la capacità umana alla ricerca e all’elaborazione di informazioni: un concetto molto simile a quello che diventerà il web. L’articolo ispirò Douglas Engelbart ad intraprendere un percorso formativo orientato sull’informatica alla UC Berkeley, dove scrisse un articolo, pubblicato nel 1962, intitolato “Augmenting the Human Intellect: A Conceptual Framework”. In esso, Engelbart, influenzato dal concetto di *Memex* di Bush, ha descritto di una macchina da scrivere capace di usare un nuovo processo di composizione del testo. In grado di integrare più facilmente nuove idee e quindi “aumentare” in modo continuativo la propria creatività. Questo ha permesso di escogitare e utilizzare procedure ancora più complesse per sfruttare meglio i talenti delle singole persone.

Engelbart non solo forniva una visione dell’interazione con un sistema informatico, ma aveva una vera e propria filosofia di guida. Credeva che i computer potessero essere usati per creare un’estensione dei modi in cui pensiamo, rappresentiamo e associamo le nostre menti. La visione di Engelbart non era solo quella di automatizzare i processi, ma di moltiplicare il potere di progettisti e collaboratori creando sistemi che aumentano il nostro intelletto, l’umanità e la creatività. Il suo obiettivo era aumentare il potenziale umano. Successivamente Ivan Sutherland, studente di Claude Shannon che a sua volta era studente di Vannevar Bush, nel 1963 costruì un sistema di lavoro ispirato al *Memex*. Il suo progetto di dottorato *Sketchpad* è considerato l’antenato dei moderni programmi di progettazione assistita al calcolatore (CAD). *Sketchpad* ha dimostrato l’incredibile potenziale della computer grafica interattiva per scopi

tecnici e creativi. Pochi anni dopo, il Stanford Augmentation Research Center (ARC) di Engelbart ha inventato una serie di tecnologie, ancora oggi ampiamente utilizzate. Tra questi, la videoconferenza e il mouse. Contemporaneamente, John McCarthy aveva fondato lo Stanford Artificial Intelligence Laboratory (SAIL). Il gruppo di McCarthy non era interessato ad aumentare l’intelligenza umana, ma voleva solo riprodurla elettronicamente. Il Centro Engelbart e il Laboratorio McCarthy hanno riunito dottori di ricerca, hacker hardware e software e studenti dedicati a questo tipo di ricerca. Queste esperienze sono state fondamentali per la crescita dei software CAD. L’enorme diffusione di Autocad nel 1986 trasfigurò radicalmente la professione del progettista. Per sintetizzare, la diffusione dei sistemi CAD può essere categorizzata in base al livello di assistenza alla progettazione (Pieters & Winiger, 2016):

- I sistemi di 1a generazione imitano strumenti analogici con mezzi digitali;
- I sistemi di 2a generazione negoziano il processo creativo attraverso un ciclo di feedback delle azioni;
- I sistemi di 3a generazione negoziano il processo creativo in conversazioni puntualizzate, aumentano le capacità creative e accelerano i tempi di acquisizione delle competenze.

Di questi ultimi fanno parti i software dedicati a trasporre visivamente i linguaggi di programmazione, in particolare Grasshopper 3D e Dynamo, che hanno dato il via all’ignizione di una nuova rivoluzione nel campo della modellazione tridimensionale e del progetto industriale. Possiamo ora fare una nuova e più difficile domanda, ovvero, come “trovare” la forma di un nuovo prodotto? Moretti (1971) ha scritto estensivamente riguardo l’“Architettura Parametrica”, che definisce come lo studio dei sistemi di architettura con l’obiettivo di definire le relazioni tra le dimensioni dipendenti dai vari parametri. Otto (1996) chiama Form-finding la progettazione con questi modelli di ricerca. Una frase che mette in primo piano la natura esplorativa della modellazione parametrica. Dalla creazione di una forma a un sistema di “ricerca” della forma, c’è una grande differenza che viene illustrata dalla rappresentazione finale della forma del prodotto. Generative Design è un termine “ombrello” che descrive la ricerca e gli sviluppi in corso in diversi campi. Una visione condivisa è di consentire ai progettisti di esplorare un numero maggiore di possibilità di progettazione da una nuova prospettiva e



Mandelbrot replica il comportamento frattale presente in natura tramite regole matematiche.



Mandelbub. L’arte 3D di Daniel White e Paul Nylander sfrutta i sistemi di creatività assistita basati sulle regole di Mandelbrot.

34. Infatti Patrick Schumacher (2008), direttore dello studio *Zaha Hadid Architects*, spiega come cambia la prospettiva progettuale con il computational design: “The ontological shift from platonic ideas to new computational primitives is a fundamental shift in perspective, from 3D to nD: While the renaissance age gave us the ability to represent reality from a three dimensional perspective (3D), the generative age enables us to represent (model) complexity and see (infer) reality from a probabilistic, or high dimensional perspective (nD)”.

di ridurre il tempo tra l'intenzione e l'esecuzione³⁴.

Il Generative Design

Sivam Krish descrive il design generativo come la trasformazione dell'energia computazionale in energia di esplorazione creativa che consente ai progettisti umani di esplorare un numero maggiore di progettisti per esplorare un numero maggiore di possibilità di progettazione entro limiti modificabili.

In genere, la progettazione computazionale ha:

- Uno schema di progettazione;
- Un mezzo per creare variazioni;
- Un mezzo per selezionare risultati desiderabili.

Alcuni schemi traggono ispirazione dagli algoritmi genetici per creare alcune variazioni, o solo numeri casuali, o da processi di progettazione naturali: per cui i disegni sono sviluppati come variazioni genetiche con mutazioni e crossover.

“Generative Design is a morphogenetic process using algorithms structured as not-linear systems for endless unique and un-repeatable results performed by an idea-code, as in Nature.”

(Celestino Soddu, Papers on Generative Design at www.argenia.it/papers, 2001)

Questo tipo di modellazione si basa su linguaggi di programmazione che esprimono istruzioni in una forma che può essere eseguita dal computer attraverso una procedura *step-by-step* o algoritmica. Alcune delle proprietà importanti degli algoritmi sono:

- Un algoritmo è un insieme non ambiguo di istruzioni correttamente definite;
- Un algoritmo si aspetta un insieme definito di input;
- Un algoritmo genera un output ben definito.

Se la classe dell'algoritmo conduce a un numero, viene chiamata procedura computazionale, mentre un algoritmo che genera un sì o no viene chiamato procedura decisionale, ma può anche condurre a geometrie. L'output finale non è solo un *segno digitale*, ma può

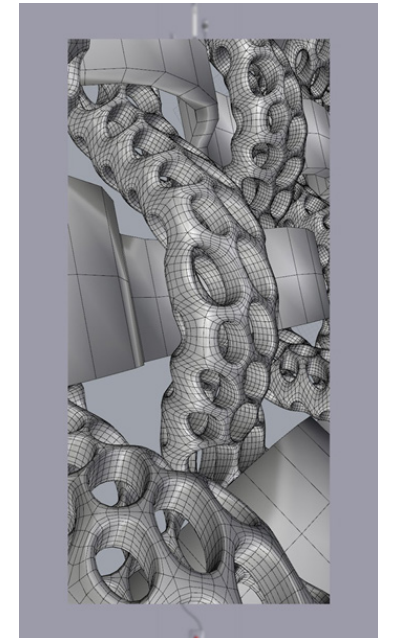
essere considerato come un modello digitale interattivo che rispondendo alle variazioni degli input manipola l'intero sistema.

“Form-making, loosely defined, is a process of inspiration and refinement (form precedes analysis of programmatic influences and design constraints) versus form-finding as (loosely) a process of discovery and editing (form emerges from analysis). Extreme form-making is not architecture but sculptures [...]. Extreme form-finding also is not architecture but applied engineering, where form exclusively determined by function.”

(J. Laiserin, Digital Environments for Early Design: Form-Making versus Form-Finding. First international conference on Critical Digital: What Matters(s)?, Harvard University Graduate School of Design, 2008.)

La relazione tra gli strumenti utilizzati per indagare lo spazio e il modo in cui comprendiamo lo spazio, e quindi il modo in cui la nostra mente impegna il processo creativo di progettazione, è un processo dialettico e dinamico costante. L'influenza degli strumenti, intesi sia come ricerche teoriche che come piattaforme computazionali, sta segnando le sperimentazioni d'avanguardia nell'architettura, nel design di prodotto e nelle scene di moda di oggi. Il grande vantaggio del design computazionale non sono i sistemi CAD, ma la possibilità di interagire con sistemi generativi, intesi come un sistema generico basato su codice, in grado di manifestarsi in modo dinamico e adattativo basato sul codice di base e sui parametri che li definiscono. I designer di ultima generazione utilizzano strumenti computazionali per gestire la complessità presente nel mondo naturale, come nel gotico o nei dipinti di Ruskin. È anche lo strumento che negozia con successo la complessità della società eterogenea e dinamica della moltitudine con la creatività intrinseca nel design. Il processo creativo in questione è leggibile in diverse fasi, dal momento in cui i progettisti stabiliscono le relazioni con l'impostazione dei sistemi, al momento in cui si manifesta in modo fisico viene informato da materialità, ingegneria e metodi di produzione. Tutti questi fattori sono ora integrati in quello che può essere definito come un momento creativo completo.

Secondo Shneiderman (2000), i sistemi che utilizzano questi strumenti per gestire tutte queste informazioni nella stessa attività di progettazione ed a supporto del processo creativo si definiscono



Oggetti ricchi di geometrie complesse come questa sono ottenibili solo tramite design generativo.

35. Il Laplacian Growth o “crescita laplaciana” consiste nell’applicare un algoritmo capace di generare una struttura che si espande ad una velocità proporzionale al gradiente di un campo laplaciano. Nelle giuste circostanze, ciò porta a instabilità che fanno emergere strutture ramificate, intricate e frattali.

dedicati alla “creatività assistita”, come ad esempio:

- *Assisted Drawing*. Il disegno assistito aiuta gli illustratori a disegnare correggendo i tratti;
- *Assisted Writing*. La scrittura assistita aiuta gli autori a scrivere, migliorando lo stile del testo;
- *Assisted Video*. Il video assistito aiuta i registi a modificare, perfezionando i tagli dei filmati;
- *Assisted Music*. La musica assistita aiuta i musicisti a fare musica, suggerendo idee.

“[...] there is a superficial and Manneristic overproduction of computational based designs that are not relevant to the [...] discourses, but that can be defined as a simplistic experimentations triggered by the easy access of the new code based computational platforms.”

(A.Tedeschi, L. Lombardi - AAD_Algorithm-Aided-Design, Le Penseur Publisher, 2014)

Come detto prima, il design generativo non è qualcosa che si costruisce fisicamente con piani, materiali e strumenti. Tuttavia può crescere e svilupparsi nel tempo proprio come cresce un fiore o un albero; ma i suoi semi sono la logica e l’elettronica piuttosto che il suolo e l’acqua. È una proprietà emergente del più semplice dei processi: le decisioni logiche e la matematica, si tratta di creare l’organico usando i comportamenti della fisica meccanica, come i frattali. Molti oggetti trovati in natura hanno dimensioni regolari che, quando misurati, mappano a equazioni matematiche. Ad esempio la spirale della conchiglia è una manifestazione fisica di un antico concetto matematico chiamato serie di Fibonacci. Un computer, data questa semplice regola, può calcolare con facilità la lunga sequenza di numeri di Fibonacci. Adesso esistono sistemi in grado di applicare questo design adattivo a qualsiasi forma, reiterandosi ed aumentando la propria complessità man mano che la geometria cresce e va in conflitto con se stessa (ad esempio i sistemi che adottano il *laplacian growth*³⁵). Quest’arte frattale 3D generata da computer è in circolazione da qualche decennio, ma fino a poco tempo fa è rimasta imprigionata nel mondo virtuale. Ciò che è cambiato è che la prototipazione rapida sta rendendo possibile estrarre modelli astratti elaborati dal computer nel mondo fisico. Il design organico è un nuovo paradigma che è fiorente ora che esiste finalmente un di-

positivo di output in grado di scatenare questi concetti nella realtà fisica (Lipson & Kurman, 2014).

“Using a combination of data and algorithms, designers can create a broad variety of two and three-dimensional shapes and patterns.”

(H. Lipson - M. Kurman, Fabricated: The New World of 3d Printing, Wiley, 2014)

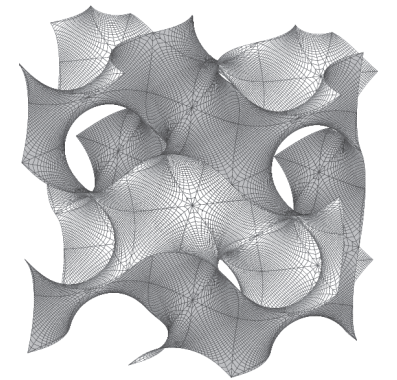
La modellazione procedurale viene in aiuto dei progettisti in questo caso perché utilizza una forma di partenza e una serie di regole che specificano in che modo la forma dovrebbe svilupparsi o dispiegarsi nel tempo. Ad esempio, le rappresentazioni della biologia sono generative: il nostro DNA non codifica dove ogni cellula del nostro corpo sarà e cosa farà e in che modo ciascuno dei neuroni nel nostro cervello si conetterà. Né è un DNA uno script che quando viene eseguito genera un corpo. Invece il nostro DNA codifica un insieme di regole applicate iterativamente alla prima cellula germinale fino a quando viene generato un intero corpo. Non si tratta tanto di “automatizzare” l’intero processo, quanto piuttosto l’idea di creare strumenti che generino variazioni che potrebbero essere casuali, ma comunque entro i confini dei controlli o corrispondenti a un determinato modello.

“From a computational perspective, creative artefacts have many parameters governing their perceived quality. Combining these in an optimal way can be a difficult task for a human, due to the large number of combinations available. The design of some artefacts, or elements thereof, can fundamentally be seen as a search problem—exploratory creativity.”

(Williams H and McOwan PW (2016) Manufacturing Magic and Computational Creativity. Front. Psychol. 7:855. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00855)

Quando un designer sta preparando una stampante 3D per la stampa di progetti reattivi, sarà impossibile sapere in anticipo esattamente come andrà a finire il progetto definitivo e come sarà. Il feedback per ogni situazione sarà diverso, cambiando i dettagli specifici del design finale.

Come può un progettista applicare questo sistema responsivo ad un processo di progettazione del prodotto?



Gyroid: è una superficie minima periodica triplicamente connessa all’infinito scoperta da Alan Schoen nel 1970.



I moderni sistemi di modellazione generativa permettono di realizzare geometrie molto complesse e con una precisione matematica impossibile da replicare manualmente.

36. Turing, padre del concetto di *Artificial Intelligence*, descrive così l'infrastruttura alla base nel suo famoso scritto, ormai bibbia dell'informatica, *The Imitation Game*: "If one wants to make a machine mimic the behaviour of the human computer in some complex operation one has to ask him how it is done, and then translate the answer into the form of an instruction table. Constructing instruction tables is usually described as 'programming'. To 'programme a machine to carry out the operation A' means to put the appropriate instruction table into the machine so that it will do A".

37. Come si legge da Colton e Wiggins (2012). *Computational creativity: the final frontier?* in ECAI (Montpelier), 21–26: "The philosophy, science and engineering of computational systems which, by taking on particular responsibilities, exhibit behaviors that unbiased observers would deem to be creative".

38. Secondo Peter Zellner (1999) è tempo di produrre "series-manufactured, mathematically coherent but differentiated objects, as well as elaborate, precise and relatively cheap one-off components".

I progettisti che devono costruire l'algoritmo dinamico dovranno pensare in termini di vincoli imposti dalla potenza di calcolo, un tempo limitata, e dai limiti fisici delle macchine di produzione, ad esempio il volume di costruzione o la risoluzione di stampa. C'è una nuova possibilità di esplorare il design attraverso l'uso di forme libere, aderendo allo stesso tempo alla logica di costruzione. In modo approssimativo, questi nuovi processi di fabbricazione digitale non dovrebbero essere visti solo come uno strumento per fabbricare artefatti da un file digitale. Per i progettisti di sfruttare tutte le possibilità della fabbricazione digitale, dovrebbe essere visto come un collegamento bidirezionale tra il regno dei bit e il regno degli atomi (Gershenfeld, 2001).

Come afferma Phil Ayres (2008) in un modo stranamente paradossale, il mondo dell'analogico può essere avvicinato alla mano del designer da una padronanza del digitale. Questa corrente d'arte può essere vista come un processo altamente iterativo e sintetico che oscilla tra le parole del digitale e del fisico su una traiettoria lineare verso un risultato costruito. Questa nuova linea di pensiero sulla morfogenesi digitale, condivide lo stesso processo iterativo dell'infrastruttura di intelligenza artificiale³⁶, che è una serie di miglioramenti e adattamenti attraverso generazioni di possibili risultati per ottenere il miglior risultato nelle condizioni locali³⁷. Ora, per un designer, un prodotto di intelligenza artificiale può essere definito nella dialettica tra caratteristiche e materiali al fine di adattare una forma progettata aperta. Fondamentalmente, durante il processo di progettazione dovrebbe essere importante tutto il contesto che influenza il prodotto: strutturale, culturale e ambientale. La fabbricazione digitale può portare a un prodotto responsive che sfrutta le potenzialità del comportamento materiale e del contesto locale in base alle caratteristiche desiderate e genera la forma adattiva più adatta per migliorare il prodotto³⁸. Le possibilità di un processo di progettazione reattivo sono rese possibili dall'osservazione dei fenomeni in esame, in questo modo per generare una fonte, il progettista, dovrebbe avere una profonda conoscenza di cosa, dove, come e perché sta facendo quell'oggetto innovativo.

"Digital fabrication and materials engineering have promoted an explosion in formal architectural typologies. By utilizing these digital tools and enhanced materials to embrace a morphogenetic design strategy, architecture can respond rapidly, throu-

gh multiple permutations to respond to multiple performance criteria. This approach outlines a design process that generates a typology and through multiple reiterations, changes as the design reacts to new performance criteria being added, or the model not adequately meeting the criteria being tested." (Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (Eds.). (2004). *Emergence: morphogenetic design strategies*. Chichester: Wiley-Academy)

Qual è il livello di innovazione, il processo di produzione, la qualità e le caratteristiche del materiale devono essere una parte essenziale di tale conoscenza al fine di prevedere i comportamenti e sviluppare l'oggetto più reattivo a questo fattore? Possiamo rispondere in base alle varie fasi di sviluppo in cui il design generativo può essere inserito:

- Prospettiva generativa: per la prima volta nella storia umana, possiamo creare da una prospettiva mista o generativa, poiché mescola elementi della prospettiva umana collettiva, della prospettiva della macchina e della prospettiva individuale. Ci dà la capacità di trascendere i vincoli creativi, come l'abitudine, la socializzazione e l'educazione, e creare oggetti che sono del tutto nuovi.
- Previsioni generative: prendi il concetto di raccomandazione, personalizzazione e personalizzazione e applicalo al processo creativo. La visione è quella di avere sistemi che suggeriscano potenziali "azioni", consentire alle persone di adeguare casualmente gli aspetti dei progetti in base alle esigenze e alle storie personali e consentirci di scoprire con creatività la creatività.
- Mercati generativi: in futuro, i modelli generativi potrebbero essere condivisi in un mercato modello collaborativo aperto. Mentre i mercati attuali ci consentono di scambiare artefatti / prodotti, i mercati generativi faciliteranno la condivisione di ricette per creare nuovi artefatti illimitati.
- Produzione generativa: tecniche di produzione digitale emergenti, come la stampa 3D, combinate con sistemi generativi utilizzati per creare oggetti fisici. I primi segni di tali tendenze possono essere osservati in casi come *Shapeways* o *Kickstarter* che stanno iniziando a ridefinire la relazione tra creazione, produzione e consumo.



Sperimentazioni su algoritmi "ricorsivi" di crescita Laplacian. (Realizzate dallo studio Nervous System).



Sperimentazioni su algoritmi "ricorsivi" di crescita Laplacian. (Realizzate dallo studio Nervous System).

3.2 Progetti sperimentali di co-design post-industriale

Co-progettare con l'artigiano

È chiaro, quindi, che il designer deve ridefinire il proprio ruolo all'interno dell'impresa e farsi carico di rinnovare l'intera filiera di produzione del valore. Questa evoluzione sempre più tecnologica delle *téchne* e *métis* richiede un rapido aggiornamento dei percorsi di formazione, in particolare nel design. Senza profili e competenze professionali all'altezza, la nuova cultura del progetto difficilmente potrà contribuire alla definizione di un nuovo modo di fare impresa (Bettiol, Di Maria, & Micelli, 2019). È da qui che parte l'iniziativa "We Design & Craftwork" per l'Atelier di Design III (canale X) organizzata dalla prof. Di Lucchio all'Università di Roma "Sapienza".

La classe, costituita da 52 studenti del secondo anno della Triennale in Disegno Industriale, ha avuto la possibilità di co-progettare e co-fabbricare un prodotto con l'aiuto e l'esperienza di alcuni artigiani del Lazio. Il corso si inserisce tra i tentavi in ambito didattico di rispondere all'esigenza di individuare i ruoli di questa *terza figura* all'incrocio tra design e artigianato (De Fusco, 2018). Un obiettivo che prevede un modello flessibile in grado di confrontarsi con le prerogative della produzione seriale come del pezzo unico e di affiancarsi alla cultura artigiana senza sostituirla.

Il percorso formativo è stato strutturato in tre step didattici corrispondenti ai seguenti obiettivi formativi:

- conoscere i fattori tecnico-economici e socio-culturali della produzione artigianale scelta;
- comprendere la relazione tra innovazione di prodotto – nelle sue diverse componenti tecnologica, funzionale, semantica – e opportunità di mercato;
- saper fare la sintesi progettuale che rende compatibili e sostenibili le disponibilità produttive artigianali di riferimento.

Durante il corso sono stati organizzati incontri (in particolare il seminario "Lazio: Region at Work") e lezioni utili alla compren-

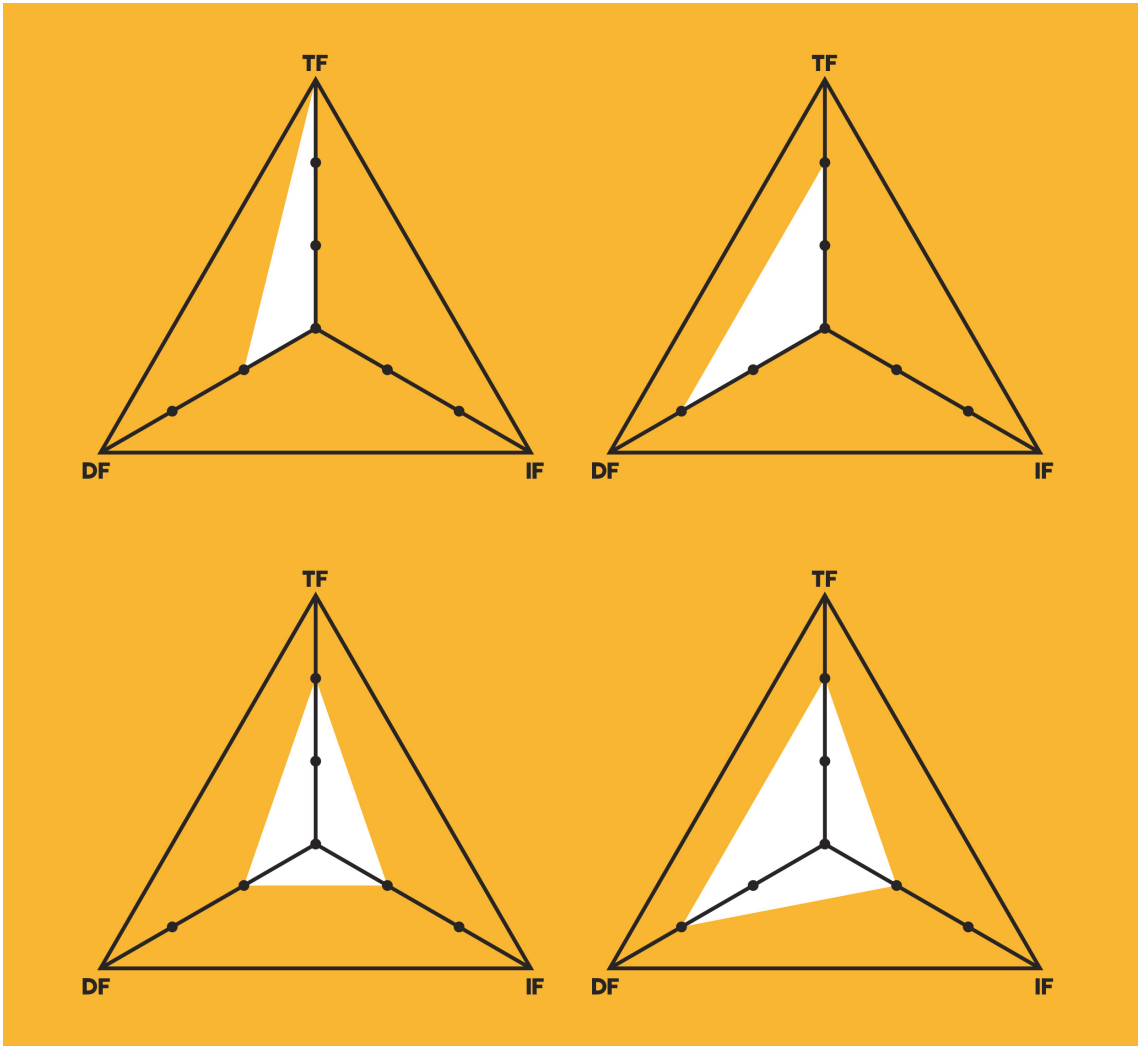
ne degli aspetti socio-culturali del lavoro artigianale e del design, così come sono stati forniti tutti gli strumenti utili all'elaborazione di una proposta progettuale tramite specifici tutorial. Inoltre, per i progetti sono stati tenuti in considerazione gli 8 valori estrapolati dalla Confartigianato nel Manifesto dei nuovi artigiani del XXI secolo (2015).

Il primo step è stato fondamentale per conoscere la realtà artigianale scelta e le tecniche utilizzate all'interno del laboratorio. Agli studenti è stato chiesto di produrre un report dettagliato e del materiale video-fotografico come punto di riferimento per lo sviluppo del progetto e per condividere con tutta la classe le conoscenze apprese. Il secondo step si è svolto sotto forma di workshop ed è stato dedicato alla composizione di una proposta progettuale: l'obiettivo era di individuare un possibile nuovo mercato o progetto nel quale introdurre le tecniche artigianali e, ove possibile, integrare le tecnologie di fabbricazione digitale (fresatura cnc, laser cutting, stampa 3D) messe a disposizione dal laboratorio di ricerca *Sapienza Design Factory*.

Il terzo step ha visto la validazione del progetto attraverso il "visto si produca" e l'effettiva fabbricazione in *co-working* dei prodotti in collaborazione con i vari laboratori artigianali, mettendo in pratica le rinnovate *téchne* e *métis* apprese.

Per esaminare il livello di coinvolgimento dei diversi attori in gioco e delle tecniche utilizzate è stata progettata una scheda compilativa. Lo scopo di questo strumento è fornire un mezzo di analisi didattica (ma facilmente integrabile in quadri professionali) per raccogliere: informazioni relative all'artigiano ed ai designer; una descrizione del prodotto; mappare la posizione delle diverse tipologie artigianali a livello locale; facilitare l'individuazione della percentuale del tipo di fabbricazione utilizzato.

Quest'ultimo elemento è strutturato a forma triangolare con tre linee tracciate tra il centro ed i rispettivi tre vertici. Ogni linea è stata suddivisa in quattro parti per comunicare a colpo d'occhio la tendenza della tipologia di fabbricazione implicata nella realizzazione, in modo molto simile al diagramma a radar. Con questa strutturazione è stato possibile mostrare la tecnica produttiva predominante: *Traditional Fabrication* (TF), *Digital Fabrication* (DF), *Industrial Fabrication* (IF). Con TF si intendono le tecniche tipicamente artigianali e più "manuali", con DF si intende l'uso di strumentazione digitale tipo CAD e CAM, mentre con IF si fa riferimento a tutte le



In alto, risp.: fase di prototipazione in classe; verifica finale dei prodotti realizzati.
In basso: esempi di risultati del grafico di analisi sui tipi di fabbricazione impiegati. L'uso del grafico aiuta a capire a colpo d'occhio che tipo di fabbricazione è stata prediletta e che tipo di contaminazione tecnica è avvenuta.

strategie utilizzate per garantire una produzione tipicamente seriale (come ad esempio l'uso di stampi o intensa presenza di prodotti pre-fabbricati). Lo scopo ultimo della scheda è appunto fornire un quadro generale dei vari attori concorrenti alla progettazione e trarre delle conclusioni su quanto sia stato fondamentale la coesistenza di diversi processi produttivi. In particolare, risulta evidente come la tendenza all'uso di tecniche tradizionali sia ancora il mezzo produttivo più utilizzato per la quasi totalità dei progetti. Non pochi prodotti sono stati ottenuti tramite l'integrazione di fabbricazione digitale (in alcuni casi fondamentale nella fase pre-produttiva) permettendo all'artigiano di aumentare le proprie capacità senza sostituire completamente il lavoro tradizionale. In diversi progetti, principalmente relativi al settore della gioielleria, sono stati utilizzati anche procedure legate al generative design per garantire o facilitare un servizio di personalizzazione più coinvolgente per l'utente e più rapido progettualmente. Sono stati realizzati i 18 progetti realizzati grazie all'aiuto di altrettanti laboratori artigiani e raccolti nell'appendice "We Design&Craftwork".

Co-progettazione generativa con l'artigiano

La collaborazione tra artigianato e designer può quindi dare frutto a progetti speciali, che possono inserire le peculiarità del lavoro artigianale in contesti digitali e con un'ottica post-industriale. Da queste considerazioni si sviluppa il progetto Reikon nato all'interno del workshop internazionale "Iwaizumi Wood Design Project" organizzato dalla Chiba University (sotto la supervisione del prof. Higuchi) in collaborazione con il FSC di Iwaizumi ed un consorzio di artigiani locali. La missione del workshop era valorizzare le peculiarità della foresta di Iwaizumi (Giappone), protetta e regolata dalla rappresentazione locale dell'organizzazione internazionale non-profit Forest Stewardship Council (FSC). Le attività del workshop hanno previsto un'immersione totale nella foresta e diversi appuntamenti presso i vari stabilimenti e laboratori artigianali. È importante sottolineare come queste due esperienze abbiano portato alla formulazione del progetto in poco più di tre giorni: scoprire le varie tipologie di legno; il rapporto della comunità locale con la foresta sia in termini ricreativi che di sfruttamento industriale; il rapporto armonico tra l'insediamento urbano e la natura; le varie realtà artigianali presenti e lo studio delle tecniche coinvolte.

A destra: due esempi di schede compilate con le informazioni utili rispetto al progetto, agli studenti ed artigiano coinvolto.

MODULO "HASR"

IL PRODOTTO È UN MODULO INTRECCIATO A MANO SECONDO LE TECNICHE DELL'IMPAGLIATURA DELLE SEDIE. È VERSATILE, PERSONALIZZABILE, COMBINABILE E MULTIFUNZIONALE SECONDO LE ESIGENZE DEL CLIENTE. È UN COMBINATO TRA TECNICHE TRADIZIONALI E INNOVAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI PRODOTTI CHE L'ARTIGIANO OFFRE ATTUALMENTE NELLA SUA BOTTEGA.

UMBERTO GIOVAGNOLI
VIA DEL PELLEGRINO, 92
ROMA (RM)
+39 06 5772851
+GIUNCAIT@GMAIL.IT

ALESSANDRO ARCA
ARCA.FORMDESIGN@GMAIL.COM

HILAL BAYMIS
HILAL.BAYMIS@GMAIL.COM

GIULIA BUCCOLINI
BUCCOLINI.MATERIALDESIGN@GMAIL.COM

➔ -230X230X6 MM -230X230X1 MM -COMP. PLOPP -INTRECCIO -FRESATURA CNC -INTRECCIO A MANO

DF TF IF

IRIDE

UNA CUSTODIA RICAVATA DALLA LASTRA DI PRODUZIONE DEGLI OCCHIALI SOTTILE, LEGGERA E PRATICA. DA PORTARE SEMPRE CON SE. È PERSONALIZZABILE NELLE FORME E NEL COLORE. L'OCCHIALE SITUATO AL SUO INTERNO PRESENTA UN PARTICOLARE SISTEMA DI MONTAGGIO DELLE ASTE, CHE PERMETTE DI ESSERE ASSEMBLATO E RIPOSTO FACILMENTE.

FELICE TONDA
CORSO CESARE LATTISTI
N°101 SUBIACO (RM)
+00028
+INFO@CELLHIEYEHEAR.COM

MARTINA BERNAVA
BERNAVA.MATERIALDESIGN@GMAIL.COM

CHIARA CAPRIOLI
CAPRIOLI.MATERIALDESIGN@GMAIL.COM

FRANCESCA CECCACCI
CECCACCI.MATERIALDESIGN@GMAIL.COM

➔ -64 MM -74 MM -8 MM -CELLULOSA -VETRO -PIRANITE -PELLE -FERRO -PANTOGRAFATURA -BURATTATURA -LUCCATURA

DF TF IF

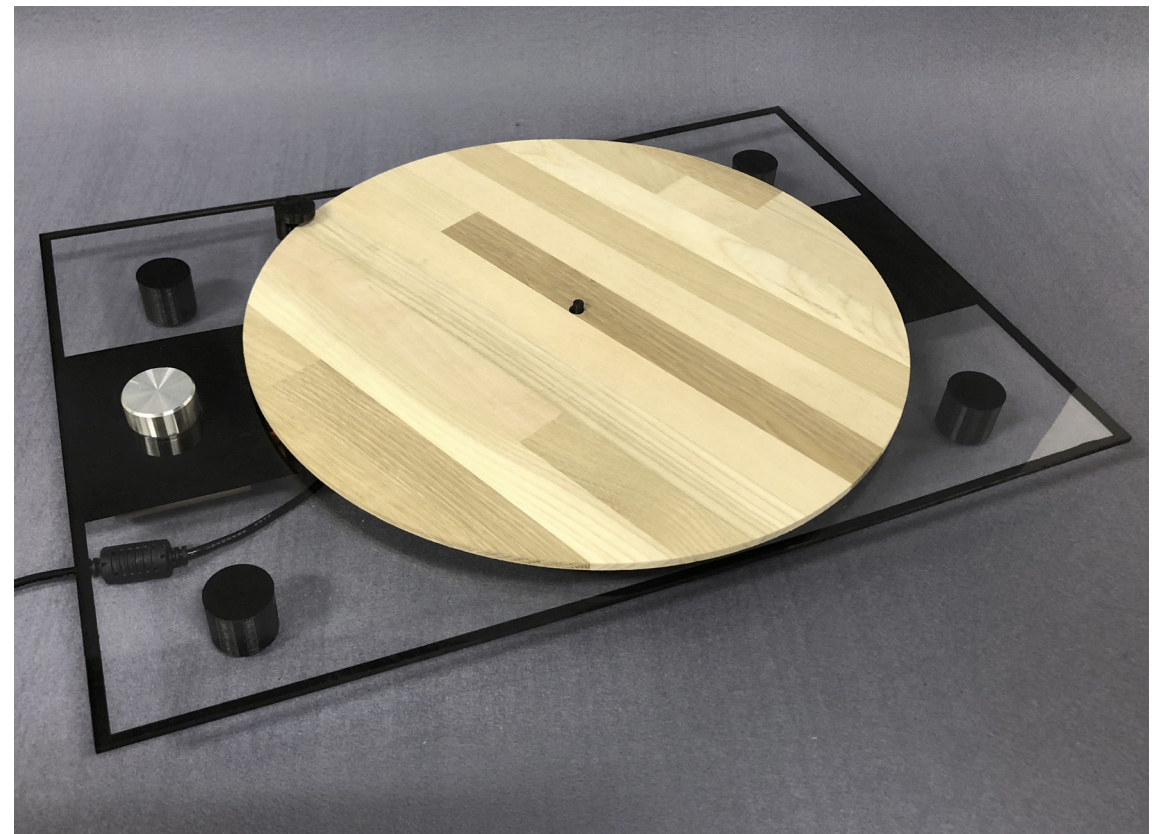
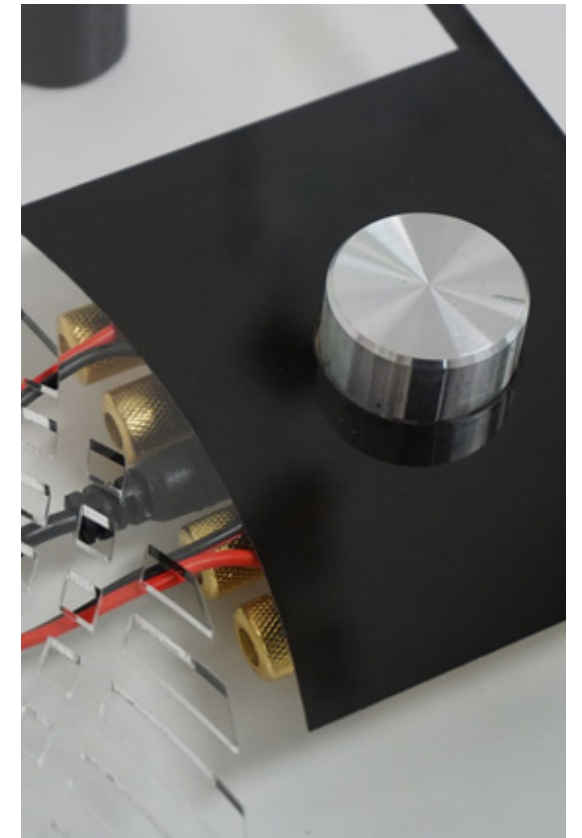
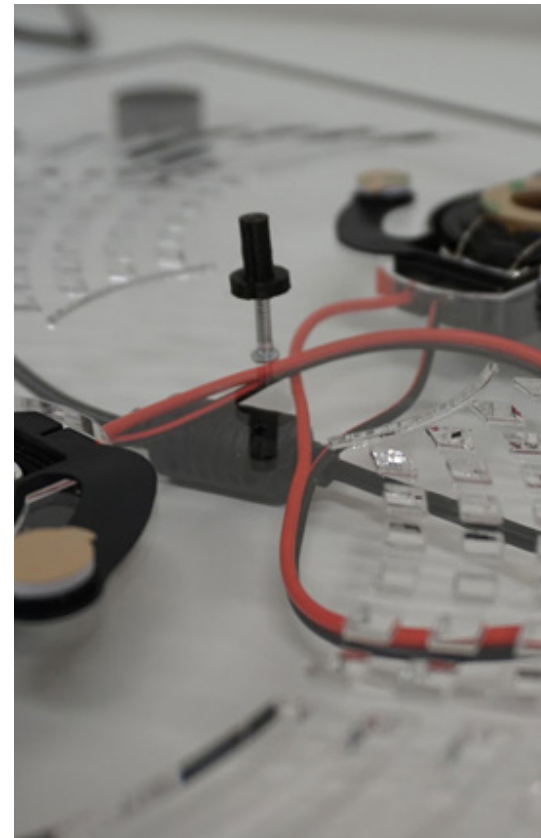
Queste valutazioni sono state importanti per costruire un quadro generale di riferimento utili a proporre un progetto capace di valorizzare il legno e la manifattura locale tramite l'uso di strumenti di modellazione generativa e strategie di personalizzazione. Nello specifico quest'ultima è stata composta facilmente grazie all'uso di uno strumento canvas dedicato a far emergere i punti di personalizzazione più promettenti (Malacukzi, 2019). È stato innanzitutto proposto un prodotto appartenente al settore audio e grazie all'uso del canvas si è deciso di investigare le proprietà acustiche dei vari legni e come esse influissero sulla tonalità del suono. Questo particolare ha messo in luce come fosse possibile collegare le diverse frequenze con le preferenze di d'ascolto da parte dei singoli utenti: se prediligere i toni bassi, medi o alti. Grazie all'uso di un particolare tipo di diffusore - un trasduttore dinamico che utilizza le superfici come mezzo di trasmissione del suono invece dell'aria come nei tradizionali altoparlanti - è stata stilata una tabella di come le varie essenze di legno incidono sulla riproduzione musicale delle varie frequenze: la densità del legno e la distribuzione delle fibre giocano un ruolo fondamentale nella trasmissione e percezione del suono. Punto focale del progetto è permettere all'utente di scegliere la tipologia di legno in base alla predominante influenza sul tipo di frequenza e conseguentemente dello stile d'ascolto preferito.

Inoltre la tecnologia impiegata dai trasduttori ha reso protagonista il legno stesso, in quanto elemento percettivo primario. Il disco di legno è il centro del progetto, messo in evidenza dalle bande nere (che nascondono la strumentazione elettronica di amplificazione ed il cablaggio) ed il corpo trasparente del prodotto aiuta a distaccarlo dal fondo. Sia la forma della struttura di sostegno che la dimensione del disco sono generati parametricamente tramite Grasshopper: la strategia algoritmica è molto semplice, ma efficace. Gli input aperti permettono la modifica dell'ingombro totale del sistema audio e la quantità del volume audio, direttamente proporzionale alla grandezza del disco. Tutte le parti prodotte dell'articolo sono ottenute tramite laser cutting in breve tempo. Il disco resta però custode e testimone d'eccezione delle tecniche tradizionali utilizzate dal consorzio di artigiani. La composizione finale delle tavole di legno, pre taglio laser, sono ottenute dall'accostamento di vari pezzi della stessa essenza a creare una composizione estetica. Il disco, quindi, oltre a rendere protagonista la bellezza e le qualità acustiche del

*Iwaizumi Wood Design Project ,
dall'alto: la foresta di Iwaizumi;
: workshop di studio sul legno della
foresta; visita ai centri di produzio-
ne artigianale locali; presentazione
delle proposte progettuali al consor-
zio di artigiani e del consiglio FSC di
Iwaizumi.*



legno di Iwaizumi, permette di evidenziare la sapienza artigianale della manifattura locale. Il progetto è stato accolto con piacere sia dal consorzio artigianale che dal FSC di Iwaizumi e messo a catalogo sul sito ufficiale dell'iniziativa (consultabile all'indirizzo <https://iwaizumi-forest.shop/iwaizumi-design-project/pg1711757.html>). Reikon è stato esibito presso la fiera giapponese "Japan Home & Building Show 2018" a Tokyo.



Reikon: sistema audio che sfrutta il legno come mezzo di trasmissione del suono. Il corpo in plexiglass è realizzato tramite laser cutting.

CAPITOLO 4 DIGITAL CRAFT FACTORY

“What can you learn from a luthier or a potter?”

The question posed by Sennett is the starting point of this research.

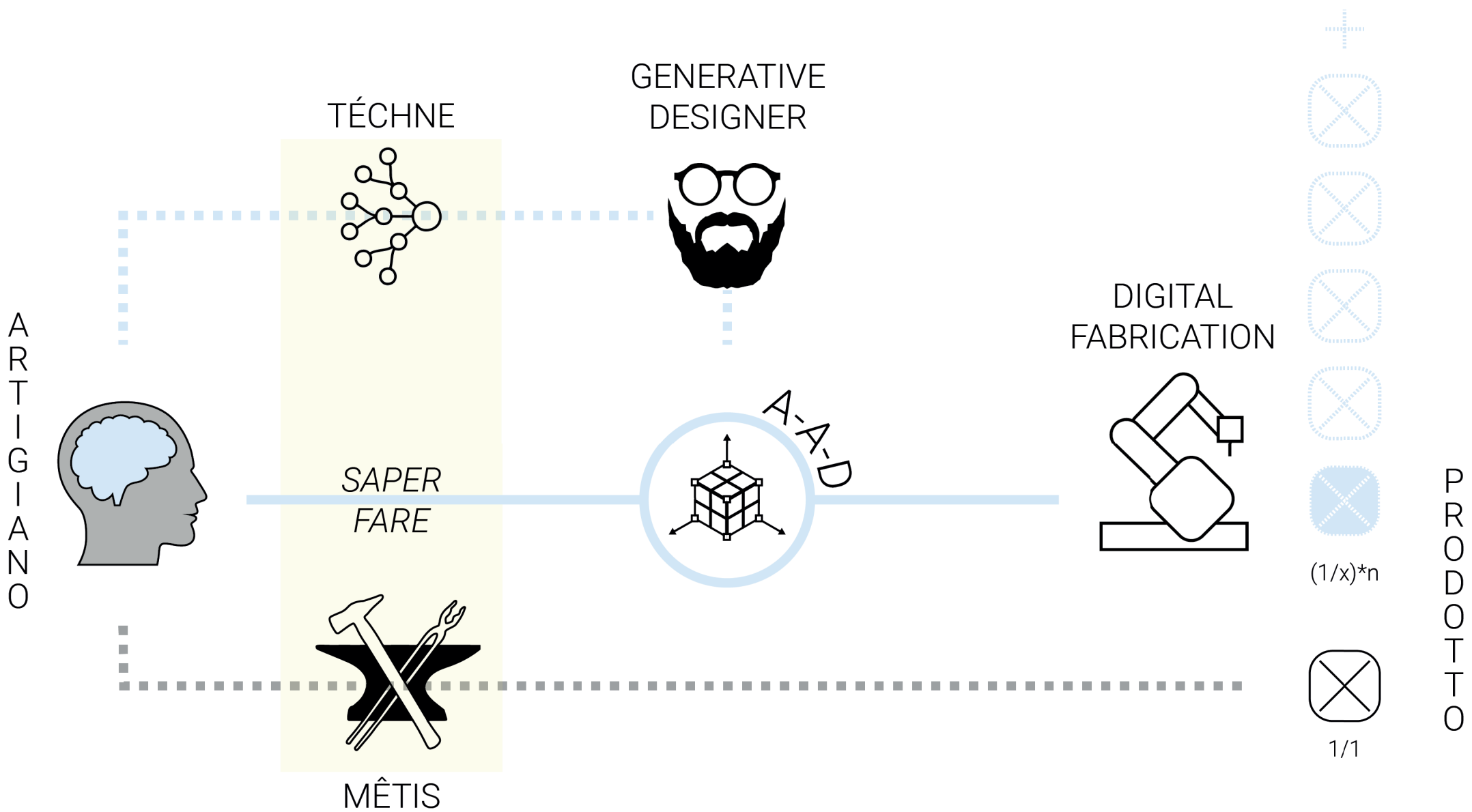
What can a designer learn from a luthier or a ceramist? What are the co-design processes that can guarantee a profitable and equal relationship? The reports Sennett talks about are also traceable in the new digital craftsmanship. The technology acts as a chisel in the hands of the sculptor: each instrument is intelligent, even though it is designed to make a specific operation better, but it is wise only in the expert hands of the craftsman. According to this perspective, a 3D model designer uses the bit (through the mouse or the graphic pen) as a raw material from which to derive a shape, a design intent, a product. In addition, RM generally requires a post-production refining and attention to detail phase that often occurs according to manual or more traditional procedures.

Through the previous case studies a feedback was obtained on the field of the various levels of collaboration possible; of how it is possible to introduce very advanced techniques, such as the Algorithm-Aided-Design; how digital manufacturing influences the craft model, both in terms of production and entrepreneurship. With the research methodology through design, the Digital Craft Factory (DCF) wants to constitute a model of Neo-Craftsmanship in which the actors involved are: the craftsman, as guardian of traditional techniques and the “Know-how”; the designer, as a facilitator and intermediary between tradition and innovation; digital fabrication, as the chosen technique for reproducing artifacts. The objective of the experimentation is the construction of a framework able to guarantee the repeatability of the model and to identify the tools necessary for the performance: a digital artisan factory. Taking Sennett’s question literally, two pilot projects have been carried out with similar frameworks and different outcomes in the sectors of violin making and artisanal ceramics, with the aim of increasing and not replacing these two ancient manufacturing traditions. Below the explanatory diagram of the general framework, in this phase there are still some unknowns regarding the transmission of knowledge between designer and craftsman, while the discretization of the production processes is to be selected among the available RM technologies, always in order to obtain a process as much as possible of DM.

“What can one learn from a luthier or a potter?”³⁹

La domanda posta da Sennett è il punto di partenza da cui parte questa ricerca. Cosa può imparare [il designer] da un liutaio o da un ceramista? Quale sono i processi di co-design in grado di garantire un proficuo ed equiparato rapporto? Le relazioni di cui parla Sennett sono rintracciabili anche nel nuovo artigianato digitale. La tecnologia agisce come scalpello nelle mani dello scultore: ogni strumento è intelligente per-se in quanto progettato per esplicitare al meglio una determinata operazione, ma è sapiente solo nelle mani esperte dell’artigiano. Secondo quest’ottica, un progettista di modelli 3D usa il bit (attraverso il mouse o la penna grafica) come materia prima dalla quale ricavare una forma, un intento progettuale, un prodotto. In più il RM generalmente richiede una fase di refining e di cura del dettaglio in post-produzione che spesso avviene secondo procedure manuali o più tradizionali.

Tramite i casi studio precedenti è stato ottenuto un riscontro sul campo dei vari livelli di collaborazione possibile; di come è possibile introdurre tecniche molto avanzate, come l’Algorithm-Aided-Design⁴⁰; come la fabbricazione digitale influisce sul modello artigianale, sia in termini di produzione che di imprenditorialità. Con la metodologia della *ricerca attraverso il design*, la Digital Craft Factory (DCF) vuole costituire un modello di Neo-Artigianato in cui gli attori coinvolti sono: l’artigiano, come custode delle tecniche tradizionali e del “Saper Fare”; il designer, come facilitatore e tramite tra tradizione ed innovazione; la fabbricazione digitale, come tecnica prescelta per la riproduzione degli artefatti. Obiettivo della sperimentazione è la costruzione di un framework in grado di garantire la ripetibilità del modello e di individuare gli strumenti necessari alla performance: una fabbrica artigianale digitale. Prendendo alla lettera la domanda di Sennett, sono stati svolti due progetti pilota con framework simili ed esiti differenti nei settori della liuteria e della ceramica artigianale, con lo scopo di aumentare e non sostituire⁴¹ queste due antiche tradizioni manifatturiere. Di seguito il diagramma esplicativo del framework generale, in questa fase sono ancora presenti delle incognite riguardo la trasmissione della conoscenza tra designer ed artigiano, mentre la discretizzazione dei processi produttivi è da selezionare tra le tecnologie di RM a disposizione, sempre al fine di ottenere un processo quanto più possibile di DM.



Concept del framework di base del sistema di progettazione assistita dal generative design. Il "Saper Fare" artigiano è stato scisso in due parti rappresentati il sapere teorico e pratico. Il processo prevede l'intervento del generative design per mettere a sistema il collegamento tra artigianato e fabbricazione digitale. Nel sistema è previsto, e fattore indispensabile, che l'artigiano salvaguardi e mantenga la sua pratica tradizionale.

4.1 Guitarmaker

Sistema di progettazione generativa assistita per la liuteria

Sebbene oggi esistano moltissimi brand commerciali dedicati alla produzione di chitarre classiche, acustiche ed elettriche, le prime chitarre erano uno strumento unico realizzato ad arte dal suo artigiano, il liutaio. La pratica della liuteria era comune fino alla svolta del XVIII secolo quando arrivò la rivoluzione industriale. Mentre la produzione in serie di chitarre, sempre più frequente, aumentava notevolmente il numero di chitarre in circolazione, per ogni strumento era comunque necessaria una lavorazione finale tradizionale ancora realizzata a mano da un singolo gruppo di liutai. Adesso, per i liutai che scelgono ancora di fabbricare a mano i loro strumenti, i metodi sono cambiati davvero molto poco negli ultimi 500 anni⁴². Man mano che diventano disponibili opzioni di utensili più avanzate, tuttavia, è sempre meno necessario del lavoro di fabbricazione manuale per completare una chitarra (Cumpiano & Natelson, 1994). Alcuni strumenti comuni utilizzati oggi dai liutai sono: sega a nastro, trapano a colonna, sega circolare, levigatrice stazionaria, jointer, morsetti a C, levigatrice, levigatrice a colonna, pialla a motore, sega a coda di rondine, lame per raschietto, lime manuali, router e carta vetrata. Nonostante il grande dispiegamento di utensili, realizzare chitarre artigianali richiede comunque moltissimo tempo e lavoro. La diffusione commerciale di piccole stazioni CnC per la fresatura ha risolto in gran parte questo problema, richiedendo tuttavia che i liutai aggiornassero le proprie conoscenze tecniche per poter impiegare questo nuovo strumento. Spesso per ovviare al problema si utilizzano file ready-to-use disponibili online, che hanno portato però a perdere la singolarità espressiva del liutaio o la possibilità di fabbricare strumenti diversi da quelli disponibili (spesso repliche di famosi modelli). Tuttavia recentemente, oltre ai noti modelli dei grandi marchi internazionali e le diverse configurazioni di chitarre standard, si sta affermando una nuova generazione di liutai e designer che nei laboratori artigianali e nelle sedi di piccole botteghe disegnano, progettano, sperimentano e realizzano strumenti

39. “What can one learn from a luthier or a potter? I have highlighted four aspects: the rhythm, the relationship between problem solving and problem finding, the connotative relationship and practical action, and the role of social exchange. All this is strongly rooted in traditional craftsmanship and, even more so, in the current technological one.” (Sennett, R. (2008). *The craftsman*. Yale University Press.)

40. Rebecca Anne Fiebrink: “Can we find a use for [...] algorithms in unconventional contexts, such as the support of human creativity and discovery?”

41. Su questo argomento, Pieters & Winiger (2016) con un importante articolo sulla creatività computazionale si pronunciano sulla semplice, ma sostanziale differenza tra i due concetti: “Augmentation is not the same as automation: Where automation promises to *free us from inhumane tasks*, augmentation aims at strengthening our capabilities. It is the notion of raising the collective human potential, not replacing it”.

42. La manualistica dedicata alla costruzione di strumenti a corde fa ancora riferimento a soluzioni tecnologiche introdotte nel 1600. Solo nel 1850, Antonio de Torres Jurado, introdurrà delle variazioni

tali da costituire il primo stile di chitarra moderno (Morrish, 2002).

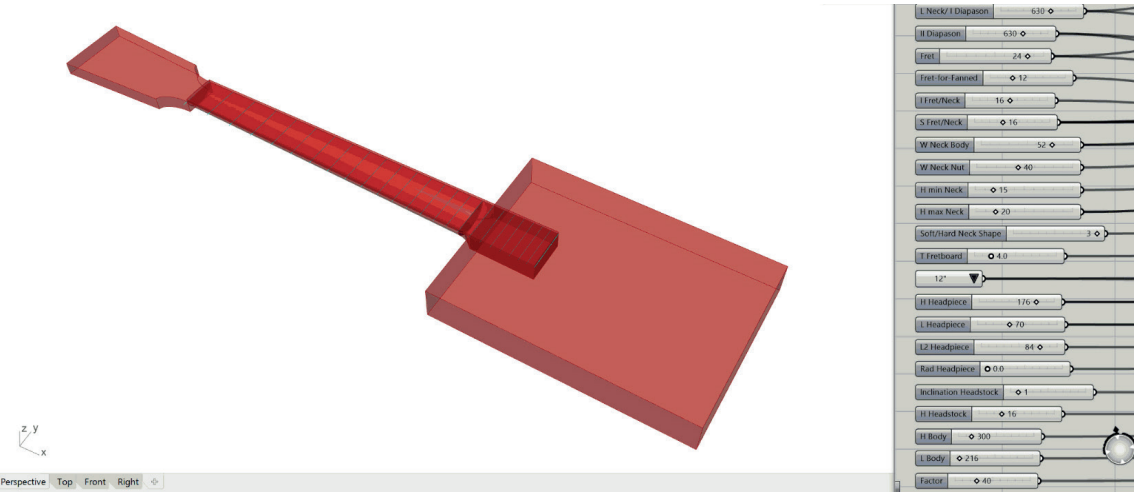
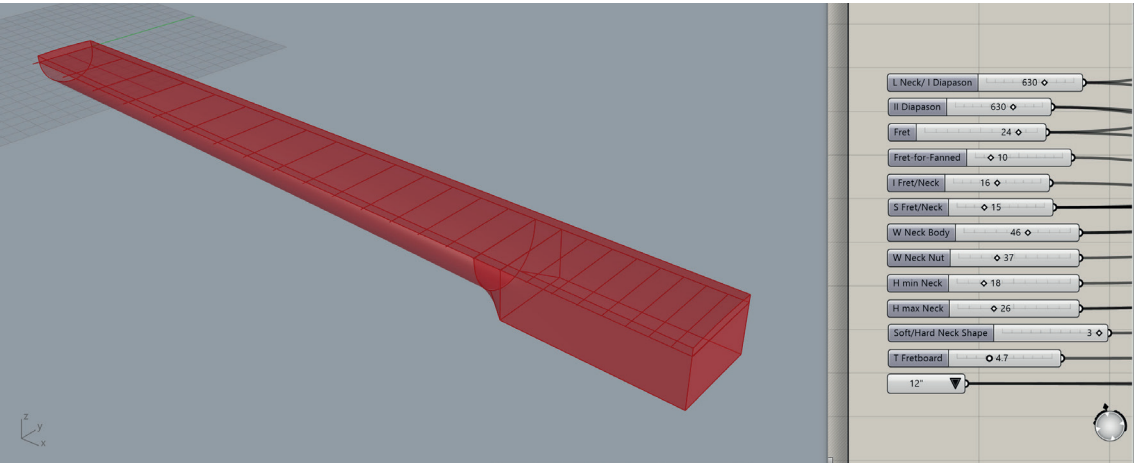
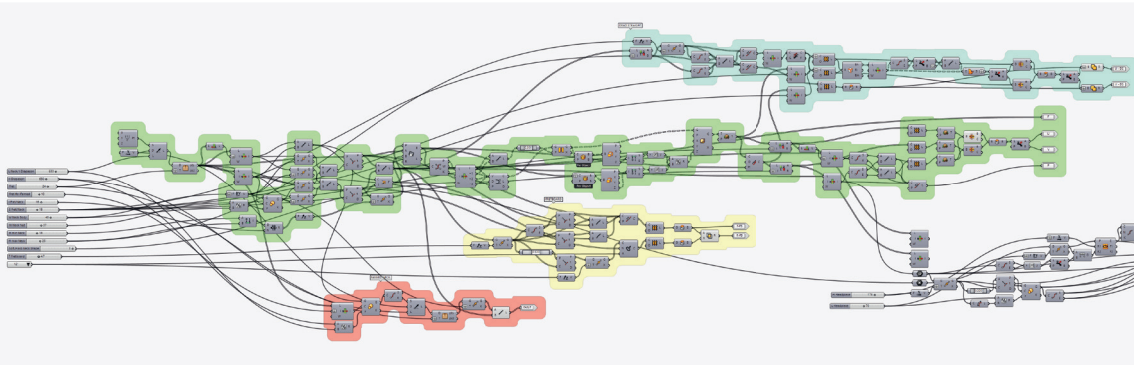


Il liutaio Maurizio Palpacelli: 40 anni di esperienza nella costruzione di strumenti musicali.

A destra: il codice algoritmico di Guitarmaker, realizzato con Grasshopper 3D. Il cuore della procedura algoritmica è la costruzione del manico della chitarra ed in particolare del diapason (responsabile del suono). La strategia algoritmica finale prevede più di 25 input modificabili. In basso: alcuni esempi di risultati differenti a seconda degli input modificati.

elettrici a corde caratterizzati da linguaggi moderni e forme evolute più contemporanee, da soluzioni tecnologiche innovative e materiali avanzati, da dettagli estetici e funzionali di grande bellezza e precisione esecutiva (Marano, 2019). Con l'impiego di software di modellazione tridimensionale e lo sviluppo di tecnologie di stampa additiva sono stati favoriti nuovi processi di progettazione sempre più dedicati alla ricerca di forme complesse e di personalizzazione degli strumenti musicali. Designer, ingegneri, makers e piccole aziende, con la collaborazione di musicisti e liutai, sperimentano nuovi linguaggi e tecniche avanzate di produzione per la realizzazione di chitarre, ma anche altri strumenti. È su questo fenomeno, legato a doppio filo all'artigianato ed al design, che la prima sperimentazione della Digital Craft Factory vuole investigare: un sistema di progettazione generativa assistita per la liuteria, *Guitarmaker*.

Guitarmaker è il primo tentativo di messa a sistema dei concetti pregressi: la fabbricazione digitale per l'artigianato del futuro secondo una configurazione tipica della smart factory. Il design (e di conseguenza il designer) funge da collante per tenere insieme questi fenomeni con un processo innovativo permesso dagli strumenti della AAD. Il progetto nasce dalla doppia collaborazione con un liutaio di Roma e il laboratorio di ricerca Sapienza Design Factory. Il cuore del progetto è costituito dall'uso di una strategia parametrica in grado di generare il modello virtuale di una chitarra elettrica: costituendosi come la prima chitarra elettrica generata tramite una procedura algoritmica. Per poter stabilire la miglior strategia parametrica, è stato fondamentale seguire passo-passo la costruzione tradizionale di una chitarra e del lavoro del liutaio. Tramite l'osservazione ed il rapporto collaborativo instaurato ha permesso di individuare delle relazioni fondamentali generali tra le parti della chitarra, l'acustica e le diverse tecniche costruttive. Obiettivo finale della strategia algoritmica era di integrare queste relazioni in modo da consentire la generazione di un modello virtuale estremamente personalizzabile: a partire dal parametro del diapason, elemento vitale affinché la chitarra suoni, sono generati il manico e la tastiera, che non solo possono essere ottenuti nelle larghezze e profondità preferite, ma anche di forma (ad esempio se con un manico a U o a V, simmetrico o asimmetrico, oppure il raggio di curvatura della tastiera); quindi l'innesto del manico con il corpo della chitarra all'altezza del tasto preferito e la tipologia di giunzione; il corpo della chitarra è personalizzabile principalmente in base alle dimensioni di ingombro, così

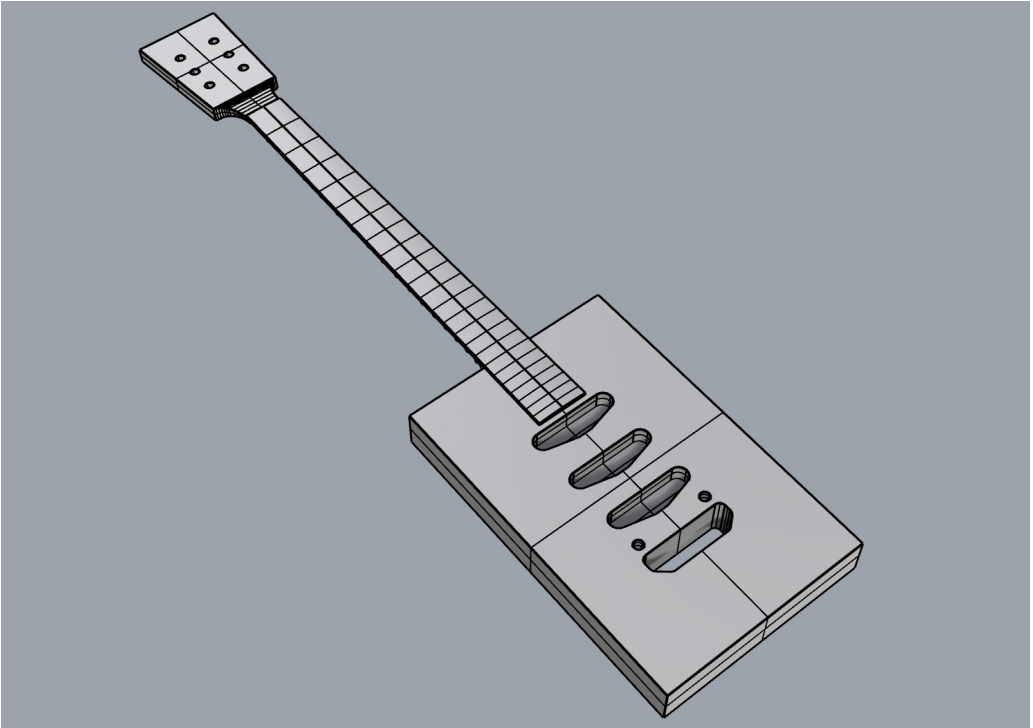


come la paletta. Ci sono anche altri parametri che influiscono su tutta la forma come l'inclinazione del manico o della paletta e che sono modificabili in base al gusto del cliente o del liutaio. Il design finale della chitarra, inteso puramente come estetica, può essere integrato tramite reverse engineering di famosi stili o realizzato ex-novo ed immesso nell'algoritmo. L'elettronica o le meccaniche sono sempre prese a catalogo dal liutaio, ma tramite il rilievo dimensionale degli stessi, è possibile individuarne la collocazione precisa tramite l'algoritmo, così come eventuali sottrazioni di spazi per l'inserimento delle parti durante l'assemblaggio. In questo modo viene generato un modello virtuale finale con le caratteristiche acustiche e la morfologia desiderata, reiterabile in breve tempo per correggere eventuali conflitti riscontrati.

Fabbricazione della prima chitarra parametrica

Kabuto è la chitarra elettrica finale generata parametricamente: si tratta di una *neck-through-body* molto compatta, a scala corta (diapason da 25.75") con tre pick-up Di Marzio ed un ponte tremolo *Floyd Rose*. Decise queste caratteristiche e l'ingombro totale, la chitarra è stata dotata di uno stile disegnato a quattro mani con il liutaio. Si è deciso di prendere ispirazione dal mondo giapponese ed in particolare dallo *Shamisen*, strumento tradizionale a tre corde giapponese, sia per le dimensioni compatte che per il modo di suonare lo strumento (con il manico molto in alto). I materiali scelti sono mogano e acero.

L'intera procedura algoritmica descritta nel capitolo precedente avviene nell'ambiente virtuale di grasshopper 3D ed è relativamente semplice da inserire in ambienti CAM per la fase di realizzazione tramite fresatura CnC. Il mondo della liuteria usa già ampiamente tecnologie CnC, anche se spesso non molto evolute, quindi non stravolge l'intero processo produttivo di questa categoria artigiana. Il liuatio, quindi, non è del tutto nuovo all'integrazione di tecnologie di fabbricazione rapida nel proprio *modus operandi*, ma tende a limitarsi ad operazioni semplici correndo il rischio di frammentare molto le lavorazioni. L'algoritmo *Guitarmaker* al momento non genera automaticamente il gcode necessario a muovere la macchina, ma fornisce già dei percorsi utili alle lavorazioni. Per la fase di realizzazione è stato fondamentale l'aiuto fornito dal laboratorio Sapienza Design Factory (SDF): la decennale esperienza del labora-



In alto, primo risultato dell'algoritmo: stabilite solo le caratteristiche dimensionali e le meccaniche, ma non lo stile.

In basso: modello digitale finale di Kabuto, in stile giapponeseggiante.

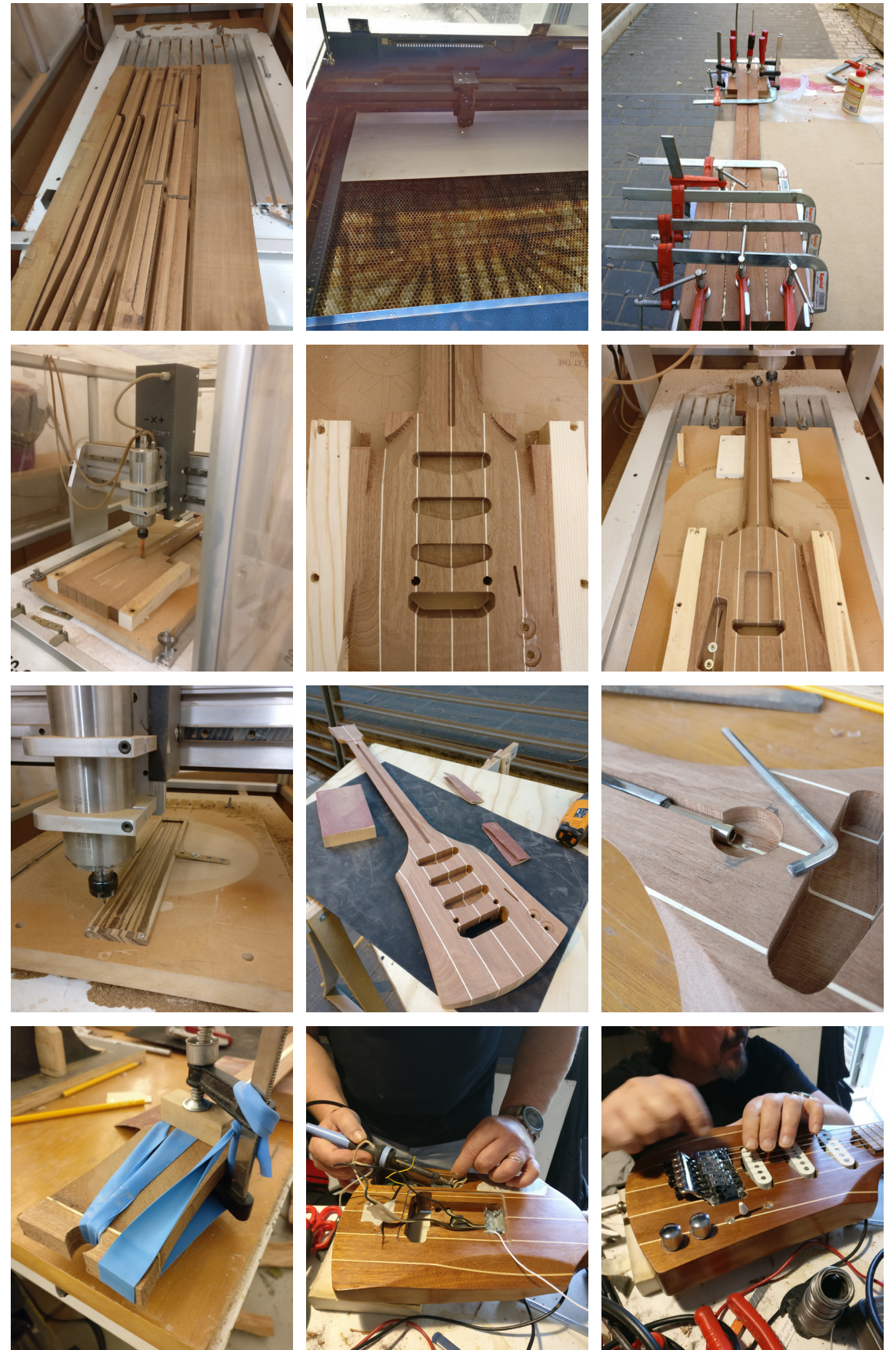
Da sinistra verso destra e dall'alto in basso: spianatura e realizzazione delle sezioni longitudinali in fresa CnC; taglio al laser degli inserti longitudinali in acero; incollaggio delle sezioni (mogano e acero alternato, passaggio obbligato per le chitarre di tipo neck-through-body); inizio della fase di fresatura CnC; lato superiore completato in 7 ore; lato inferiore completato in 7 ore; fresatura di precisione della tastiera e della posizione dei tasti; scartavetratura manuale e lucidatura in gommalacca naturale; aggiunta di alcuni dettagli di stile (ingresso truss-rod e paletta); posizionamento dell'elettronica e delle meccaniche.

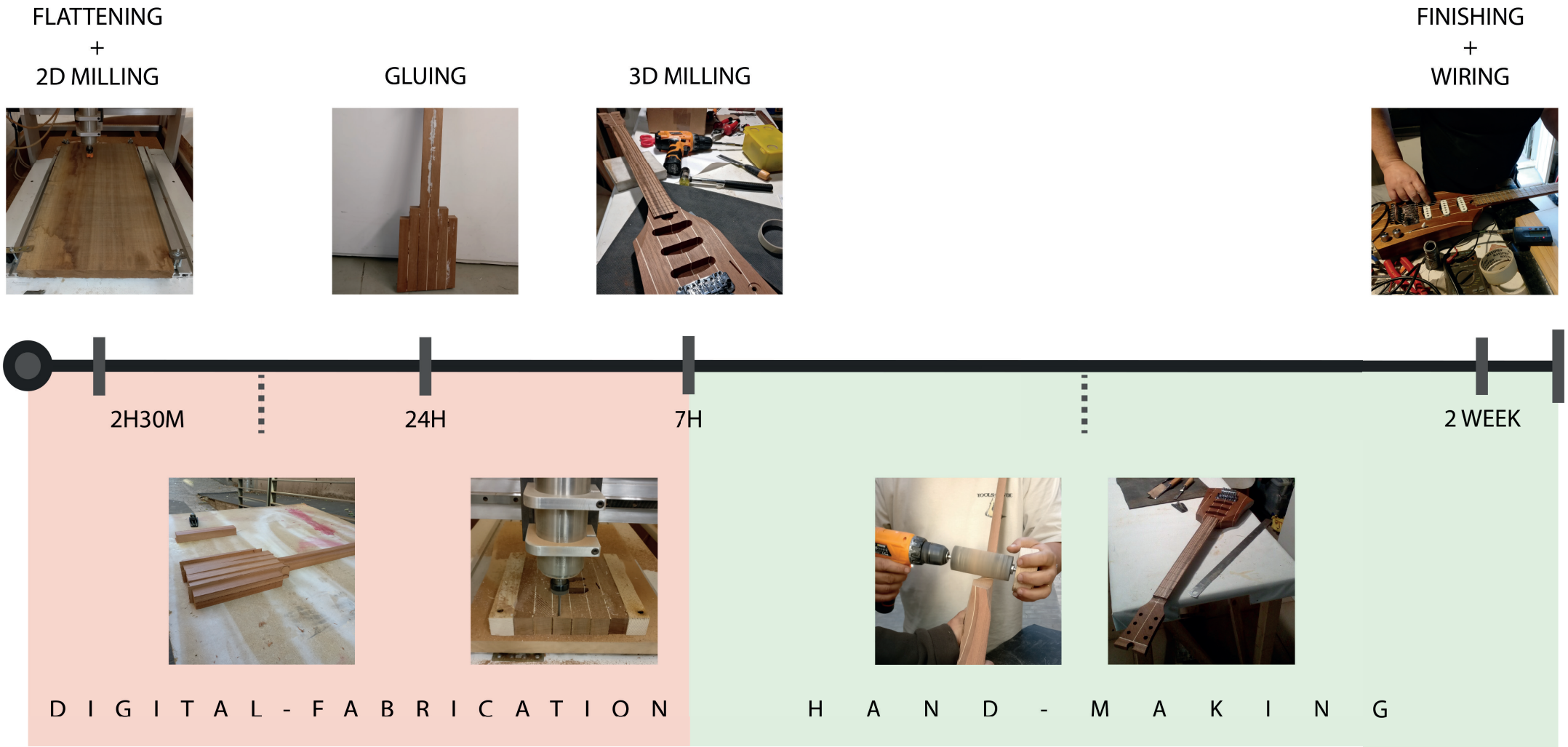
La fase di fabbricazione è stata svolta presso il laboratorio di ricerca Sapienza Design Factory, sotto il prezioso controllo e fondamentale aiuto di Marco Chialastri, esperto di FD e prototipazione rapida.

torio ha permesso di snellire incredibilmente le fasi di lavorazione. Per la costruzione di una chitarra *neck-through-body* è necessaria una pre-fase di taglio del legno in grosse sezioni longitudinali: per la tavola di mogano spessa circa 40cm è stata utilizzata la fresatrice CnC, permettendo il meno spreco possibile; per gli inserti in acero spessi 2mm è stato utilizzato il taglio laser. Le sezioni ottenute sono state successivamente incollate alternate (per garantire una migliore resistenza nel tempo alla flessione naturale del legno) e lasciate aderire completamente per 24 ore, tramite l'aiuto di alcuni morsetti. La fresa in dotazione al laboratorio SDF ha un volume di costruzione massimo di 950 mm per 600 mm con tre assi di lavorazione. La dimensione finale della chitarra di 900 mm ha permesso la fresatura della forma tridimensionale della chitarra in soli due momenti, rispettivamente per la parte posteriore e frontale. L'operazione di riposizionamento del pezzo tra le due fasi ha richiesto dei fori di riferimento, per una fresatrice a quattro o più assi di lavorazione non sarebbe necessario e permetterebbe di ridurre la lavorazione in un unico momento. Tuttavia, grazie al modello virtuale generato tramite GH sono già presenti già tutte le buche necessarie per il collocamento della strumentazione meccanica o elettronica, di fatto garantendo la realizzazione dell'intera chitarra in soli due momenti. Per Kabuto sono state necessarie solo 7 ore a lato, per un totale di 14. L'unico elemento ottenuto tramite una successiva lavorazione è la tastiera, la cui posizione dei tasti è calcolata matematicamente dall'algoritmo con una precisione inferiore al millimetro. In questo modo si ottiene la totalità del "legno" della chitarra in meno di 24 ore quando per un liutaio tradizionale sono richiesti almeno due mesi.

Kabuto

La particolarità di Guitarmaker sta nella possibilità di generare quasi qualsiasi tipo di chitarra preferita grazie a tutti i parametri aperti disponibili. Tuttavia per garantire l'effettiva funzionalità della stessa è necessario che sia un liutaio oppure un utente molto esperto a governare l'algoritmo, infatti, nelle mani di una persona inesperta è molto facile compromettere la capacità di suonare della chitarra. Un ulteriore punto a favore è il dialogo quasi diretto, ma ancora da implementare definitivamente, tra la fase di design e di realizzazione allo scopo di garantire tempi brevissimi di fabbricazione. Guitarmaker quindi risulta un sistema molto utile a liutai esperti e novizi





Timeline della fabbricazione della chitarra progettata con il sistema di creatività assistita dal design generativo.
La chitarra è stata realizzata in due settimane, notevolmente meno, rispetto ai 2-3 mesi generalmente impiegati dal liutaio per la costruzione dello strumento musicale.



*Kabuto: la prima chitarra elettrica
completamente generata tramite
Generative Design,*





Presentazione dei risultati raggiunti da Guitarmaker. L'incontro con i designer della Yamaha ha generato un notevole scambio di opinioni per il proseguo della ricerca.



Un entusiasta visitatore della Maker Faire Rome 2018 suona Kabuto. Il corpo compatto bilancia il peso verso il corpo facilitando la scorrevolezza del manico.

per la produzione di chitarre elettriche high-end con un altissimo grado di personalizzazione. Al liutaio resta il compito di assemblare la meccanica e l'elettronica, ma soprattutto di ritoccare e rifinire la chitarra stessa. Grazie a Guitarmaker ed al tempo recuperato, il liutaio può dedicarsi maggiormente alle fasi più creative della produzione artigianale, in questo caso per la paletta e l'accesso all'anima (truss rod). È vero che ci sono molti liutai che amano contraddistinguersi per lo stile originale delle loro chitarre, ma la tradizione liutaia si sta pian piano limitando alla replica di design famosi o alla manutenzione/riparazione e restauro di vecchie chitarre. Guitarmaker vuole fornire un framework in grado di semplificare il processo di creazione e aiutare gli artigiani a imporsi più facilmente sul mercato della personalizzazione. La strategia algoritmica consente di modificare tutti gli input possibili per centrare al millesimo le preferenze degli utenti e la produzione digitale accorcia i tempi considerevolmente, sempre garantendo l'acustica.

Un'ulteriore verifica del framework ha previsto due importanti stadi: la prova sul campo ed il confronto con una realtà industriale. La prima ha permesso di valutare il livello di completezza del progetto: Kabuto è stata realizzata come prototipo in unico esemplare con meccaniche ed elettronica di recupero. Tuttavia si è comportata egregiamente ed è stata utilizzata con soddisfazione sia dal club jazz della Chiba University che dal pubblico alla *Maker Faire Rome 2018*, dove è stata presentata. I pareri raccolti sono stati perlopiù favorevoli, anche se la chitarra è stata progettata per un utente tipicamente abituato a chitarre compatte da suonare con il manico in alto. Questa esperienza permette di validare l'effettiva funzionalità, e quindi *market ready*, del framework. Il secondo stadio è stato diffondere i risultati della ricerca presso un importante centro di ricerca e sviluppo dedicato a questa tipologia di prodotti: l'azienda di strumenti musicali giapponese *Yamaha*.

Dall'incontro avvenuto ad *Hamamatsu* con i capi designer dell'azienda sono risultati alcuni importanti feedbacks: l'introduzione di nuovi input per un'ulteriore personalizzazione del prodotto; la possibilità di facilitare la creazione di uno stile originale all'interno dell'algoritmo stesso e di un "catalogo digitale" dei vari tipi di meccaniche ed elettronica (in particolare i template delle "buche" per la loro collocazione precisa); l'utilità della ricerca non solo per i liutai esperti, ma anche hobbisti; allargare il campo anche alle chitarre

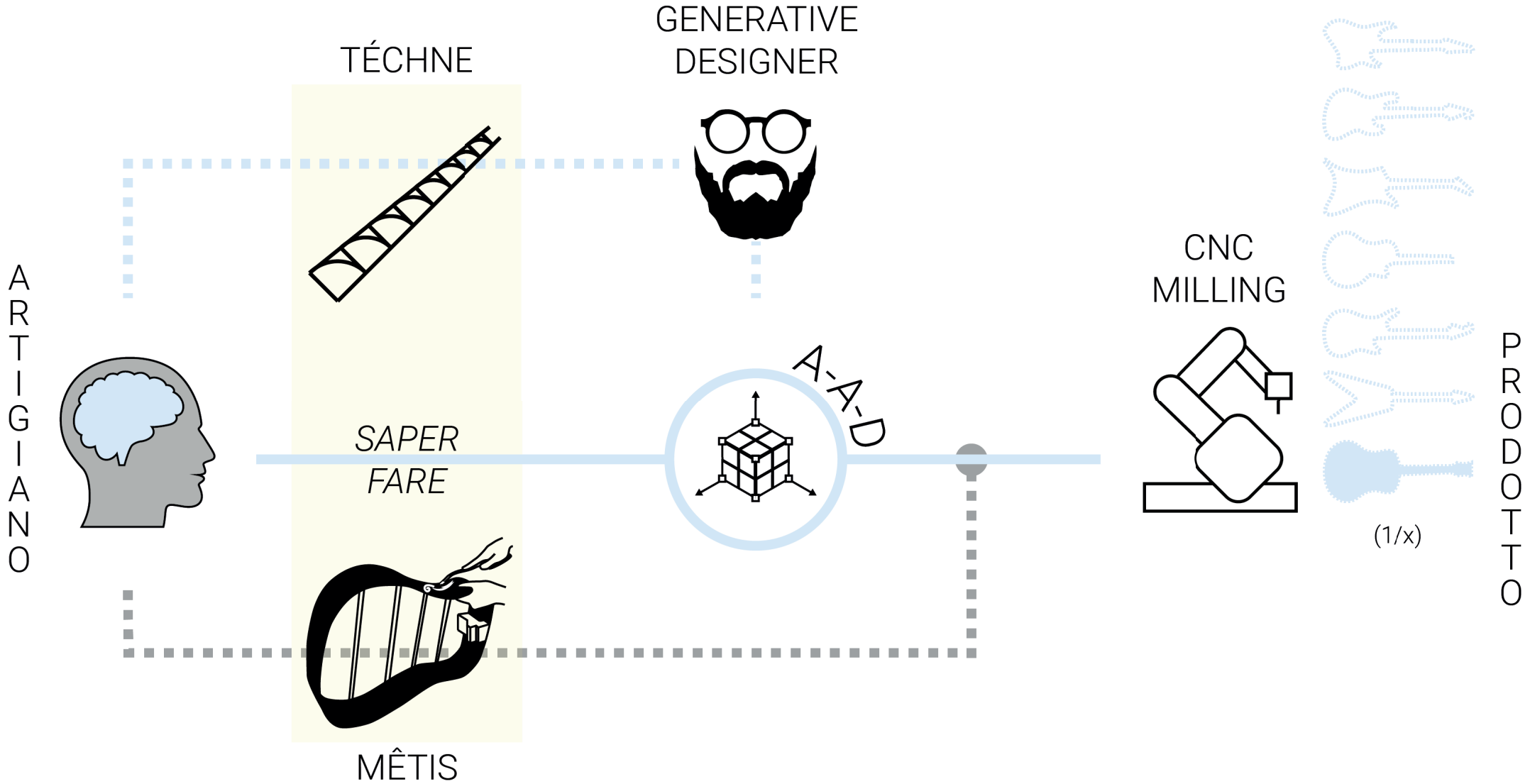
acustiche/classiche con input dedicati alle differenze ottenibili con diversi volumi di casse armoniche; l'uso dell'algoritmo per il training aziendale o la formazione professionale. Quest'ultimo punto ha destato molto interesse al punto di essere testato impromptu da una nuova tirocinante dell'azienda. È doveroso sottolineare quanto sia stato fondamentale avere un prototipo funzionante affinché l'azienda fosse interessata alla ricerca ed al progetto in questione e accordasse all'incontro.

Tuttavia ai fini della ricerca questo esperimento non ha fornito una risposta completa. L'infrastruttura risulta ancora troppo compartimentata: il design asservisce a semplice esecutore computazionale, fornendo uno strumento in più al liutaio, ma non coinvolgendolo oltre. Il ruolo del design dovrebbe essere anche di interprete e non solo di trascrivere i processi in algoritmi.



Goro-san prova Kabuto per la prima volta: la imbraccia naturalmente con il manico in alto, validando le scelte di progetto.





Framework aggiornato in base all'esperienza raccolta con Guitarmaker: la necessità di far gestire il codice al liutaio è un nodo problematico, in quanto introduce uno step estraneo al lavoro solito dell'artigiano.

4.2 Mindcraft

La ceramica del pensiero

Per lo sviluppo di *Mindcraft* è stato scelto il settore artigianale della ceramica, precisamente il processo di creazione del vaso, come modello archetipo della sperimentazione. La fortuna di questo settore è ancora fiorente in Italia, ma in Giappone ha mantenuto un'importanza significativa, rispetto al suo gemello industriale, in quanto viene considerata arte utile. Inoltre è costume giapponese possedere ceramiche non identiche tra loro, anzi qui l'imperfezione è un valore aggiunto al punto da ricevere uno specifico termine: *wabi-sabi*, la bellezza dell'imperfezione. Dati questi presupposti è normale che il Giappone rappresenti un modello principe dell'evoluzione artistica della ceramica, ma la tecnica che ne ha sconvolto le sorti più di chiunque altra è la *raku*. Raku significa "comodo, rilassato, gioia di vivere" e deriva dal nome del quartiere di Kyoto dove si è diffusa: si tratta di una tecnica cottura della ceramica che implica la rapida estrazione dal forno una volta raggiunta la temperatura di 750°-950° ed il raffreddamento all'aria aperta. In questo modo la colorazione dell'artefatto subisce un trattamento che causa la creazione di crepe e sfumature casuali⁴³. Questa tecnica è solo la capostipite di un fenomeno che ha trascinato il settore ceramico ovvero lasciare che agenti casuali non del tutto controllabili intervengano sul pezzo, arricchendolo di risultati imprevedibili, ma unici⁴⁴. Questa premessa vuole solo aiutare a comprendere come l'intervento della tecnologia possa essere valutato come quello di un agente esterno (più controllabile) che contribuisce alla qualità artistica dell'artefatto. Ad esempio la visibilità dei layer dovuti alla stampa 3d FDM può essere considerato un aspetto caratterizzante della *ceramica digitale*. Questo settore ha subito moltissime sperimentazioni nel tempo e contaminazioni tramite fabbricazione digitale, i casi studio più validi sono rappresentati dalle opere di:

- Olivier Van Herpt trova ispirazione negli spazi tra la sua immaginazione ed il prodotto fisico, spazi che, tradizionalmente, non pote-

⁴³. "Raku is a unique form of pottery making; what makes it unique is the range of designs that can be created by simply altering certain variables. These variables—which include wax resist, glazes, slips, temperature, and timing—ultimately determine the outcome when firing a piece of clay." Branfman, S. (2009). *Mastering raku: Making ware, glazes, building kilns, firing*. Sterling Publishing Company, Inc..

⁴⁴. Ancora Branfman: "Through your practice of Raku, you're part of its continuing evolution, one from which you can benefit and to which you may add. The goal of learning anything new should be to amass an inventory of knowledge that you can apply in whole or in part to solving particular problems." .

45. <http://oliviervanherpt.com/>
46. <http://portfolio.taekyeom.com/index.html>
47. <https://www.facebook.com/claycodedesign/>



La tecnica (Tebineri) di formazione manuale è ricca del valore wabi-sabi, vedere la bellezza nell'imperfezione.



Ciotola ottenuta con la tecnica della Raku-yaki.

vano essere colmati. Quindi usa la tecnologia - come la stampa 3D e i metodi di fabbricazione digitale che ha sviluppato dopo anni di tentativi ed errori - per trasformare i suoi sogni in realtà. Le sue forme fluide e futuristiche sono realizzate con argilla, cera d'api e persino paraffina e lo hanno catapultato sul palcoscenico dell'arte globale. Vasi apparentemente tessuti a mano dalle mani di singoli artigiani, ceramiche realizzate con imperfezioni casuali e ceramiche modellate dall'ambiente in cui sono state realizzate: questi oggetti fabbricati dimostrano come Van Herpt reinserisca l'umanità nella macchina creata dall'uomo⁴⁵;

- La ricerca di Taekyeom Lee esplora metodi non convenzionali di creazione del tipo tridimensionale con materiali e tecniche unici per la progettazione, spesso combinando la ceramica e la stampa 3D. In un senso più ampio, mira a sviluppare, testare e trovare il posto delle tecnologie emergenti nel processo di progettazione e nelle pratiche creative. Questa ricerca riflette sulla processualità della fabbricazione digitale e sulle pratiche tipografiche non convenzionali nella nuova era digitale. Lee ha realizzato una serie di esperimenti sulla ceramica tridimensionale come una serie di esplorazioni tipografiche per sfidare e cercare un nuovo modo di creare un carattere tangibile nello spazio tridimensionale⁴⁶;

- Con *Clay Code*, Alessandro Zomparelli e Bruno Demasi, portano la loro esperienza sul Computational Design e sulla ceramica in un codice algoritmico ottimizzato per la stampa 3D in argilla. Il codice viene processato all'interno di Blender e fornisce il tracciato G-Code alla macchina (in genere un braccio robotico *Kuka*) che traduce fisicamente il percorso digitale. L'estetica risultante ha un aspetto unico nel suo genere e testimonia come l'uso di tecniche ADD combinate con materiali e processi post-production tradizionali possa portare a risultati estremamente affascinanti e unici, ma riproducibili⁴⁷.

Tutti questi casi prevedono l'impiego della stampa additiva, nello specifico stampanti che utilizzano il sistema Delta o bracci robotici, con l'argilla. Esattamente come avviene nel processo tradizionale, le stampe sono poi lasciate seccare ed una volta pronte, sono smaltate e poi cotte.

Questo aiuta a mettere in evidenza come la sapienza artigianale resta assolutamente imprescindibile per ottenere risultati artisticamente soddisfacenti.

È "l'intelligenza delle mani" di cui parla Sennett (2008) a dare va-

lore agli artefatti artigianali, il piacere stesso del lavoro e il "Saper Fare" che determina il valore aggiunto della produzione artigianale rispetto a quella industriale.

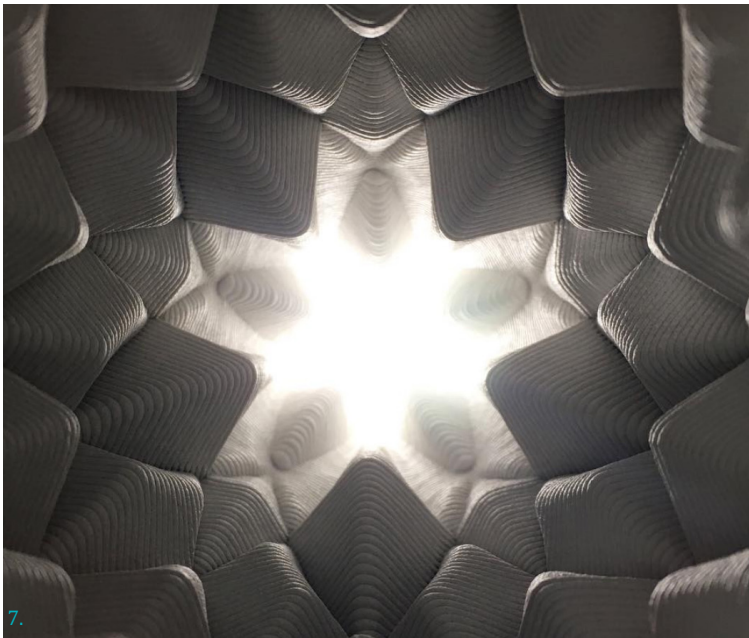
"Human being cultivate a consciousness of form from birth, as soon as they begin trying to make sense of the world. Consciousness of form is in some ways like the blind and the elephant – even if you are looking at the same thing, you will perceive different forms depending on your position and angle. Because two different human being cannot possibly share exactly the same visual perceptions, the forms that they perceive will definitely be different, if only to a small extent. These experience, taken as a whole, guide the development of our consciousness of form, both our preferences in form and our concepts concerning form. Human then create new tea bowls using those concepts, work that satisfy the existing concept of what a tea bowl is and reflect their maker's preferences as to form."

(Jusetsu Utsuwa: A Retrospective - MoMaT)

Non basta conoscere la teoria dietro la lavorazione ceramica, ma arricchire la comprensione della materia attraverso il corpo e le mani. È importante quindi stabilire che l'attività cerebrale da sola non costituisce testimonianza del pensiero critico che si vuole esaminare e riversare ma è solo attraverso l'atto stesso della manifattura che viene rivelata l'esperienza e la conoscenza pratico-teorica accumulata negli anni dall'artigiano. Ma come connettere questo patrimonio mentale alle tecniche digitali? Esiste un'interfaccia in grado di registrare e trasmettere l'attività cerebrale generata durante il lavoro svolto dall'artigiano?

Fare design con la mente

La ricerca accademica ha già evidenziato la complessità della conoscenza umana, distinguendo tra conoscenza astratta, filosofia del corpo e conoscenza distribuita. Nel campo delle scienze cognitive e dell'intelligenza artificiale, è in discussione il concetto consolidato del pensiero umano come un processo unicamente razionale basato sulla conoscenza codificata e di un insieme formale di regole, ma anche legato all'esperienza fisica e alla struttura dei sensi e delle percezioni umane.



1. - 2. Due vasi del progetto Clay Code (Zomparelli e De Masi) che sfrutta procedure generative (svolte all'interno del software Blender3D) di manipolazione diretta del gcode per la stampa 3D.
3. - 4. Il laboratorio di Oliver Van Herpt e alcuni vasi realizzati con la stampante 3D FDM da lui modificata per la stampa in argilla.
5. - 6. - 7. - 8. Varie sperimentazioni condotte dal prolifico Teakyeom.

48. Lebedev, M. A., & Nicolelis, M. A. (2006). *Brain-machine interfaces: past, present and future*. *TRENDS in Neurosciences*, 29(9), 536-546.

La conseguenza di questo approccio è che la separazione tra la mente razionale e il corpo irrazionale che caratterizza la teoria cognitivista è in declino. Infatti, la teoria simulativa (*situated cognition*) indica la sostanziale inseparabilità tra l'atto del conoscere e del fare. Da questa prospettiva, il mondo artigianale gioca un ruolo importante anche per quanto riguarda la formazione educativa e l'eredità culturale.

L'elettroencefalogramma è una tecnica di *imaging* medicale che legge l'attività elettrica del cuoio capelluto generata dalle strutture cerebrali. L'elettroencefalogramma (EEG) è definito come attività elettrica di un tipo alternato registrato dalla superficie del cuoio capelluto dopo essere stato prelevato da elettrodi metallici e mezzi conduttivi. L'EEG viene misurato direttamente dalla superficie corticale, pertanto la lettura elettroencefalografica è una procedura completamente non invasiva che può essere applicata ripetutamente a pazienti, adulti e bambini senza alcun rischio o limitazione. L'EEG misura principalmente le correnti che fluiscono durante le eccitazioni sinaptiche dei dendriti dei neuroni piramidali nella corteccia cerebrale. Le onde cerebrali sono state classificate in quattro gruppi di base:

- beta (> 13 Hz);
- alfa (8-13 Hz);
- theta (4-8 Hz);
- delta (0,5-4 Hz);

L'onda più conosciuta e più studiata del cervello umano è l'andamento dell'onda alfa, registrata attraverso device dedicati alla registrazione dell'andamento elettroencefalografico: BCI. *Brain computer interface* (BCI) è un sistema di comunicazione che riconosce il comando dell'utente solo dalle sue onde cerebrali e reagisce in base ad essi⁴⁸. Come conseguenza del processo di imaging, alcune caratteristiche delle onde cerebrali sono aumentate e possono essere utilizzate per il riconoscimento del comando dell'utente (le onde cerebrali della frequenza alfa gamma sono associate a movimenti fisici o all'intenzione di muoversi).

Le misurazioni encefalografiche impiegano un sistema di registrazione costituito da:

- elettrodi con mezzi conduttivi;
- amplificatori con filtri;
- convertitore A / D;
- registratore.

Gli elettrodi leggono il segnale dalla superficie della testina, gli amplificatori portano i segnali in microvolt nella gamma in cui possono essere digitalizzati in maniera accurata, il convertitore cambia i segnali dalla forma analogica a quella digitale e il personal computer (o altro dispositivo pertinente) memorizza e visualizza i dati ottenuti.

Le BCI possono essere suddivise in 3 categorie in base allo scopo e all'accessibilità del sistema: esistono dispositivi per applicazioni mediche che di solito hanno un set-up composto dagli 8 ai 64 elettrodi, sono molto costosi e utilizzano un sistema di progettazione chiuso; ci sono *headset* economici con un minor numero di elettrodi per scopi di meditazione o una lettura semplificata e meno accurata dell'attività del cervello; poi ci sono sistemi di progettazione aperti che possono essere molto economici se acquistati in kit DIY e di solito sono dotati di un software open source.

Alcuni marchi sono Biopac, Enobio, Muse, Neurosky, Emotiv, OpenBCI.

Esistono già alcuni settori che utilizzano i dati EEG per convertirli o utilizzarli per obiettivi diversi da scopi neuroscientifici o clinici, come l'ergonomia cognitiva (*Cognitive Ergonomics*) o l'interazione uomo-macchina (*Human-Computer Interaction*). Ad esempio, si usa questo tipo di lettura per aiutare la protesi meccanica a rispondere a movimenti specifici e aiutare i pazienti a recuperare le abilità perse più velocemente o a svolgere compiti cognitivi. L'ultima notizia a riguardo è l'esperimento condotto dalla Grenoble University Hospital: un *exoskeleton* (un apparato mobile indossato sul corpo) riceve dei segnali motori da due impianti in grado di leggere i segnali della corteccia cerebrale. Ogni impianto trasmette segnali che vengono tradotti da un algoritmo nei movimenti a cui il paziente ha pensato ed eseguiti dall'esoscheletro.

L'EEG open source ha aiutato a diffondere questa tecnologia e ne ha facilitato l'accesso, dando a chiunque l'opportunità di indagare su questo argomento, anche le discipline che solitamente non sono coinvolte nel settore scientifico come le belle arti e la musica:

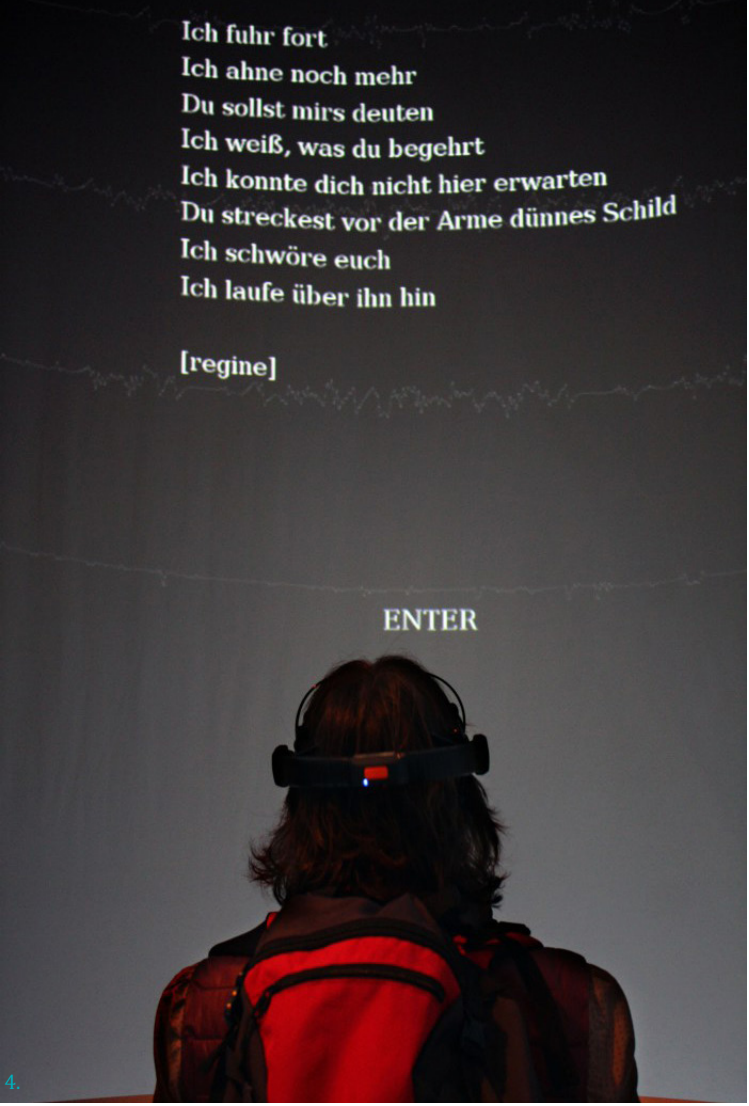
49. L'articolo a riguardo è stato pubblicato sul *Lancet Neurology Journal* (2019) - DOI:[https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(19\)30321-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(19)30321-7)



Il recente esperimento che unisce gli avanzamenti della ricerca sulle strutture ausiliari per il mobilità di persone affette da paralisi e l'ergonomia cognitiva guidata da BCI.

50. http://www.alvin-lucier-film.com/solo_performer.html
51. <http://www.matteonasini.com/work/sparkling-matter/>
52. http://jesses.co.tt/_projects/ChristieCafka.html
53. <https://brainsonart.wordpress.com/2013/10/18/brain-poetry-2013/>
54. <https://ani-liu.com/mind-in-machine>

- il pioniere della musica elettronica Alvin Lucier, nella sua opera *Music For Solo Performer* (1982), amplifica le proprie onde cerebrali per suonare vari strumenti e quindi creare una composizione musicale⁵⁰;
- *Sparkling Matters* di Matteo Nasini indaga attraverso stadi di coscienza, suono e materia, focalizzati sull'esplorazione del sonno e dei sogni in forme effimere e materiali. Nasini usa un EEG per scansionare le onde cerebrali irradiate durante il sonno e le trasforma in suono o sostanza, tra cui diversi vasi di ceramica ;
- Jesse Scott con l'installazione interattiva *Disconnect* collega un EEG ad un software che converte i dati raccolti dal cervello in terreni virtuali⁵¹;
- *Brain Poetry* (2013) è un generatore che produce poesie dalle onde cerebrali dell'utente. La tecnologia alla base del generatore si basa su metodi di creatività computazionale sviluppati dal ricercatore Jukka Toivanen. Quest'opera esamina la combinazione di un essere umano e una macchina in un processo creativo⁵²;
- La designer Ani Liu con il progetto *Mind in Machine* ricama (letteralmente) un ritratto dell'operaio, attraverso i suoi oscillanti stati mentali durante il giorno, catturando momenti di frustrazione, concentrazione e flusso di lavoro meditativo. I tessuti risultanti raccontano una storia, ognuno è unico per il singolo lavoratore in uno specifico momento nel tempo⁵⁴.



1. Lucier: "Music For Solo Performer".
2. - 3. La mostra-performance "Sparkling Matter" di Matteo Nasini.
4. Brain Poetry: un algoritmo genera una poesia in base alla lettura EEG del visitatore.
5. - 6. "Mind in the Machine" di Ani Liu converte l'attività cerebrale degli operai tessili in una mappa tattile realizzata a maglia.



55. The 10-20 system is conventionally based on the identification of anatomical landmarks like nasion, inion and preauricular points with consecutive placement of the electrodes at fixed distances from these points in steps of 10 or 20%, thereby taking into consideration variations of head size. (Herwig, U., Satrapi, P., & Schönfeldt-Lecuona, C. (2003). Using the international 10-20 EEG system for positioning of transcranial magnetic stimulation. Brain topography, 16(2), 95-99.)

Minecraft: test#1

Il primo test è stato condotto grazie alla collaborazione con il laboratorio di *Environmental Ergonomics* (diretto dal prof. Shimomura) della Chiba University.

Il test è stato registrato dalla ricercatrice Yali Xia, che ha anche applicato gli elettrodi. Il processo di applicazione prevede diversi minuti in quanto va individuata e pulita l'area di applicazione ed utilizzato un gel speciale per garantire l'adesione dell'elettrodo.

Per eseguire la registrazione secondo un metodo scientificamente approvato, è stato utilizzato l'*International 10-20 System*⁵⁵, un metodo riconosciuto a livello internazionale per l'individuazione della posizione degli elettrodi sul cuoio capelluto. Questo sistema è facilmente applicabile nel suo utilizzo pratico e da un punto di vista economico a costi contenuti rispetto ai metodi basati sul neuroimaging. Ogni sito di posizionamento degli elettrodi ha una lettera per identificare il lobo o l'area del cervello.

Si legge da: Pre-frontale (Fp), Frontale (F), Temporale (T), Parietale (P), Occipitale (O) e Centrale (C). Gli elettrodi numerati pari (2,4,6,8) si riferiscono al posizionamento al lato destro della testa, mentre i numeri dispari (1,3,5,7) si riferiscono a quello di sinistra; questo vale sia per EEG che per EOG (misurazioni di elettrocardiogramma degli occhi) posizionamenti di elettrodi.

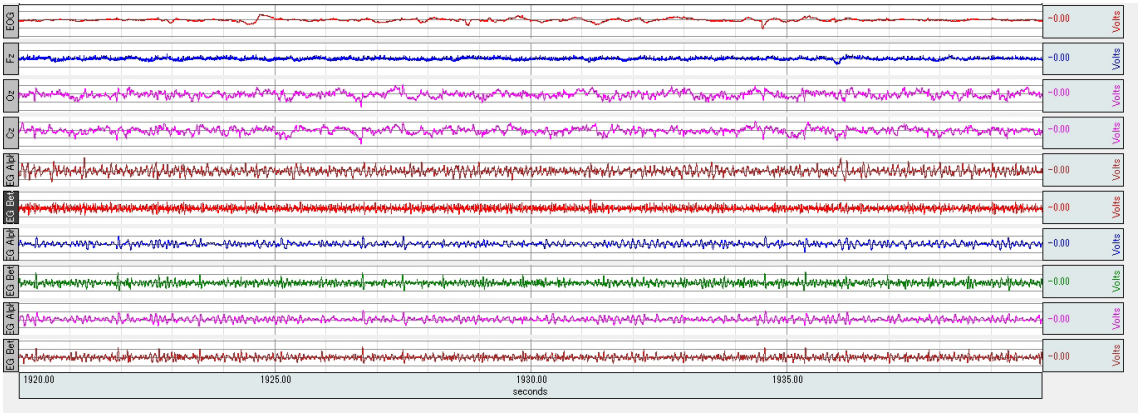
Per contrassegnare i posizionamenti, abbiamo utilizzato il sistema *Nasion to Inion*: la nasion è l'area di depressione tra gli occhi, appena sopra il ponte del naso, e l'inion, è il punto di cresta del retro del cranio, spesso indicato da una protusione (il ponte occipitale). I segni per gli elettrodi Z sono fatti tra questi punti lungo la linea mediana, ad intervalli del 10%, 20%, 20%, 20%, 20% e 10%.

La registrazione delle onde cerebrali è avvenuta in tre posizioni:

- un elettrodo frontale Fz;
- un elettrodo centrale Cz;
- un elettrodo occipitale Oz.

Sono stati anche rilevati movimenti oculari usando l'EOG, una tecnica biomedica basata sul prelievo di segnali da elettrodi posizionati attorno all'occhio sinistro.

Ai fini di questo esperimento, la possibilità di libertà di movimento e facilità di installazione era una condizione imprescindibile. Infatti, moltissimi test che coinvolgono sistemi più complessi sono condotti



In alto: il sottoscritto si sottopone all'ultimo test di prova per stabilire le problematiche riscontrate e definire l'asset del test finale da replicare.

In basso: i risultati della registrazione EEG durante la fase di realizzazione manuale della ciotola. La precisione di questi sistemi ad uso medicale fornisce una quantità enorme di dati.

stilistiche familiari o completamente diverse;

- le onde alpha (associate agli stadi di veglia ad occhi chiusi) guidano la larghezza del vaso, attraverso lo stiramento del profilo lungo l'asse x a partire dal punto di origine O (0,0,0). Questo avviene in maniera costante, ma in secondo piano, rispetto alla realizzazione del vaso;
- le onde beta (associate agli stadi di veglia) guidano l'altezza del vaso, attraverso lo stiramento del profilo lungo l'asse z rispetto al punto O. Questa operazione richiede una maggiore attenzione da parte dell'artigiano.

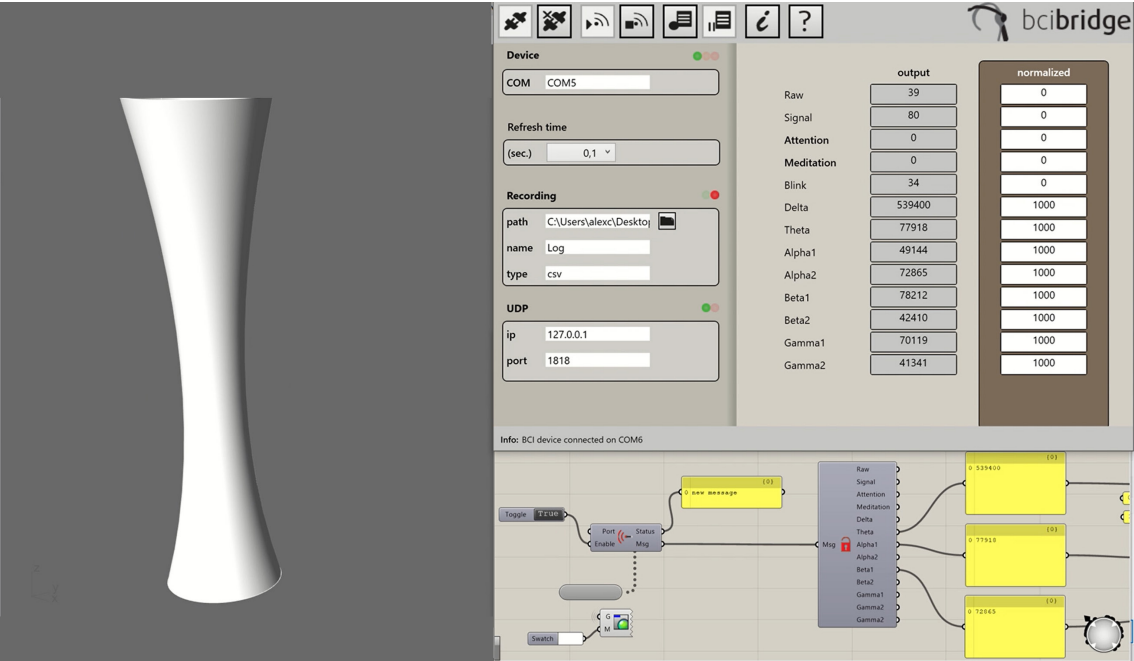
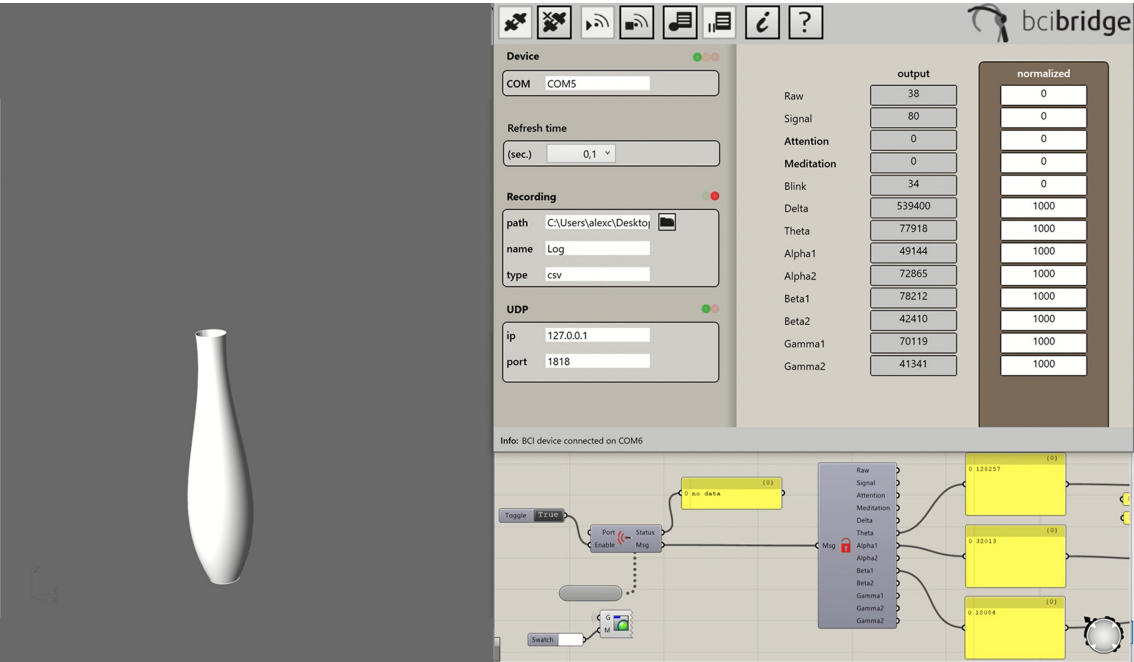
La combinazione di questi tre canali genera la forma finale del vaso, iterandosi ogni 0.5 secondi. Il risultato sono una serie quasi infinita di vasi dalle forme simili, ma uniche dimensionalmente. L'algoritmo prevede una semplice operazione di rivoluzione sull'asse z dal punto O. La superficie generata viene trasformata automaticamente in mesh ed applicato uno spessore specifico (modificabile a priori) che la solidifica geometricamente per la produzione diretta attraverso la stampa 3D: in pratica è come se fosse un tornio virtuale. Tutti questi parametri presentano un range modificabile pre-test in base alla tipologia di stampa additiva scelta e il volume di costruzione consentito dalla stampante.

Il test è stato condotto con successo due volte presso la bottega *POTS* con il Maestro ceramista Sebastiano Allegrini (la tecnica artigianale scelta è stata la lavorazione al tornio elettrico per la creazione di un vaso). Entrambi i test sono durati circa 3:30 minuti. Dei vasi generati algoritmicamente ne è stato scelto uno, in accordo con l'artigiano, da stampare in 3D tramite la *Delta Wasp 40100 Clay* in argilla, poi cotta e smaltata. Il composto argilloso utilizzato ha previsto l'uso di classica argilla per la modellazione (85%), degassata, ed una aggiunta di acqua tramite diffusione nebulizzata (15%). La stampa e la cottura del vaso è stata fatta presso il Fablab Poliba di Bari, grazie al loro team di esperti in additive manufacturing.

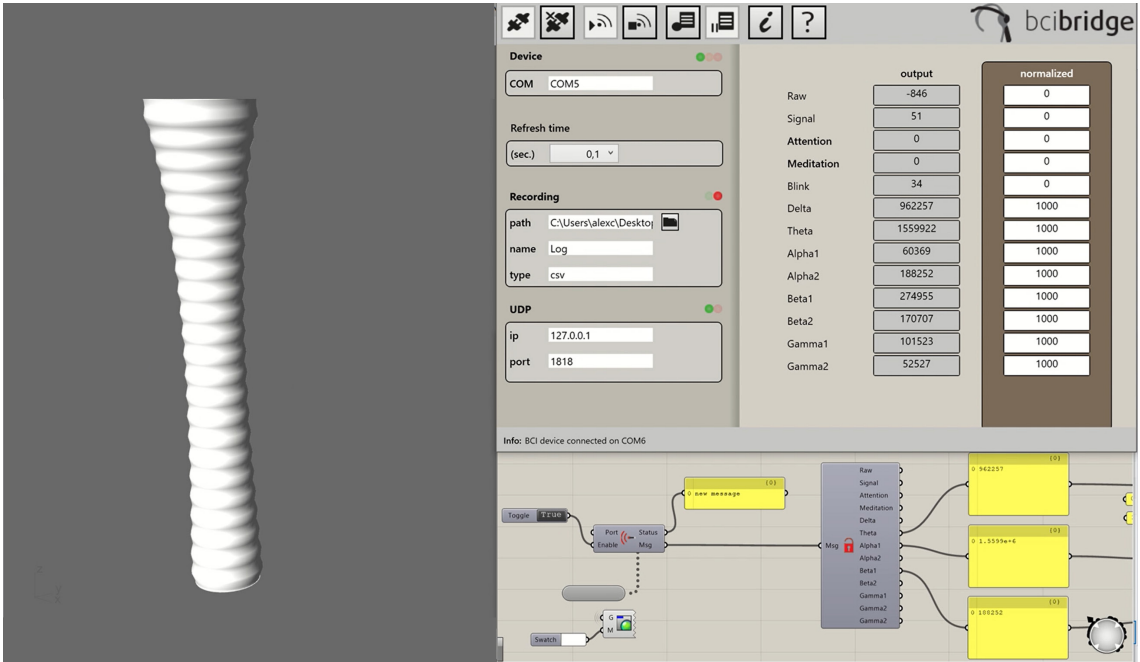
In alto: applicazione del mindset sul capo dell'artigiano. Molto semplice e per nulla d'ingombro ai movimenti dell'artigiano.

In basso: fase di avvio. L'EEG non ha ancora iniziato a registrare il flusso cerebrale.

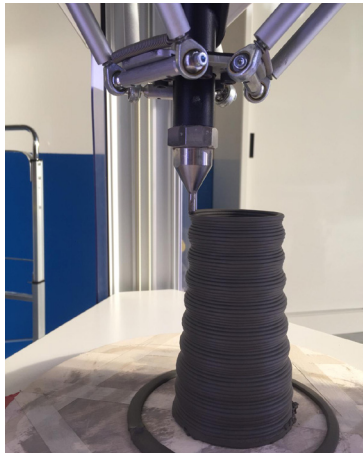


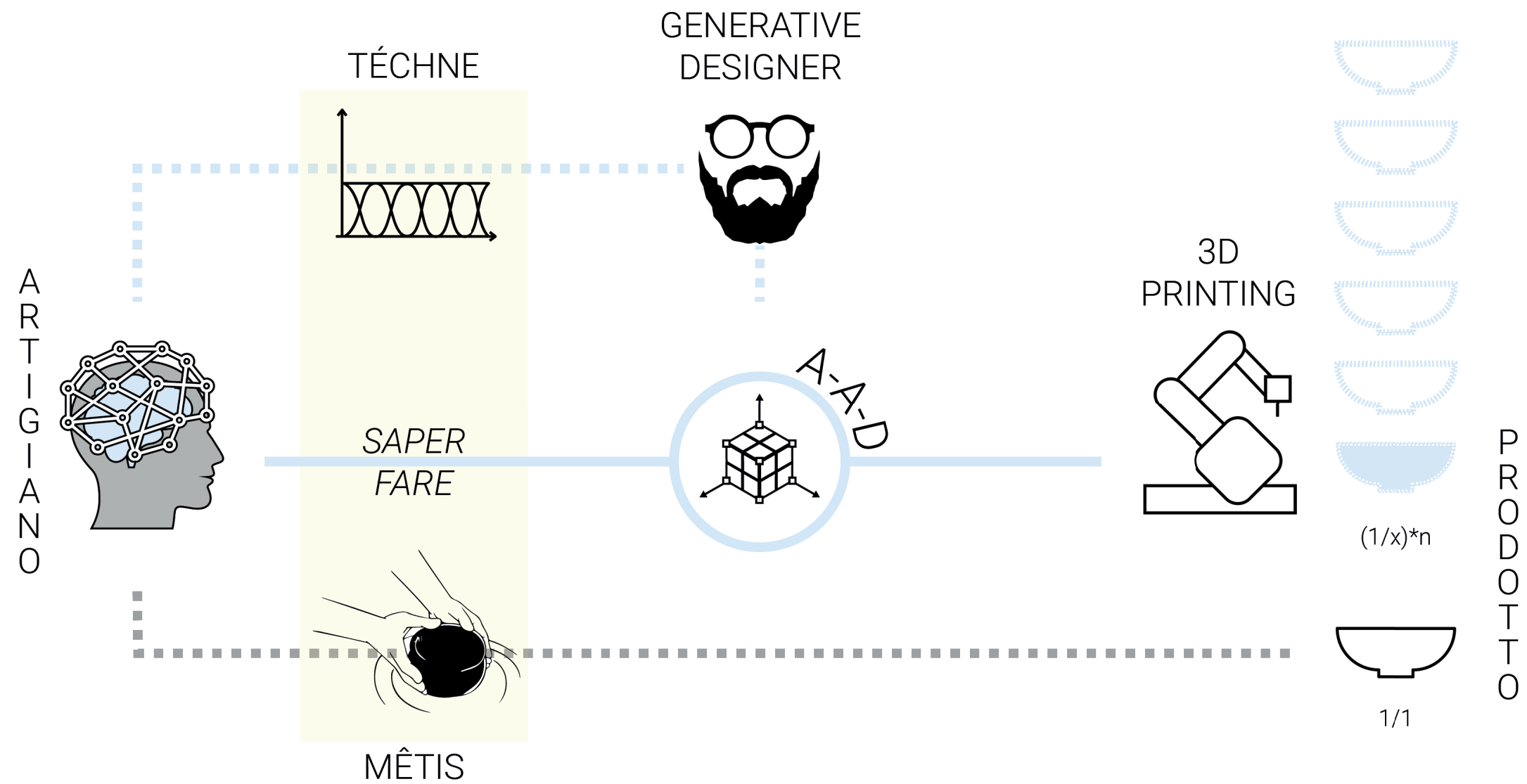


Mindcraft in atto: La Ceramica del Pensiero.
A destra i vasi generati dall'attività cerebrale del soggetto durante le fasi di lavorazione artigianale.



A lato: Mindcraft in atto.
A destra: al momento sono stati resi
diposibili solo 9 profili di vasi diversi.
Questi sono nove dei molteplici vasi
digitali frutto del test condotto con
il Maestro Allegrini. Il vaso scelto è
stato stampato in 3D con tecnologia
FDM in argilla, grazie al prezioso
supporto del Fablab Poliba (Bari).





Il framework del progetto Mindcraft (specificato per la ceramica). Sfruttando la tecnologia EEG si può creare un'infrastruttura che elimina il problema riscontrato dal progetto Guitarmaker.

CAPITOLO 5 CONCLUSIONI

In conclusion, the research project rides the wave of change and re-evaluation that the artisan category is undergoing. In recent years there have been many national, regional and international competitions dedicated to safeguarding the artisan heritage and innovation of the same. In Italy, almost every field of craftsmanship now has incubation sites for innovation through the use of digital technologies. Two very significant examples are: the C.A.D. (Digital Crafts Center) that with the support of the Mediterranean FabLab of Cava de Tirreni has managed to create an excellent place of growth for local and non-local craft activities; the Food Innovation Lab is very active in the field of food training and experimentation with digital manufacturing technologies, creating an area on the border between the design and gastro-enology sector. Even the university environment, welcoming local problems, has proved useful for co-manufacturing with small local manufacturing companies. The experience conducted with prof. Di Lucchio in the Product Design Atelier II course of the academic year 2018/19 demonstrated how co-planning between designers and artisans is possible and above all the added value of this disciplinary meeting. All these considerations were corroborated by the method offered by Computational Creativity, specifically the design assisted by the algorithms as a facilitator of this exchange and instrumental expression more similar to the “live” artisan thought. The use of algorithms in design has introduced open and reactive projects capable of being iterated millions of times, while being faithful to a specific design “soul”, exactly as it happens in artisan work. The freedom granted by them combined with the ability to obtain even complex shapes is the method most able to adapt and “increase” the creativity of the various artisan categories. Digital fabrication is not only able to align itself with the flexibility of results, but also to provide sustainable production means that are suitable for the typical manufacturing demand of manufacturing. Furthermore, being an entirely virtual system it is easily integrated into the electronic market. There is also room for ethical reflections on the introduction of instruments of this type in the craft category and on future developments desirable for design.

In conclusione, il progetto di ricerca cavalca l’onda del cambiamento e della rivalutazione che sta subendo la categoria artigiana. Negli ultimi anni sono stati molti i concorsi nazionali, regionali ed internazionali dedicati alla salvaguardia dell’eredità artigiana ed all’innovazione degli stessi. In Italia, quasi ogni campo dell’artigianato ha adesso a disposizione luoghi d’incubazione per l’innovazione attraverso l’uso di tecnologie digitali. Due esempi molto significativi sono: il C.A.D. (Centro di Artigianato Digitale⁵⁶) che con l’appoggio del Mediterraneo FabLab di Cava de Tirreni è riuscito a creare un eccellente luogo di crescita per le attività artigianali locali e non; il Food Innovation Lab è molto attivo sul campo della formazione e sperimentazione alimentare con tecnologie di fabbricazione digitale, creando un’area al confine tra il settore del design e della gastro-enologia. Anche l’ambiente universitario, accogliendo problematiche locali, si è dimostrato utile alla co-fabbricazione con le piccole realtà manifatturiere locali. L’esperienza condotta con la prof. Di Lucchio all’interno del corso di Atelier di Product Design II dell’anno accademico 2018/19 ha dimostrato come è possibile la co-progettazione tra designer e artigiani e soprattutto il valore aggiunto di questo incontro disciplinare. Tutte queste considerazioni sono state avvalorate dal metodo offerto dalla Creatività Computazionale, nello specifico il design assistito dagli algoritmi in quanto facilitatore di questo scambio ed espressione strumentale più simile al pensiero “vivo” artigianale. L’uso degli algoritmi nel design ha introdotto progetti aperti e reattivi capaci di essere iterati milioni di volte, pur essendo fedeli ad una determinata “anima” progettuale, esattamente come avviene nel lavoro artigiano. La libertà da essi concessa unita alla capacità di ottenere anche forme complesse risulta essere il metodo maggiormente in grado di adattarsi e di “aumentare” la creatività delle diverse categorie artigiane. La fabbricazione digitale non solo è in grado di allinearsi alla flessibilità dei risultati, ma anche di fornire dei mezzi produttivi sostenibili ed adatti alla domanda produttiva tipica della manifattura. In più, essendo un sistema interamente virtuale è facilmente integrabile al mercato elettronico. C’è inoltre spazio per riflessioni etiche sull’introduzione di strumenti di questo tipo nella categoria artigiana e sugli sviluppi futuri auspicabili per il design.

5.1 La Fabbrica Artigianale Digitale

DCF

“The real problem is not to adapt machine production to the aesthetics of handicraft, but to think out new aesthetic standards for new methods of production.”

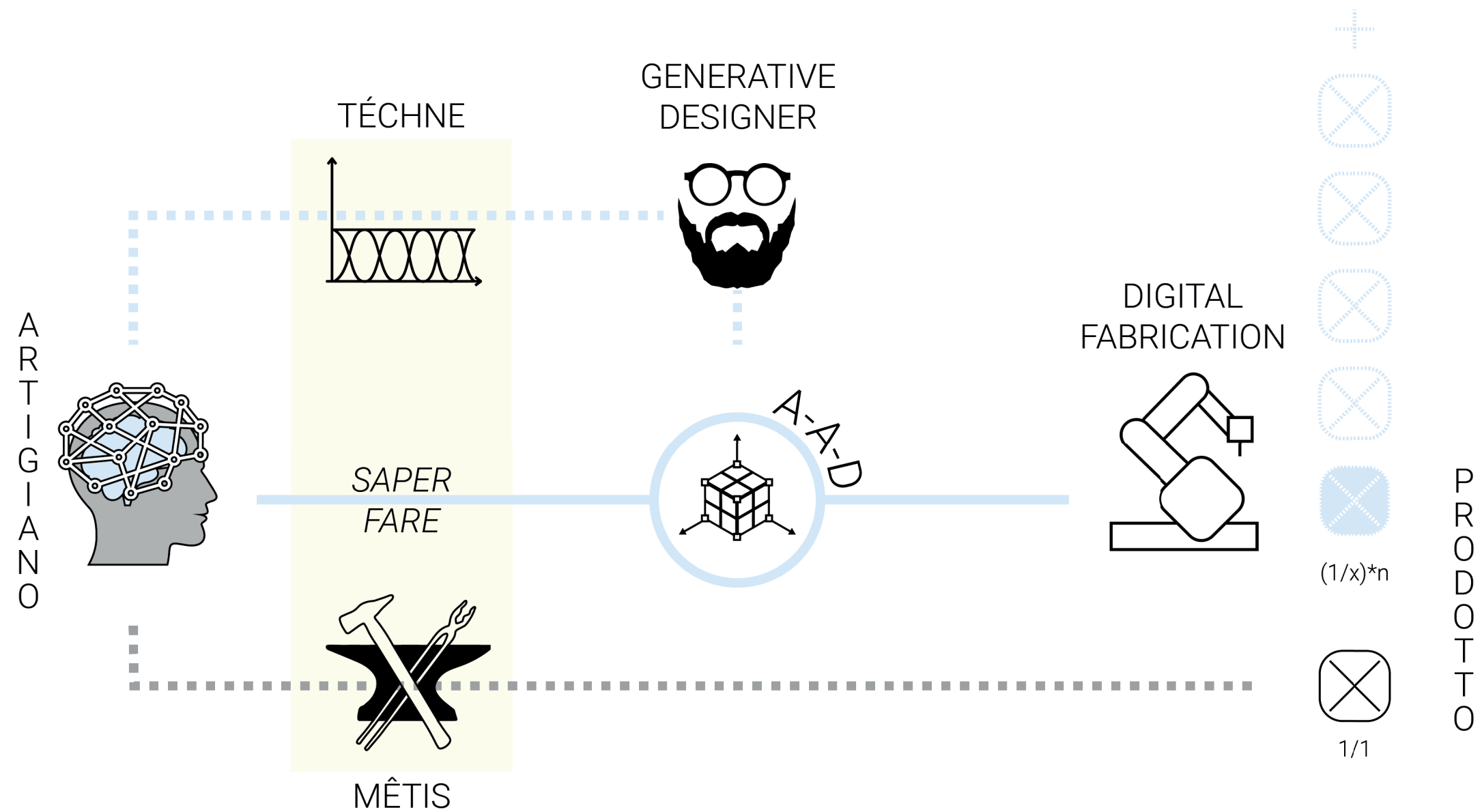
Read, H. (1937). Art and society.

56. <https://www.medaarch.com/centro-artigianato-digitale>

Il progetto di ricerca, quindi, ha il fine di agevolare la progettazione di nuovi prodotti responsivi in grado di esprimere le capacità sottintese nel lavoro artigianale grazie a processi innovativi di co-design e che stabilisca un modello innovativo di Neo-Artigianato. Un modello che vede l'integrazione del lavoro artigianale nel processo progettuale tramite un'infrastruttura in grado di aumentare il potenziale creativo (da una produzione di 1/1 ad una $(1/x)^n$) dello stesso ed essere codificato digitalmente dal designer, in grado di riversarlo concretamente con strumenti di DM. Il modello in questione prevede queste fasi:

- preparazione del materiale per la lavorazione e della postazione;
- collocazione dell'EEG sul capo dell'artigiano;
- avviamento della registrazione in concomitanza con l'inizio della lavorazione tradizionale;
- esame e scelta dei risultati digitali ottenuti dell'algoritmo durante la fase di lavorazione tradizionale.

Queste sono le fasi previste e riproducibili dal framework anche per ulteriori tipi di lavorazione (a prescindere dalla categoria artigianale), ciò che deve essere modificato è solo il tipo di output (in accordo con il tipo di prodotto artigianale scelto) ovvero la geometria virtuale che l'algoritmo influenza (ottenuto tramite procedure di AAD). Un framework in cui fabbricazione *digitale*, lavoro *artigianale* e *fabbrica* intelligente si amalgamano in un processo di osmosi e ne risulta la fabbrica artigianale digitale: Digital Craft Factory.



Proposta del framework generale,
aggiornato con le conclusioni rag-
giunte con l'esperimento Mindcraft.

Risultati attesi e ottenuti

A i seguenti prestabiliti Obiettivi Specifici:

- *OS.1* Analisi delle caratteristiche di vari prodotti ottenuti tramite co-design capace di individuare le singole componenti di progetto che appartengono al design ed all'artigianato, allo scopo di valutare il livello di coinvolgimento delle diverse discipline;
- *OS.2* Una serie di prodotti tipici del manifatturiero in cui il valore artigianale è evidenziato nella fase progettuale ed espresso concretamente attraverso strategie di Fabbricazione Digitale;
- *OS.3* Una strategia autogenerativa per la produzione del suddetto prodotto che sintetizzi morfologicamente il processo di collaborazione, che sia cioè in grado di esaminare il pensiero critico dell'artigiano, e di riversarli nel prodotto finale elaborato precedentemente dal designer con un algoritmo responsivo evolutivo.

Sono stati stabiliti i seguenti risultati attesi:

- *RA.1* Una scheda di analisi di prodotti nati tra la collaborazione tra designer e artigiani: la scheda è in grado di suddividere le singole componenti che caratterizzano il prodotto e individua il livello di coinvolgimento delle due discipline;
- *RA.2* Lo sviluppo di una strategia parametrica (attraverso software di Generative Design) in grado di accogliere gli input della pratica artigianale e riproducibile in un processo di fabbricazione digitale, nello specifico i prodotti saranno artefatti tipici della liuteria e della ceramica;
- *RA.3* Un processo morfogenetico che possa essere considerato un esempio sperimentale di Neo-Artigianato multi-performance e connotare i prodotti risultanti di un valore aritmopoietico che materializza il pensiero critico-progettuale celato nel saper fare della maestranza artigianale.

I risultati ottenuti attraverso il metodo della ricerca-azione sono i seguenti:

- *RO.1* Scheda di analisi dei prodotti nati in co-progettazione e co-fabbricazione tra i 52 studenti del corso Atelier Product Design 3 (canale x - 18/19 - prof. Di Lucchio) e diverse tipologie di artigianato del Lazio. La scheda presenta un diagramma a tre variabili dovute

ai diversi tipi di fabbricazione.

- *RO.2* Due esperienze progettuali nate dalla collaborazione di tra due realtà artigianali (Giapponese e Italiana) e sviluppati tramite la pratica del AAD e fabbricati con tecniche di FD in un'ottica file-to-factory. I prodotti sono stati presentati e valutati dal settore industriale di riferimento (FSC Iwaizumi; Yamaha) e divulgati attraverso mostre internazionali (Japan Home & Building Show 18; Maker Faire Rome 18).
- *RO.3* Risultato del test sperimentale di connessione BCI tramite segnale EEG durante la fase di lavoro artigianale con un sistema algoritmico codificato al fine di tramutare i segnali in processi morfogenetici. Il risultato finale consiste in un ibrido tipologico di prodotto digitale in grado di essere fabbricato tramite stampa 3d.

Valutazione degli esiti

Attraverso la ricerca sul campo è stato quindi possibile fornire delle risposte concrete al problema scientifico, di valutarne e verificare gli esiti. L'esperienza condotta con gli studenti del corso di laurea in Disegno Industriale, ha messo in evidenza quanto importante sia per il settore artigianale continuare ad elaborare prodotti tramite strumenti tradizionali, ma anche che non è ostile all'introduzione di nuovi processi se riescono a valorizzare ed *aumentare*⁵⁷ il valore creativo del lavoro svolto. E per gli studenti stessi riuscire a vedere realizzati i propri progetti e capire quanto è fondamentale apprendere le peculiarità dietro il lavoro artigianale ha dimostrato come recuperare il rapporto di scambio tra designer e artigiani è ancora oggi vitale alla crescita di entrambi.

Rapporto che a livello accademico suona molto simile al modello Bauhaus, dove la presenza dei laboratori era imprescindibile alla formazione dei futuri progettisti, e che adesso è in grado di ridare forza all'impresa manifatturiera.

Su questo si sono basati i progetti pilota *Guitarmaker* e *Mindcraft* con lo scopo finale di stabilire una infrastruttura in grado di accogliere il design all'interno del processo artigianale, senza perdere o sostituire il lavoro con quale l'artigiano stesso si identifica ma di potenziarne ed assisterne la fase creativa. In entrambi i casi l'uso sapiente dell'AAD ha permesso prima di accogliere il processo mentale *step-by-step* costruttivo dell'artigiano e poi di tramutare il processo stesso in risultati virtuali fabbricabili tramite *direct-manufacturing*⁵⁸.

57. Non si tratta di una pratica estranea alle discipline "creative". L'apporto concesso dall'introduzione del computer nelle fasi di progettazione e nelle metodologie di design ha permesso di superare i confini, se non altro performativi, e di aumentare il potenziale creativo dei progettisti. Il ruolo del computational augmented-design è oggetto di numerosa ricerca, come testimonia lo studio condotto da Bernal, Haymaker & Eastman in *On the role of computational support for designers in action* (2015) nel quale si descrivono ricerche significative che sono state dedicate alla comprensione delle azioni orientate alla creatività e alla ricerca di modi per aiutarle, automatizzarle o aumentarle con il supporto computazionale.

58. Un'ottima disanima sullo stato dell'arte in questione è delineata nel paper "Advances in Generative Design" (2019), infatti secondo gli autori (Wu, Quian & Wang): "The flexibilities in generative design and additive manufacturing are increasingly being combined to produce disruptive highperformance functional structures and digital materials with applications in aerospace, automotive, medical implants, soft robots, customized consumer products, and beyond. This vibrant research area is receiving growing attention in multiple disciplines, such as geometric modelling, graphics, numerical optimization, and computational mechanics."

59. Si legge in un bellissimo articolo (Innella & Jaworska, 2019) a riguardo: “automated production represented also a way for them to reinstate the qualities of their work, which is one of the reasons for today’s widespread appreciation for handmade products”.

Questo tipo di contributi vogliono rappresentare un tentativo di risposta ad un futuro di tipo post-industriale, sempre più vicino, in cui il pensiero progettuale si fonde con le prerogative artigianali e prende forma in una figura ibrida al confine delle due discipline. Inoltre, il confronto sia con una realtà accademica internazionale da sempre dedicata allo scambio consapevole tra tradizione e innovazione nel design, come il Giappone, che con una realtà esterna all'accademia e appartenente all'industria, come la Yamaha, è un passo nodale della ricerca nel design e della validità degli esiti della stessa. I feedback ricevuti hanno permesso l'individuazione dei punti deboli del progetto ed un ulteriore rapido avanzamento della ricerca in questione, che non necessariamente non può avere risvolti presenti. Di particolare rilievo il risultato raggiunto dalla sperimentazione *La ceramica del pensiero* che ha portato al concepimento di un artefatto come di un doppio semantico che evolve e tramuta nel tempo in base all'andamento delle onde cerebrali dell'artigiano durante il lavoro tradizionale. Vuole rappresentare un esempio di co-design simbiotico in grado di aumentare il potenziale artigianale, mettendo in risalto la mente dietro la manifattura e senza perdere l'expertise del saper fare tradizionale. I contenuti neuroscientifici sono stati utilizzati in maniera strumentale per poter stabilire come decodificare i dati raccolti e quale aspetto della geometria influenzare. Di conseguenza non c'è alcuna pretesa di avanzamento in questo ambito.

Riflessioni etiche

Il collidere di questi mondi ha messo in luce un aspetto etico particolarmente delicato e di grande rilievo per sia per il pubblico che per la comunità scientifica: il timore di sostituire la figura artigiana e conseguentemente di far sparire la categoria. Sicuramente l'avanzamento tecnologico tende a trasfigurare i processi tradizionali ed il rischio di perdere la manualità che caratterizza il lavoro artigianale è da tenere in conto. Tuttavia l'artigianato ha dimostrato storicamente una grandissima capacità di accomodare questi cambiamenti e di evolversi costantemente⁵⁹. Gli strumenti digitali sono principalmente strumenti (per l'appunto), che nelle mani giuste sono in grado di raccontare grandi cose così come è stato per le botteghe artigianali. Inoltre questa ricerca vuole provare ad inglobare le tecniche tradizionali della storia artigianale in processi capaci di valorizzare le stesse e di concentrare il lavoro “non-digitale” su queste fasi. Det-

to questo, la fabbricazione digitale non può limitarsi a prendersi carico del lavoro pedissequo, ma deve contribuire a raggiungere risultati non immaginabili precedentemente. Per questo motivo Digital Craft Factory ha voluto proporre un modello in grado di specificare i ruoli dell'artigiano, del design e della macchina, ma al tempo stesso di generare un sistema di interscambio delle singole professionalità in cui la presenza di uno è fondamentale per lo sviluppo dell'altra.

Un ulteriore problema etico è stato sollevato durante un dibattito, avvenuto alla conferenza “Design Principles and Practices 2018” a Barcellona, sull'uso di device capaci di registrare il pensiero umano e ridimensionarne il significato minimizzandolo a dei semplici dati. La problematica discussa è il rischio di perdere la valenza artistica dell'artigiano limitandolo ad una macchina produttrice di cifre casuali, con il pericolo di vilificare la qualità artistica dei manufatti artigiani. Su questo problema non c'è una risposta soddisfacente in quanto dipendente dalla prospettiva con la quale si guarda il fenomeno⁶⁰. Questa ricerca vuole rappresentare una proposta in cui il ruolo artigianale, inteso sia come pensiero astratto che come lavoro fisico, resti indispensabile all'interno dell'infrastruttura. Di fatto, l'EEG funzionerebbe anche con una personale “qualunque”, ma non assumerebbe lo stesso significato. Tuttavia al momento non è stato possibile rendere più marcata questa differenza.

60. La prospettiva sul concetto di creatività, nel caso di uso di macchine artificiali e algoritmi, è oggetto di discussione sin da quando sono stati introdotti i primi software CAD. Su questo argomento Coons e Douglas, già nel 1962, discutono su a questa problematica. Tuttavia per Coons, l'atto di riprodurre (per quanto fedelmente) l'opera umana da parte di una macchina non è considerabile creativa in quanto la vera e propria azione creativa è già stata condotta precedentemente da un umano. Discorso che deve essere ricollocato anche nel dialogo tra macchina e artigiano sollevato da questa tesi: di fatto l'algoritmo da solo non produrrebbe niente senza l'opera umana.

5.2 Sviluppi futuri

Work-in-progress

Per quanto concerne questa ricerca, allo scopo di raggiungere un maggiore stato di completezza delle conclusioni, sono presi in considerazione i seguenti possibili sviluppi futuri:

- *WIP.1* Mostra dei risultati ottenuti dalla sperimentazione in classe, con relative schede utili alla composizione di un catalogo;
- *WIP.2* Possibile realizzazione di un'ulteriore esperienza progettuale relativa alla liuteria con una differente realtà artigianale;
- *WIP.3* Messa a sistema del codice algoritmico per la liuteria in un plug-in per il software GH;
- *WIP.4* Esperimento finale per il progetto Mindcraft da svolgere presso una bottega artigianale di ceramica, con alcune modifiche alla struttura algoritmica per un diverso risultato morfogenetico;
- *WIP.5* Stampa 3d di una collezione di vasi ottenuti dal risultato della sperimentazione e divulgazione degli stessi.

Prospettive per il design

La promessa del design di investire nella crescita delle imprese manifatturiere e contemporaneamente far acquistare un nuovo valore alla tradizione del saper fare artigiano con l'ibridazione digitale dipende in buona parte dalla situazione a contorno. In primis deve farsi carico di rivalutare l'intera produzione: diversificata, flessibile, distribuita e personalizzata. Tuttavia questo modello necessita l'acquisizione di una serie di competenze tecniche-professionali sia al passo con i tempi (dalla fabbricazione digitale al generative design), ma anche recuperare le conoscenze consolidate nel lavoro artigiano. *Téchne* e *Métis* ancora una volta di pari passo. Infatti è utile prendere in esame come il sapere artigianale si sia tramandato nel tempo e che ruolo abbia assunto nella formazione delle scuole di design. Per quanto riguarda il primo aspetto, un modello ancora utilizzato ed efficace è l'apprendistato in bottega. Nelle corporazio-

ni medioevali la durata dell'apprendistato era di circa sette anni. Dopo questo lungo periodo formativo, in cui il maestro artigiano trasmetteva le sue competenze al giovane, in modo progressivo e senza fretta, l'apprendista doveva di cimentarsi in una performance capace di dimostrare le abilità acquisite nel tempo. Con questa sua prima opera, detta *chef d'ouvre* (capo d'opera), il giovane otteneva la possibilità di proseguire l'apprendistato per un periodo che poteva andare da quattro a dieci anni, al termine del quale si stabilisce la prova dimostrativa finale, che prende il nome di *chef d'ouvre élevé* (capo d'opera maestra), e si diventa *Maestro*. Questo modello consente la totale comprensione dell'astuzia pratica attraverso il sapere tecnico, ma il successo tacito della pratica apprendista risiede nell'intensa riflessione sulla pratica che porta al perfezionamento della tecnica (Sennett, 2008). Tuttavia, per quanto sia stato in grado di evolversi e ripensare tecniche e saperi con l'impiego di strumenti nuovi ed attuali, le esigenze di mercato moderne hanno reso impraticabile l'apprendimento tramite questo modello di learning by doing troppo dispendioso di tempo e soprattutto restio a superare il distacco dalla materia fisica per quella digitale.

Sfida che invece il Design e la formazione nel design hanno accolto di buon grado: posizionandosi a cavallo tra tradizione artigianale ed innovazione industriale e ponendo al centro dell'attenzione nei metodi di intervento sui processi di progettazione e nella sintesi e relazione tra le tante competenze coinvolte in questi processi (Tosi, 2015). Come già detto, compito del designer è dar forma tangibile a prodotti attraverso l'applicazione dei processi di produzione appresi, che di fatto è un concetto molto simile al processo artigianale. Non sorprende quindi che le prime scuole di design si fondassero su intensive lezioni in laboratori, a stretto contatto con materiali e macchinari. Su questo si è fondata la "casa del costruire", la scuola Bauhaus. L'artigianato e l'industria non erano per la scuola entità avversarie, al contrario, l'arte e la tecnica dovevano operare in sinergia per conseguire i risultati voluti: progettare le produzioni applicando la creatività alla macchina, riformare le mentalità e le abitudini, sollecitare al cambiamento (Scolaro, 2010). Era quell'assenza di divisione tra ideazione e realizzazione che si cercava di estrapolare dalla cultura artigiana attraverso la sperimentazione in laboratorio a fini educativi (e produttivi). L'organizzazione stessa della scuola si basava su laboratori, dedicati a specifici materiali o lavorazioni e ognuno di essi era affidato a due docenti: un "maestro artigiano", responsabile della formazione tecnica, e un "maestro del-

la forma”, incaricato della definizione concettuale della ricerca, della fase teorica della progettazione.

A differenza dei propri predecessori, nelle odierne scuole di design si tende a privilegiare la forma di conoscenza teorica, del “che cosa”, ed si trascura la componente cognitiva intrinseca nel “saper fare”, del “come si fa”. Conoscenza formale contro conoscenza pratica, sostanzialmente separando la *Mêtis* dalla *Téchne*. Non si tratta di una questione recente, ma già da tempo ci si chiede quale direzione possa prendere la formazione nel design che voglia conservare la conoscenza tacita del saper fare artigiano (Polanyi, 1962). C’è un modo di garantire e salvaguardare anche la manualità e la pratica del mestiere artigiano, senza svilirla nel confronto con il lavoro cognitivo? Forse è qui che il design può dare il contributo più significativo, ovvero formalizzare e rendere trasmissibile le conoscenze tacite che appartengono alle botteghe artigiane (Chiapponi, 1999). Tuttavia anche nel design c’è una coscienza tacita che si sviluppa nel tempo e in principio era non solo fondamentale, ma un principale carattere di distinzione: il disegno, che inevitabilmente influisce sullo stile di progettazione. Ora con l’intensivo uso di sistemi CAD estremamente evoluti si rischia di frammentare ulteriormente la conoscenza, tendendo a svilire l’esperienza tecnica necessaria ad operare questi sistemi.

Il modello proposto da questa ricerca invece vuole puntare a mettere in risalto e rilanciare i concetti espressi fino ad ora. Riallacciare *technè* e *metis* non solo è possibile, ma si possono inserire in un contesto moderno e all’avanguardia. Già il fenomeno maker è stato capace di recuperare l’importanza del materiale e della praticità attraverso gli strumenti informatici. La computational creativity e le metodologie di design generativo prendono in esame la logica progettuale e processuale del lavoro artigianale e ne assorbono la tecnica teorica mettendola in relazione con la pratica. In questo modo l’artigianato entra nel cervello della macchina, arricchendo il sistema con la propria *téchne* e *mêtis*, mentre il cervello del designer agisce come filtro e stabilisce le regole logiche secondo le quali al dato A corrisponde il risultato X. Nello specifico, questa infrastruttura esplorando tre differenti tecnologie – quella della captazione degli stimoli neuronali, quella della modellazione parametrica e infine quella della fabbricazione digitale – innesca un sistema di amplificazione del processo artigianale senza che si perda o si sostituisca il lavoro manuale, e lo arricchisce degli stimoli creativi tipici del design.

E per far ciò la figura del designer deve comprendere ed elevare la propria conoscenza tacita del disegno, ora digitale, e sfruttare l’osservazione e la pratica stessa del lavoro artigianale, proprio come un apprendista di bottega. In questo modo è possibile costruire un framework in cui l’importanza storica, di aggregazione di saperi, svolta dall’artigiano gioca un ruolo da co-protagonista insieme al designer che traduce la sapienza dei gesti manuali in una logica processuale CAD/CAM che garantisce dei risultati ricchi di quelle qualità che l’industria odierna richiede. Dunque, con un sistema di Direct Manufacturing (DM) ha preso forma un modello in cui sono specificati i ruoli dell’artigiano, del design e della macchina di fabbricazione digitale e il loro sistema di interscambio virtuoso.

Il design diventa un filtro imprescindibile per connettere tutte queste discipline ed è l’unico agente in campo capace di vedere l’intero quadro: assume il ruolo di *Comprehensive Designer*. Non si tratta di un concetto nuovo, ma quando è stato teorizzato da Fuller nel 1963 risultava ancora abbastanza futuristico e solo adesso, forse, si può rendere giustizia a questo individuo. Secondo Fuller, il *comprehensive designer* non sarebbe un altro specialista, ma starebbe al di fuori dei tipici luoghi dell’industria e della scienza. Il suo ruolo prevede elaborare le informazioni prodotte nel mondo, osservare le tecnologie che si stanno sviluppando e tradurle entrambi in strumenti a servizio dell’umanità. A differenza degli specialisti, questo designer comprensivista è consapevole della necessità di un equilibrio nel sistema e dell’attuale implementazione delle sue risorse. Deve quindi agire come un “raccolgitore delle potenzialità del regno”, studiare i prodotti e le tecniche dell’industria e ridistribuirli secondo gli schemi sistemici che solo lui e altri comprensivisti possono percepire. Per poter fare questo lavoro, il Designer dovrebbe avere accesso a tutte le informazioni generate all’interno della nascente tecnocrazia, rimanendo allo stesso tempo al di fuori di essa. Dovrebbe diventare “una sintesi emergente di artista, inventore, meccanico, economista obiettivo e stratega evolucionista”. Né ingegnere né artista, ma sempre entrambi contemporaneamente, avrebbe raggiunto l’integrazione psicologica anche lavorando con i prodotti della tecnocrazia (Turner, 2009). È quindi abbastanza poco sorprendente che si accosti il design a concetti “vecchi” come l’artigianato o “nuovi” come la fusione uomo-macchina. Anzi, un approccio più comprensivista del design ha permesso a discipline scientifiche come le neuroscienze di spingersi all’interno della progettazione di prodotto.



Mirai Innovation e Josè de la O: un utente modella un vaso digitale con il pensiero.

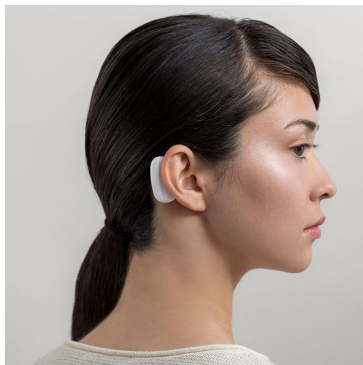


Mirai Innovation e Josè de la O: il vaso finale è stampato in 3d.

61. Per maggiori informazioni leggere l'articolo: Musk, E. (2019). *An integrated brain-machine interface platform with thousands of channels*. BioRxiv, 703801.

62. Per maggiori informazioni leggere l'articolo pubblico: Moses, D. A., Leonard, M. K., Makin, J. G., & Chang, E. F. (2019). *Real-time decoding of question-and-answer speech dialogue using human cortical activity*. Nature communications, 10(1), 3096.

63. Articoli su questa esperienza si possono trovare online presso i seguenti magazine di design: <https://www.dezeen.com/2019/08/01/studio-jose-de-la-o-vase-brainwaves/>; <https://www.domusweb.it/en/design/gallery/2019/08/19/brain-signals-to-design-everyday-life-products.html>



Aspetto finale dell'impianto neurale previsto dal progetto "Neuralink" di Elon Musk.

Alcuni casi che hanno mosso la stampa internazionale e creato un certo trascino dietro sono il progetto *Neuralink*⁶¹, finanziato e voluto da Elon Musk, ed i test sulla *lettura del pensiero* condotti dalla University of California San Francisco su finanziamento di Zuckerberg⁶². In particolare, per Neuralink è stato costruito un team interdisciplinare che mira alla creazione di un impianto cerebrale in grado di governare interfacce e apparecchiature tramite l'attività del cervello. In questi progetti il design non agisce marginalmente, ma anzi assume un ruolo centrale e si muove in coro con il team. Quindi, non si tratta più solo di una tendenza, ma di un vero e proprio fenomeno che necessita di essere investigato. Un esempio di sperimentazione più vicina alla finalizzazione di prodotto ed ai concetti di Computational Creativity è l'esperimento condotto dal laboratorio giapponese *Mirai Innovation Lab* in collaborazione con lo studio messicano *José de la O*⁶³. I risultati di questa esperienza sono stati diffusi durante l'estate 2019 e quindi molto recenti, ad uno stadio già abbastanza avviato di questa ricerca, ma riguardano un esperimento incredibilmente simile a quello condotto per Mindcraft: un elettroencefalogramma legge l'attività cerebrale e usa specifici stadi mentali per modificare la forma di un vaso con l'uso di Grasshopper, il vaso risultante è poi stampato in 3D. La differenza è nell'utenza a cui è applicato, per l'esperimento in questione non si è fatta discriminazione tra artigiani, designer o persona generica. L'obiettivo principale della sperimentazione era di utilizzare l'interfaccia cervello-computer per muovere alcuni slider e modificare mentalmente degli input precisi. In pratica, utilizzare il cervello come un mouse telecinetico, semplicemente rilassandosi o concentrandosi.

Tuttavia, queste esperienze permettono di affermare che la ricerca su come approcciare alla creazione di contenuti virtuali, gestiti da algoritmi ormai non più appannaggio dei soli programmatori, si stia espandendo anche alla brain-machine interface. L'artigianato ha subito un notevole cambiamento ontologico con l'arrivo del CAD prima e della fabbricazione digitale dopo, ma ora deve evolversi ancora ed avventurarsi nella Creatività Computazionale. Prezioso compagno di viaggi sarà un particolare tipo di designer, arricchito da competenze in materia di *Generative Design* e *Direct Manufacturing*.

Digital Craft Factory rappresenta una schematizzazione di questa impresa e offre un framework di progettazione generativa assistita adattabile a qualsiasi settore artigianale tramite la collaborazione con il Design.

DIGITAL
CRAFT
FACTORY

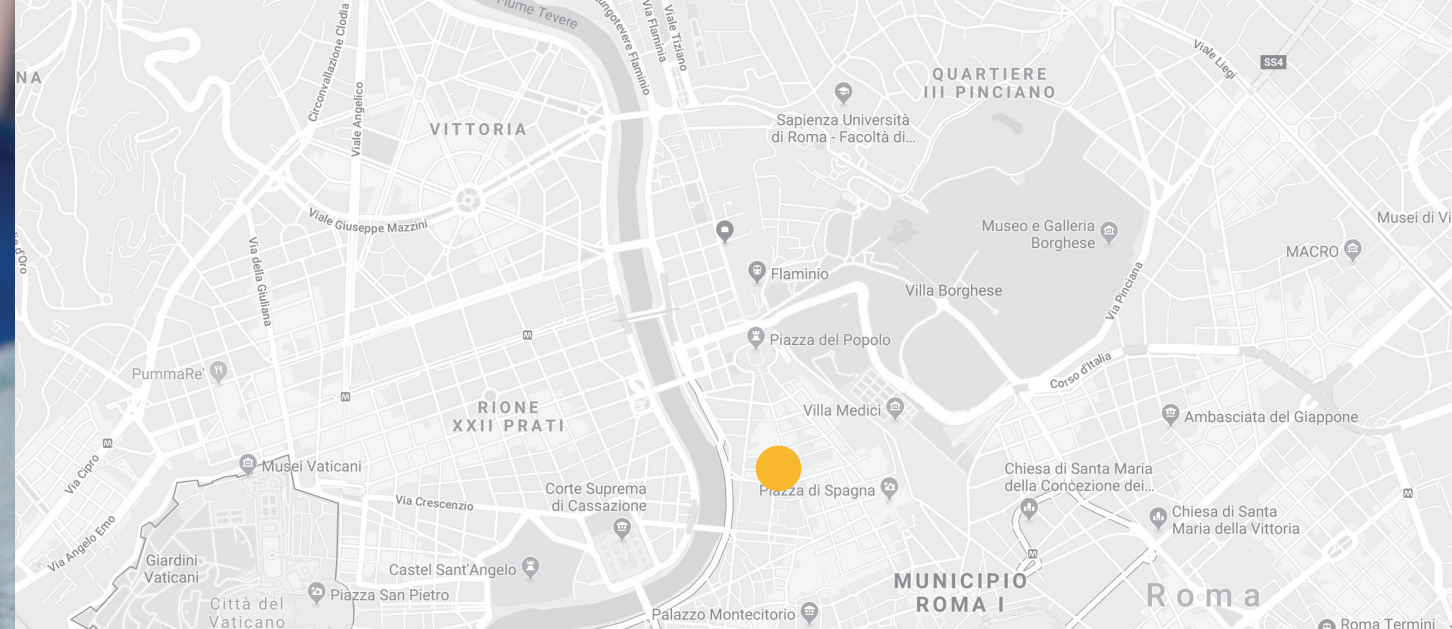
CAPITOLO 6 APPENDICE

<< *Voglio cantare, o Musa canora, d'Efesto, l'insigne, lo scaltro. Ei con Atèna, la Diva dal ciglio azzurrino, d'opere belle fu maestro ai mortali, che prima, entro spelonche, a guisa di fiere vivevan pei monti.*

L'opere apprese adesso d'Efesto, l'artefice insigne, vivere ognuno può, dal principio alla fine dell'anno, dentro le case, al riparo, tranquillo, una facile vita.

Benigno, o Efesto, sii: dammi tu la ricchezza e la forza. >>

_A Efesto: XX Inni Omerici, Omero, VII a.c.



Tappezzeria Bucci

•Via della Torretta, 63 (RM)
•06 687 1502
•info@tappezzeriabucci.it



Lorenzo Bucci

•lor.bucci@virgilio.it

Alice Caporossi

•alice.caporossi@gmail.com

Matteo Cardelli

•matteocardelli42@gmail.com

Arazzo

Il prodotto è un ibrido tra un quadro e una seduta informale. La sua polifunzionalità di oggetto d'uso e decorazione garantisce un elevato livello di personalizzazione grazie alla vasta gamma di tessuti applicabili e alle rifiniture utilizzabili. L'altezza variabile dei cuscini permette varie configurazioni in grado di adattarsi ai diversi momenti sociali.



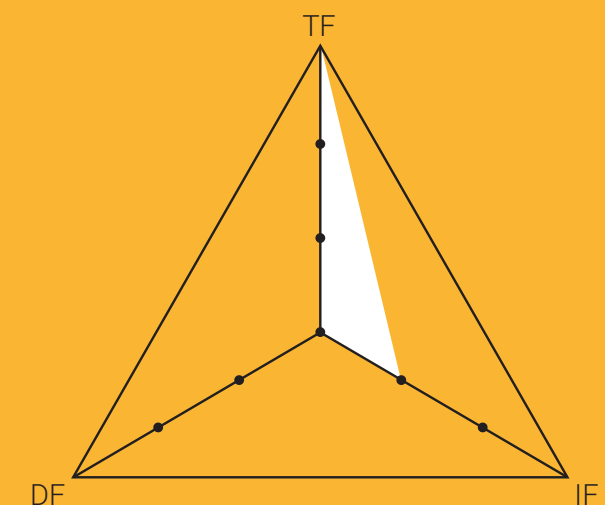
•1200mm
•600mm
•50mm



•frassino
•velcro
•cotone
•velluto



•taglio
•sagomatura
•cucitura





Itair

- Via Campana 2, Anzio (Rm)
- 06 987 7227
- info@itair.it



Luisa Cavallo

- cavallo.1789271@studenti.uniroma1.it

Leonardo Corona

- corona.1802479@studenti.uniroma1.it

Francesco Di Deo Iurisci

- dideoiurisci.1815977@studenti.uniroma1.it

S.A.M. Steel Adaptive Module

Moduli in diversi tipi di acciaio, adattabili a ogni genere di scala. Gli agganci sono studiati per rispondere alle varie tipologie di scala, per facilitare l'installazione in loco, ed in base alle esigenze del cliente. In questo modo il sistema permette di donare un tocco personale al parapetto, sia interno o esterno all'abitazione.



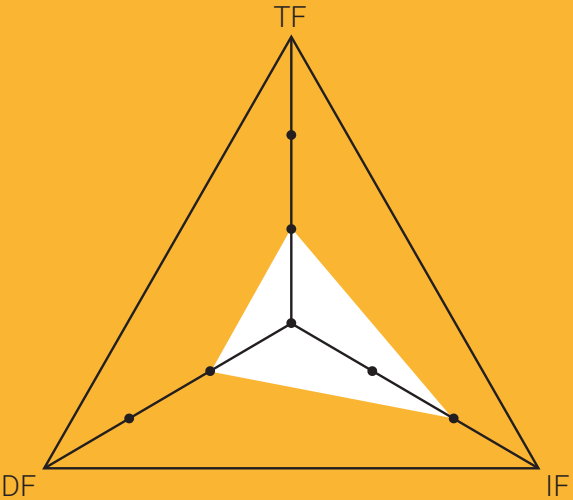
- 1000mm
- 1650mm
- 500mm



- acciaio zincato 2B



- piegatura
- taglio al plasma
- saldatura
- satinatura





Di Vetro

•Via delle Palme, 17 (RM)
•347 825 0902
•carlaromanaolivieri@gmail.com



Rabeb Aidouni

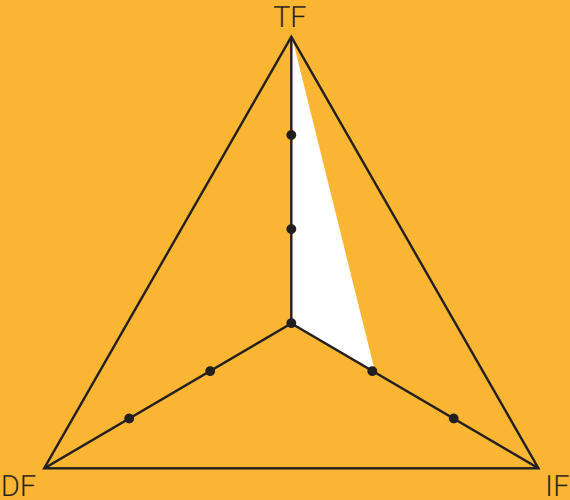
• aidouni.1797014@studenti.uniroma1.it

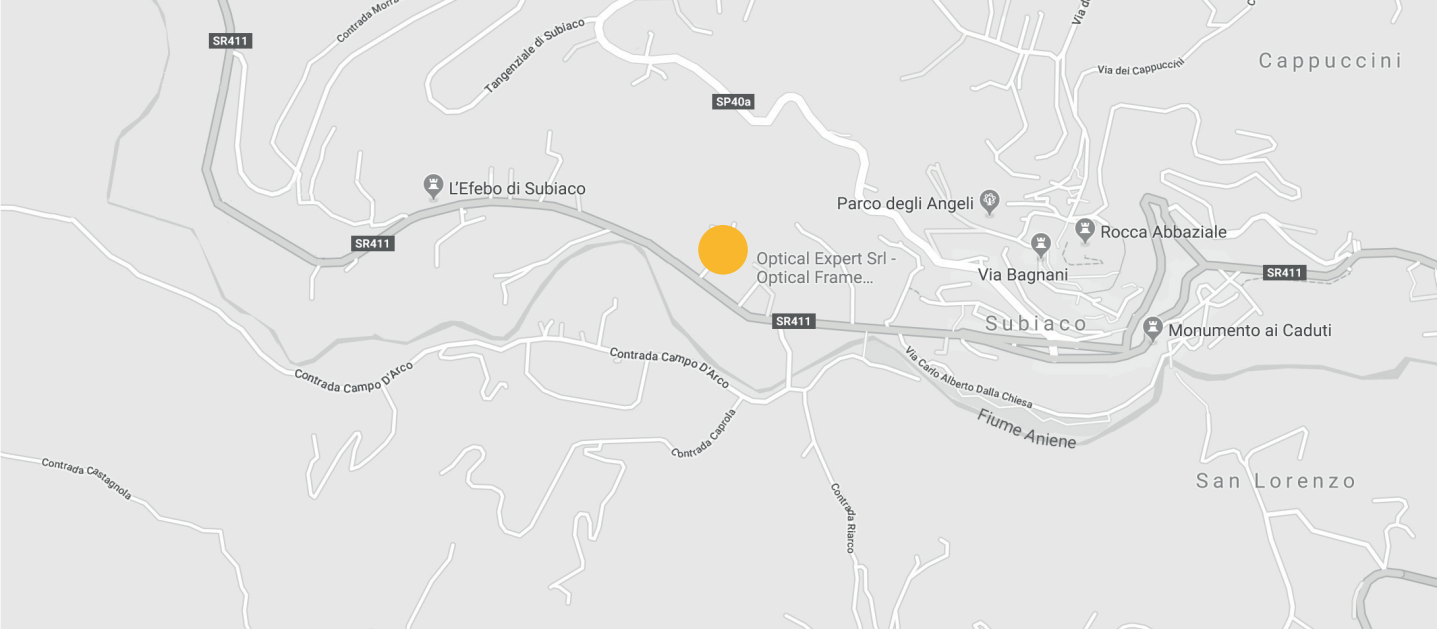
Danilo De Paola

• depaola.1822550@studenti.uniroma1.it

Bubbleyum

Piatto di alzata pensato per continuare e uniformare la propria morfologia con quella del profiteroles, con un sistema modulare personalizzabile nella fase di realizzazione dello stampo. L'alzata e' ideata per avere un design originale che stravolge la classica immagine dell'alzata piana e per creare un rapporto nuovo tra il piatto e il dolce.





Felice Tonda

•Corso Cesare Battisti, 167,
Subiaco (RM)
•00028
•info@cellinieyewear.com



Iride

Una custodia ricavata dalla lastra di produzione degli occhiali sottile, LEGGERA E pratica, da portare sempre con se. e' personalizzabile nelle forme e nel colore. l'occhiale situato al suo interno presenta un particolare sistema di montaggio delle aste, che permette di essere assemblato e riposto facilmente.



Martina Bernava

•bernava.1803247@studenti.uniroma1.it

Chiara Caprioli

•caprioli.1806146@studenti.uniroma1.it

Francesca Ceccacci

•ceccacci.1641277@studenti.uniroma1.it



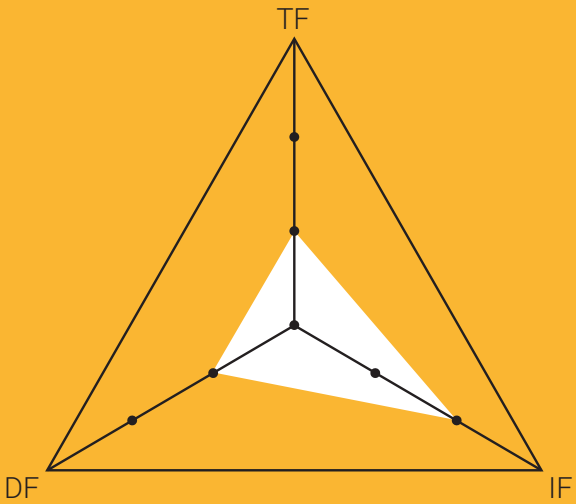
•154mm
•74mm
•8mm

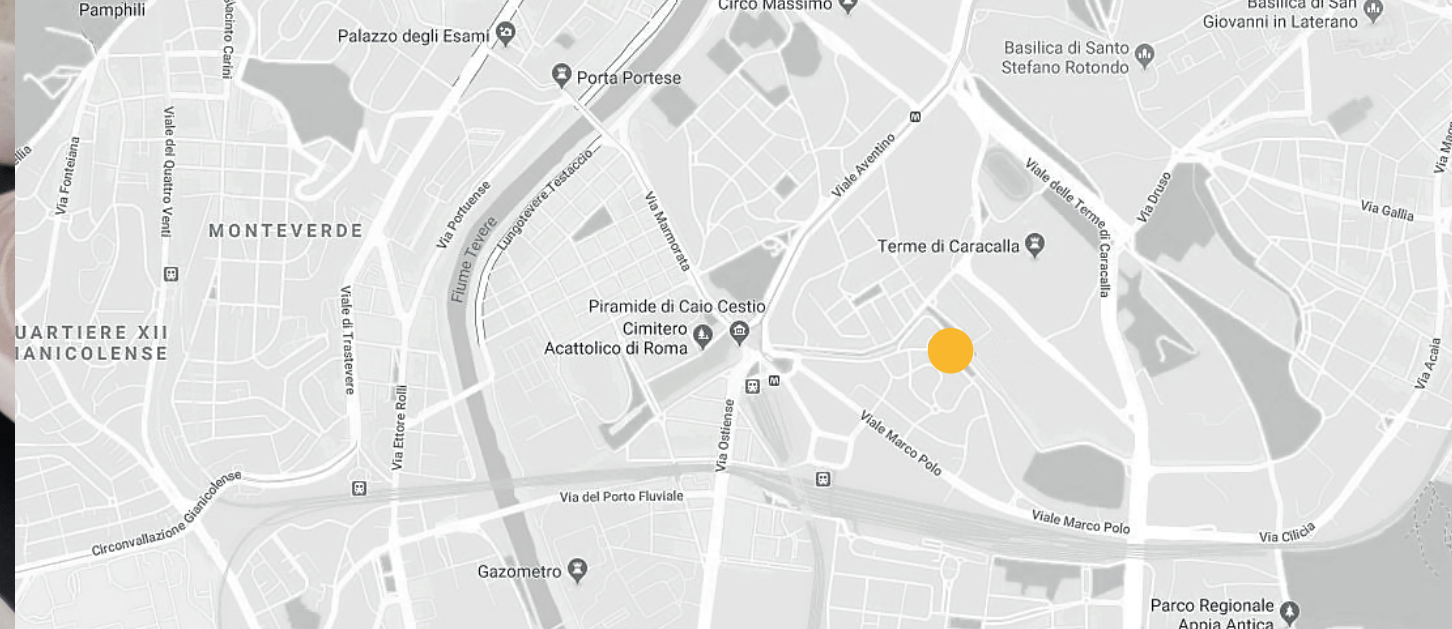


•cellulosa
•vetro
•magnete
•pelle
•ferro



•fresatura CnC
•burattatura
•lucidatura





Barbara Nacinelli

•via Giovanni Miani, 45 (RM)
•348 781 3037
•terrenude@gmail.com



Silvia Bergamaschi

•bergamaschi.1794762@studenti.uniroma1.it

Romina Del Brusco

•delbrusco.1812461@studenti.uniroma1.it

Aurora Lipoli

•lipoli.1798136@studenti.uniroma1.it

Giardino dei Germogli

Il prodotto consiste in un germogliatore di ceramica composto da un vassoio di supporto e ciotole che vanno a formare un giardino zen personalizzabile.

Il prodotto consente di effettuare la germinazione, la cottura e il consumo degli alimenti all'interno della stessa ciotola.



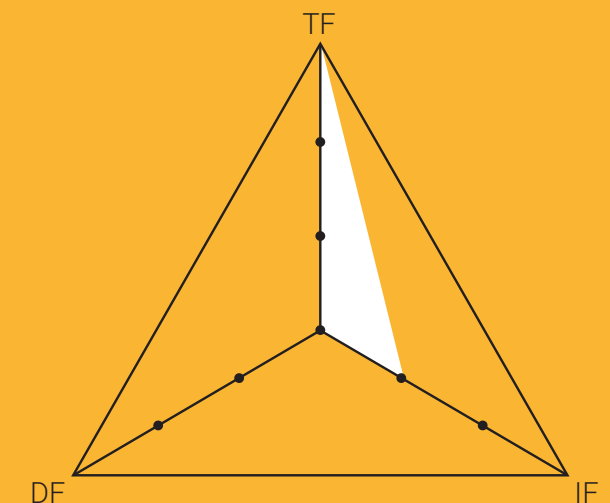
•350x250mm
•Ø120mm
•Ø150mm
•Ø200mm

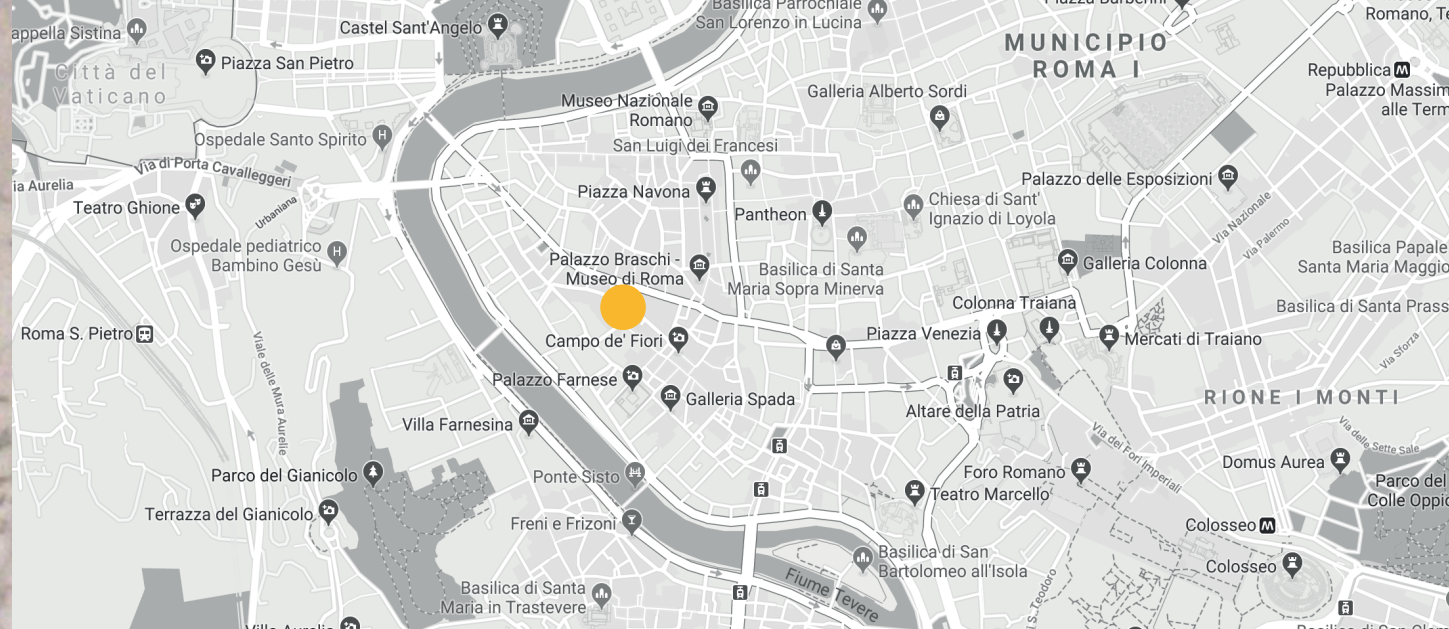
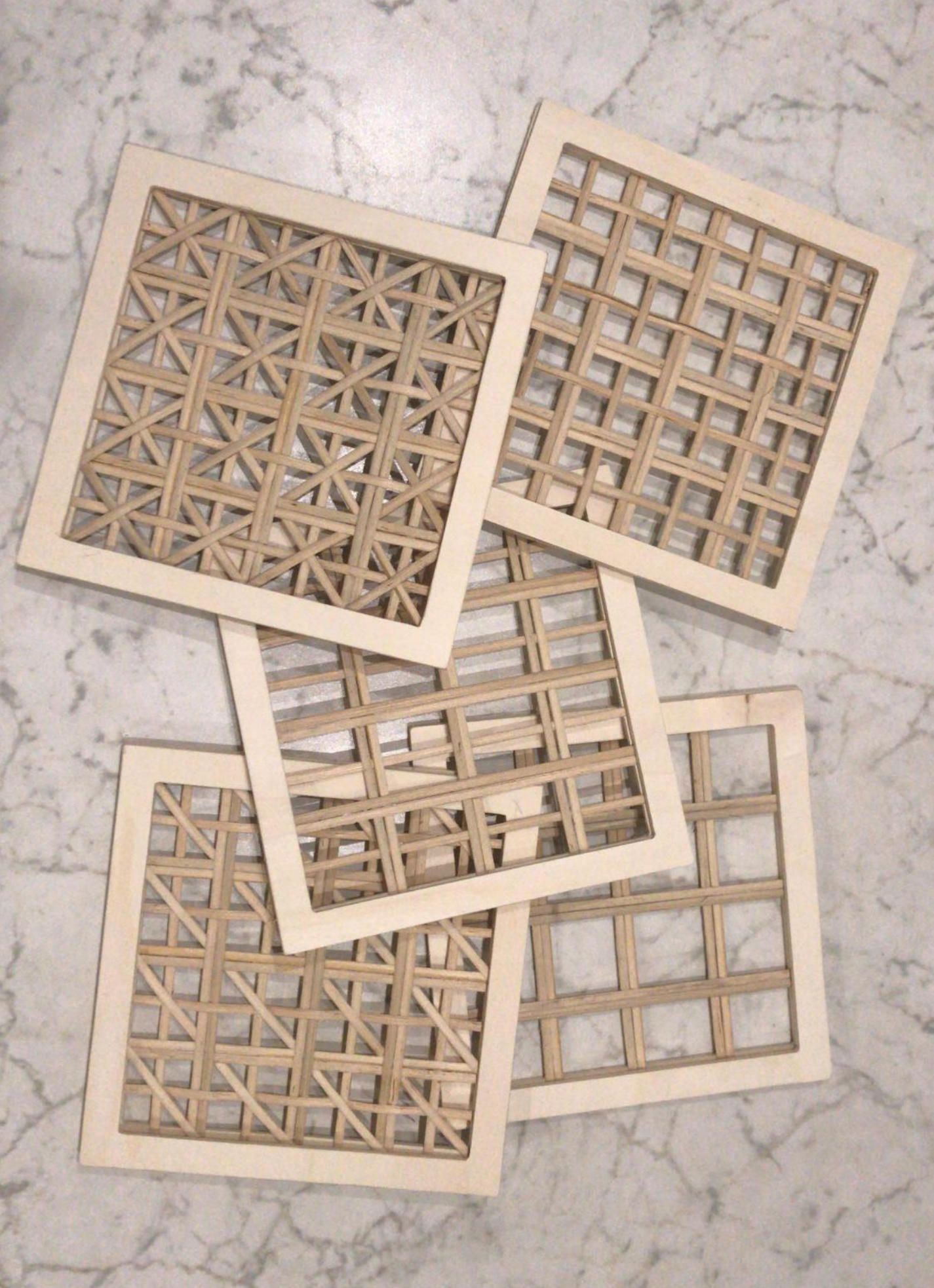


•argilla K110
•smalti alimentari



•tornitura ceramica
•incisione
•biscottatura
•smaltatura





Umberto Giovagnoli

•Via del Pellegrino, 92 (RM)
•06 5272 2851
•giuncart@gmail.it



Alessandro Arca

•arca.1702832@studenti.uniroma1.it

Hilal Baymis

•baymis.1835887@studenti.uniroma1.it

Giulia Buccolini

•buccolini.1806123@studenti.uniroma1.it

Hasir

Il progetto consiste in un modulo intrecciato a mano secondo le tecniche dell'impagliatura delle sedie. E' versatile, personalizzabile, componibile e multiuso secondo le esigenze del cliente. Un connubio tra tecniche tradizionali e innovazione della tipologia di prodotti che l'artigiano offre attualmente nella sua bottega.



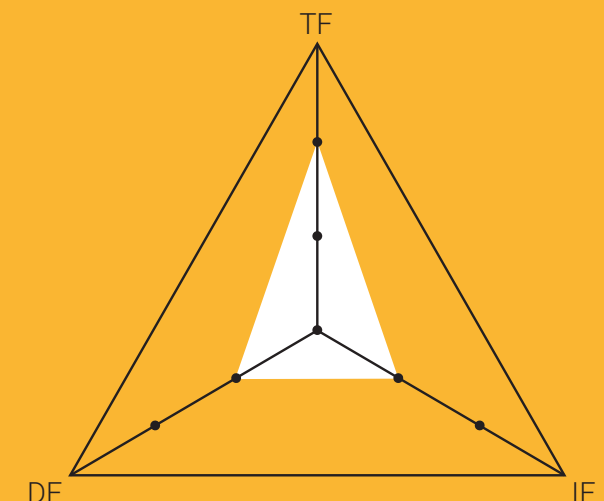
•250x6mm
•230x1mm

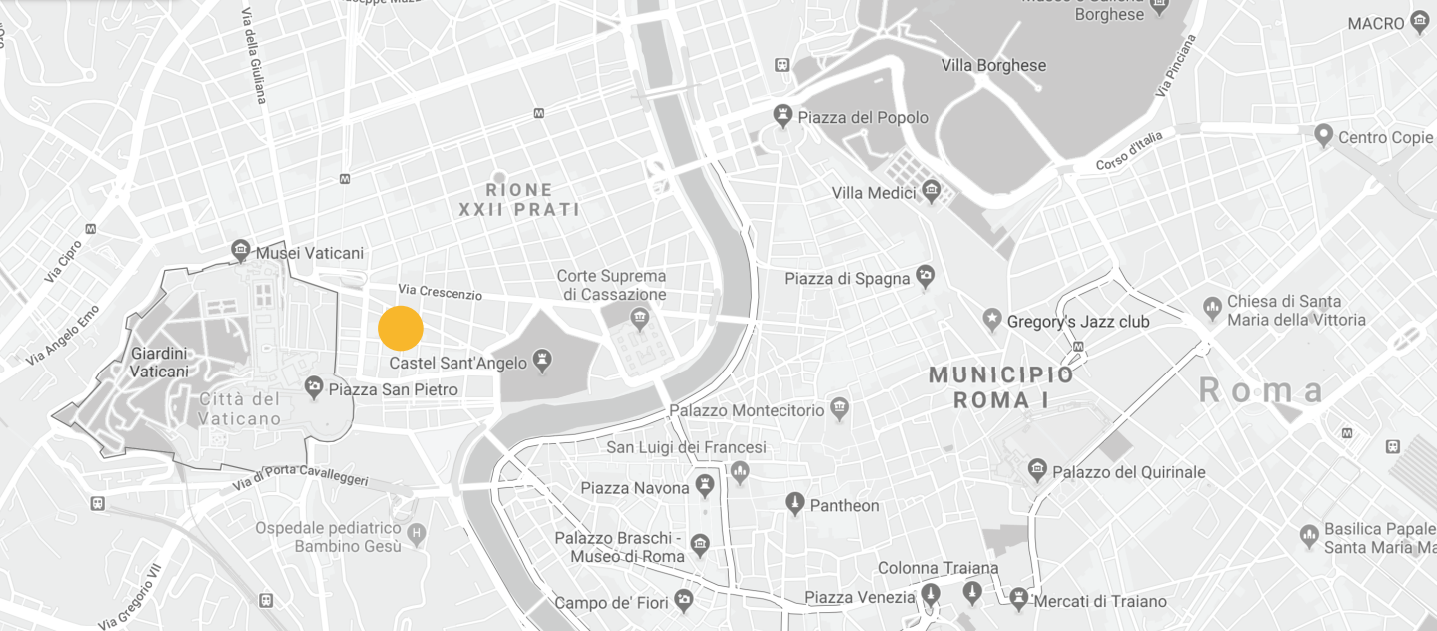
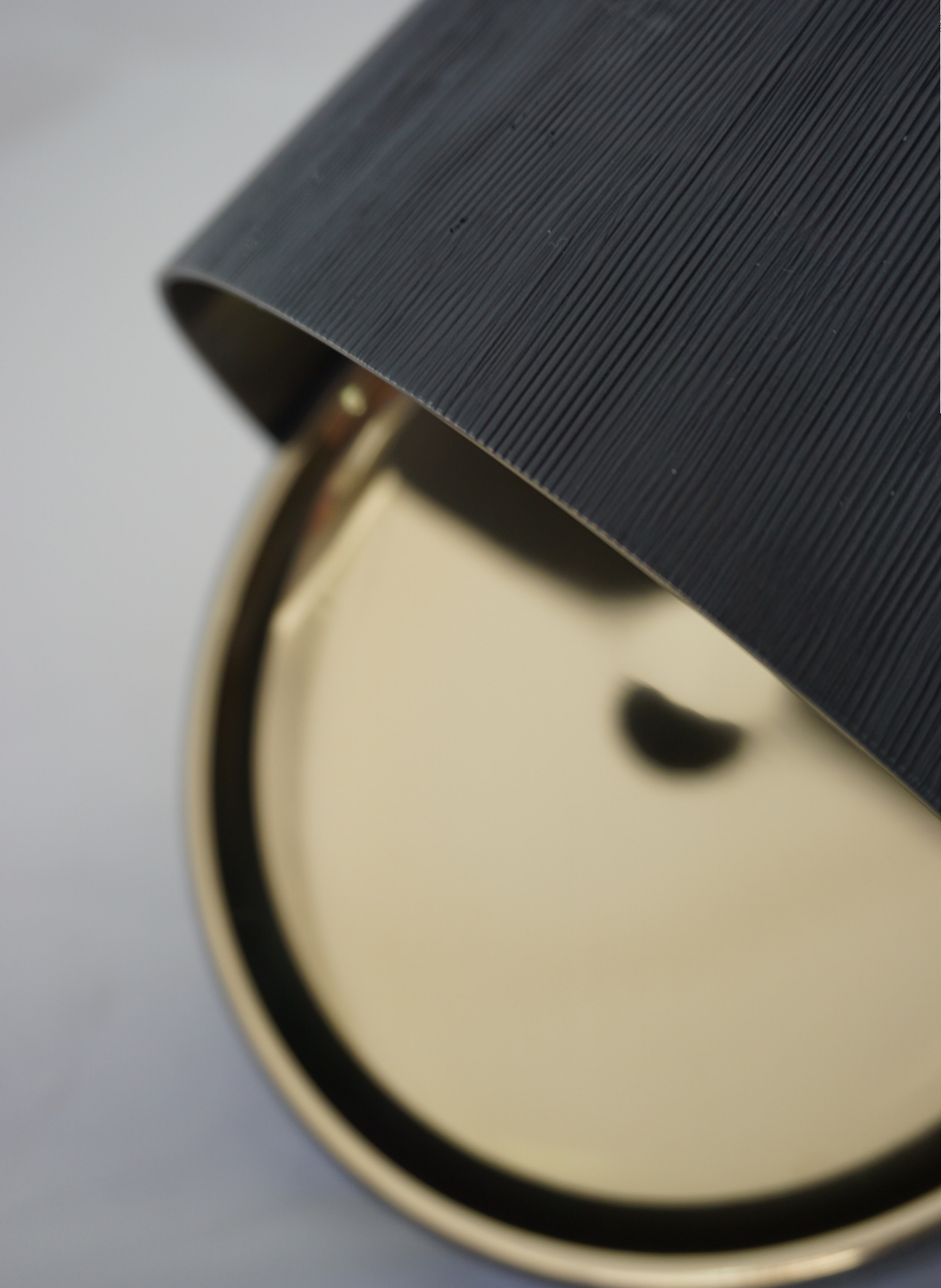


•pioppo
•midollino
intrecciato



•fresatura
CnC
•intreccio a
mano





Marco Riccardi

•Borgo Vittorio, 28/29 (RM)
•06 687 7092
•info@bronzarte.it



Davide Arcodia

•davide.arcodia@gmail.com

Nicolò Bocale

•nico.bocale@gmail.com

Alessio Colzani

•colzania@gmail.com

Pope

Diffusore passivo che sfrutta le proprietà acustiche dell'ottone amplificando le onde sonore prodotte da un dispositivo esterno. Il prodotto è composto da una parte mobile che rivela la base, nella quale è celata una parabola in grado di direzionare il suono verso l'ascoltatore.



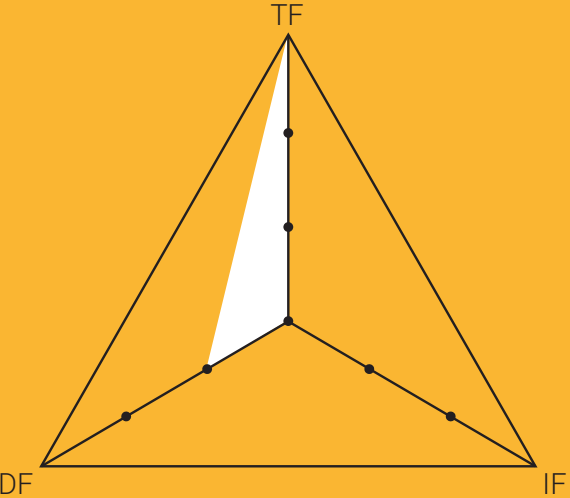
•277mm
•240mm
•170mm

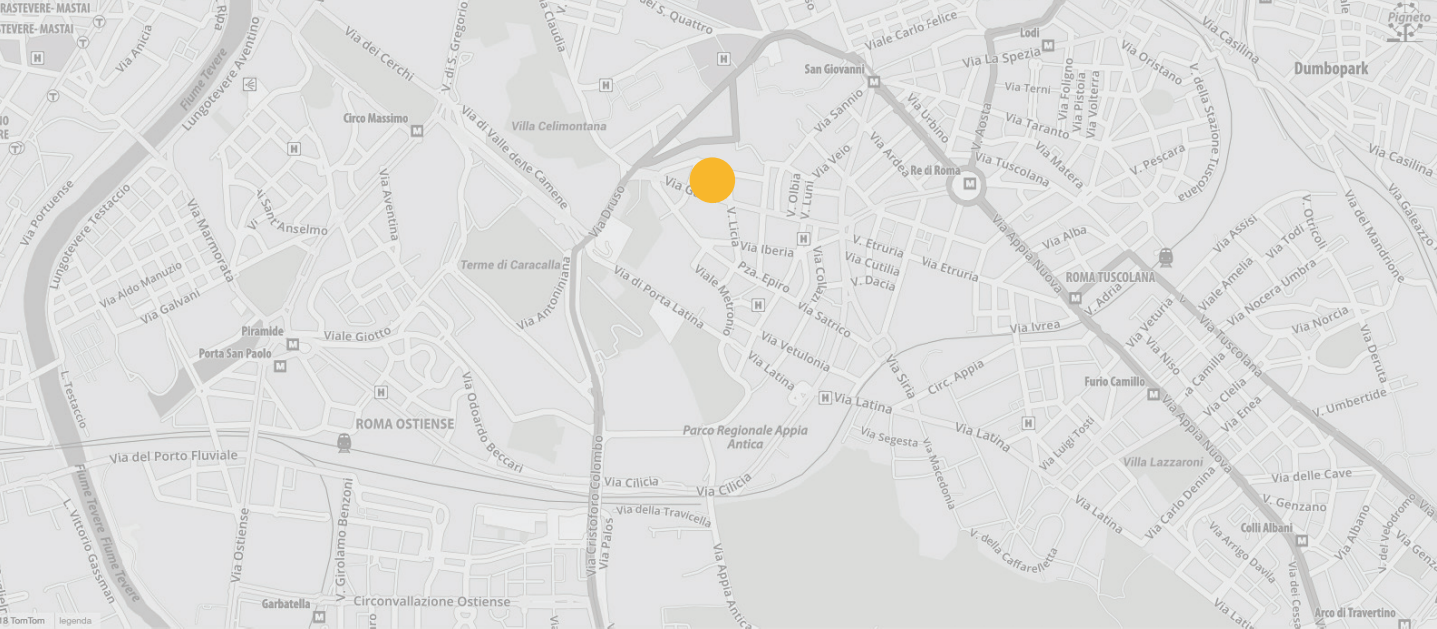


•bronzo



•stampa 3d
•fusione
•saldatura
•levigatura
•brunitura





MANU Factory

•Via Anglona, 1D (RM)
•06 7707 1495
•info@manufactory.it



Nicolas Apostolico

•nick81909@hotmail.it

Edoardo D’Olimpio

•edo.d’olimpio@gmail.com

O’nella

O’nella è un set di otto mattonelle realizzate a mano e pensato per essere perfettamente adattabile in ciascun ambiente in cui viene usato. Le caratteristiche principali sono la componibilità, la personalizzazione e la possibilità di utilizzare ciascuna mattonella in maniera differente.



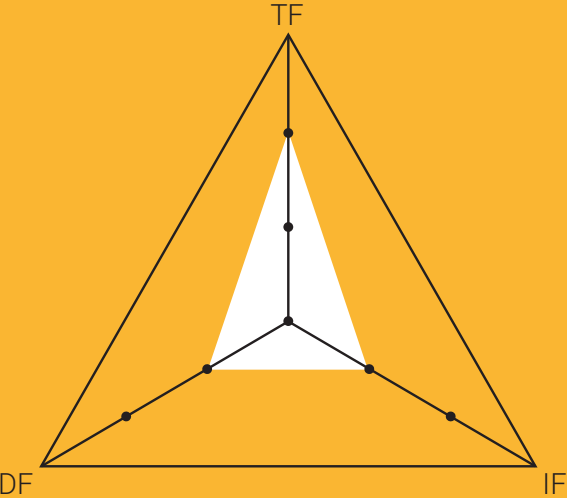
•400x200mm
•200x200mm
•10mm

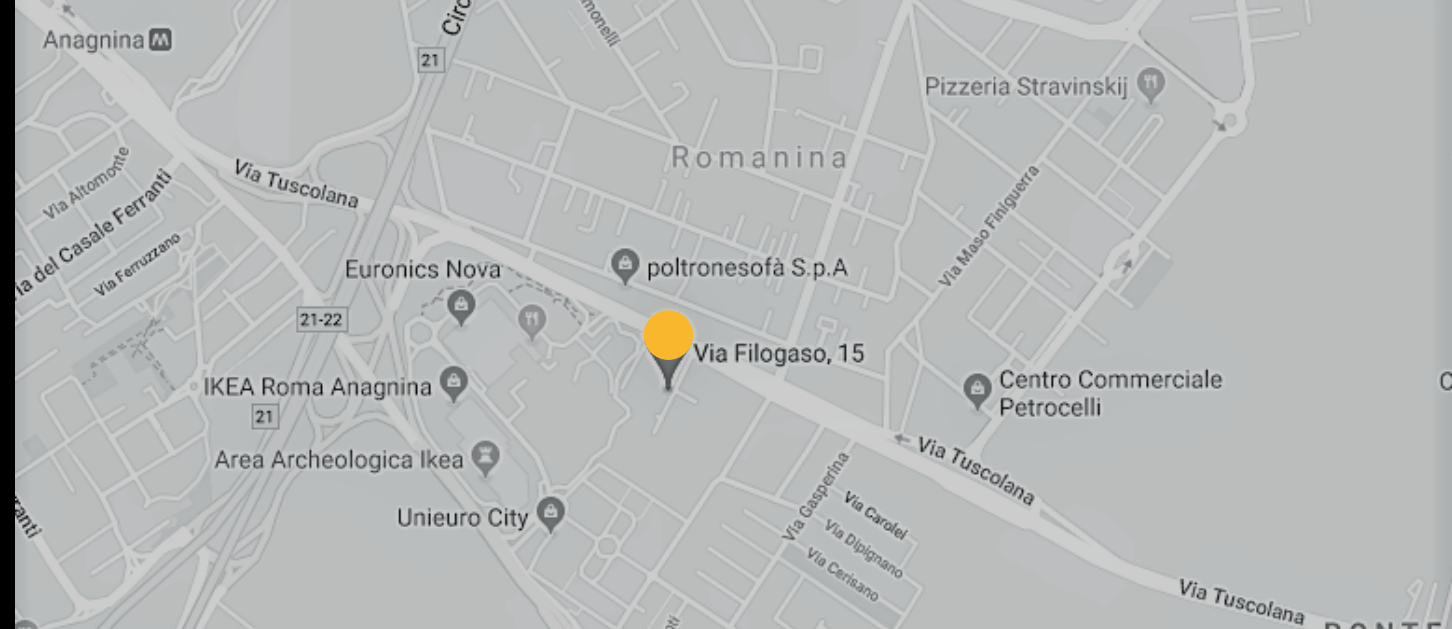


•argilla



•lavorazione a lastre; con ingobbi; con cristallina
•laser cut





Stefania Federici

•Via Logaso, 15 (RM)
•347 302 9463
•stefaniafede@gmail.com



Luca Botticelli

•lucabotticelli3m@gmail.com

Sophie Bouabid

•sophiebouabid@yahoo.it

Arianna Davini

•arianna.davini@virgilio.it

Needle

Il progetto consiste nel dare l'opportunità al cliente di realizzare un capo d'abbigliamento personalizzato. Il disegno del capo avviene sul sito web dove sono presenti le varie componenti e i vari tessuti offerti, 100% ecosostenibili e vegan-ok. In seguito la modellista disegna il cartamodello del capo e ne taglia le componenti che potranno essere cuciti da lui stesso grazie alle linee di cucitura.



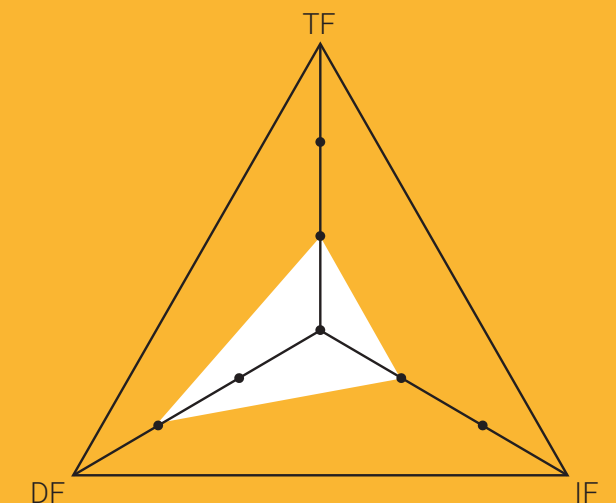
•fatto su misura della persona



•fibra d'arancia
•ecotec
•pelle di vino
•nuo leaf
•canapa
•fibra di soya
•lino

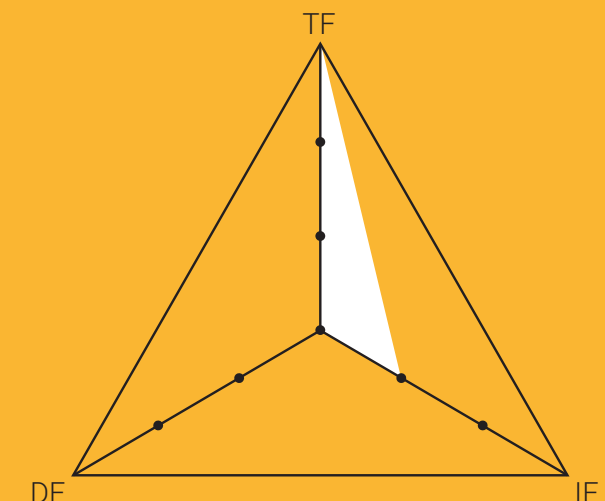


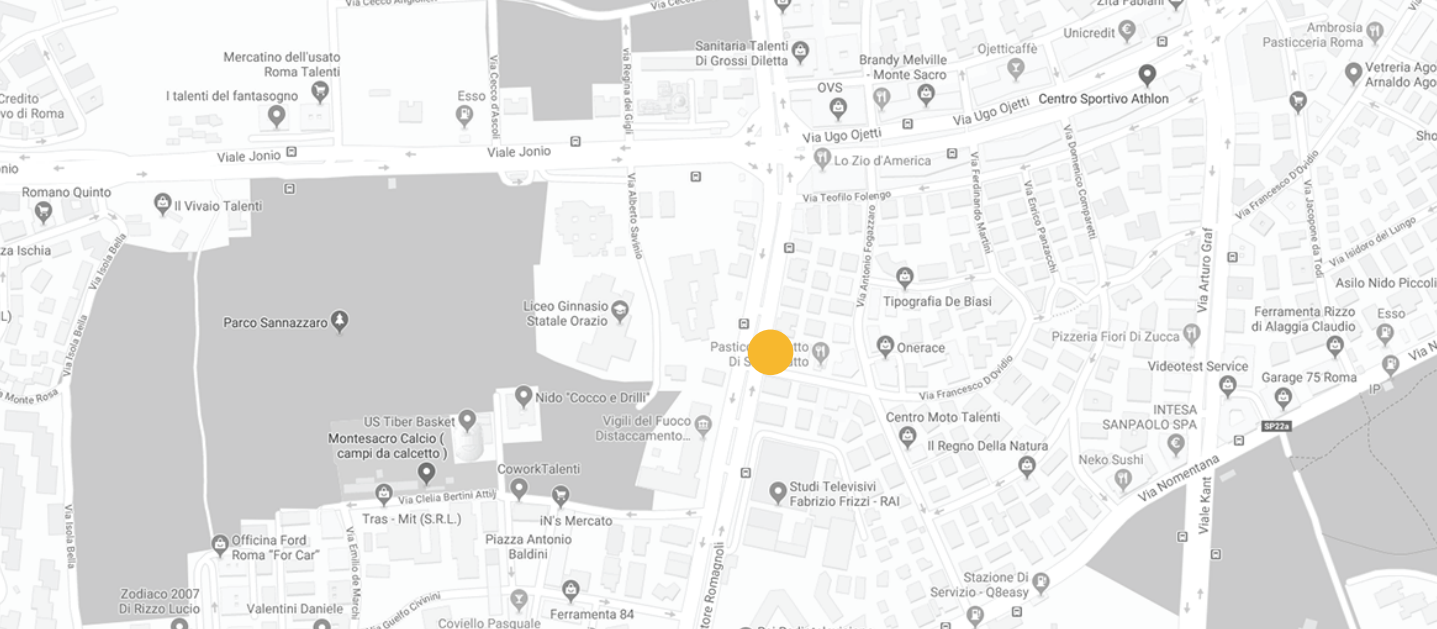
•cartamodello
•taglio del tessuto
•cucitura (opzionale)



[illegible]

- saldatura
- laccatura
- intreccio a mano





Paolo De Pieri

•Via Romagnoli, 48/50 (RM)
•06 8680 1423
•depieriorafo@libero.it



Luca Andreoni

•lucaandreoni01@gmail.com

Giacomo Corvina

•giacomo.corvina@gmail.com

Francesco De Luca

fmdpdeluca@gmail.com

Core

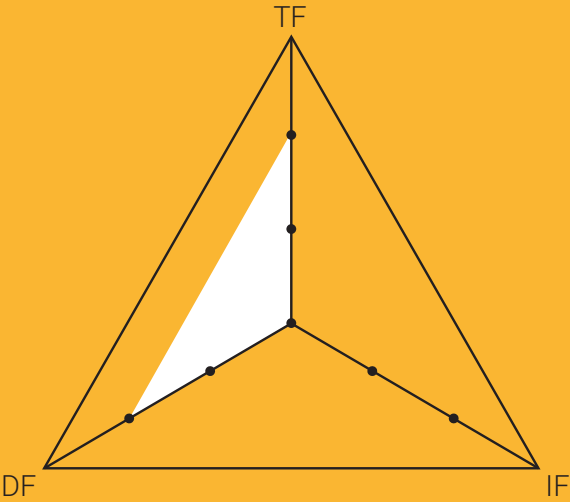
L'ecg è il punto di partenza del gioiello si sviluppa dalla forma stilizzata del battito cardiaco, poi saldata all' interno di una corona ovale.
L' oggetto finale è un pezzo unico personalizzabile che unisce un processo di fabbricazione digitale con le tecniche artigianali di gioielleria.

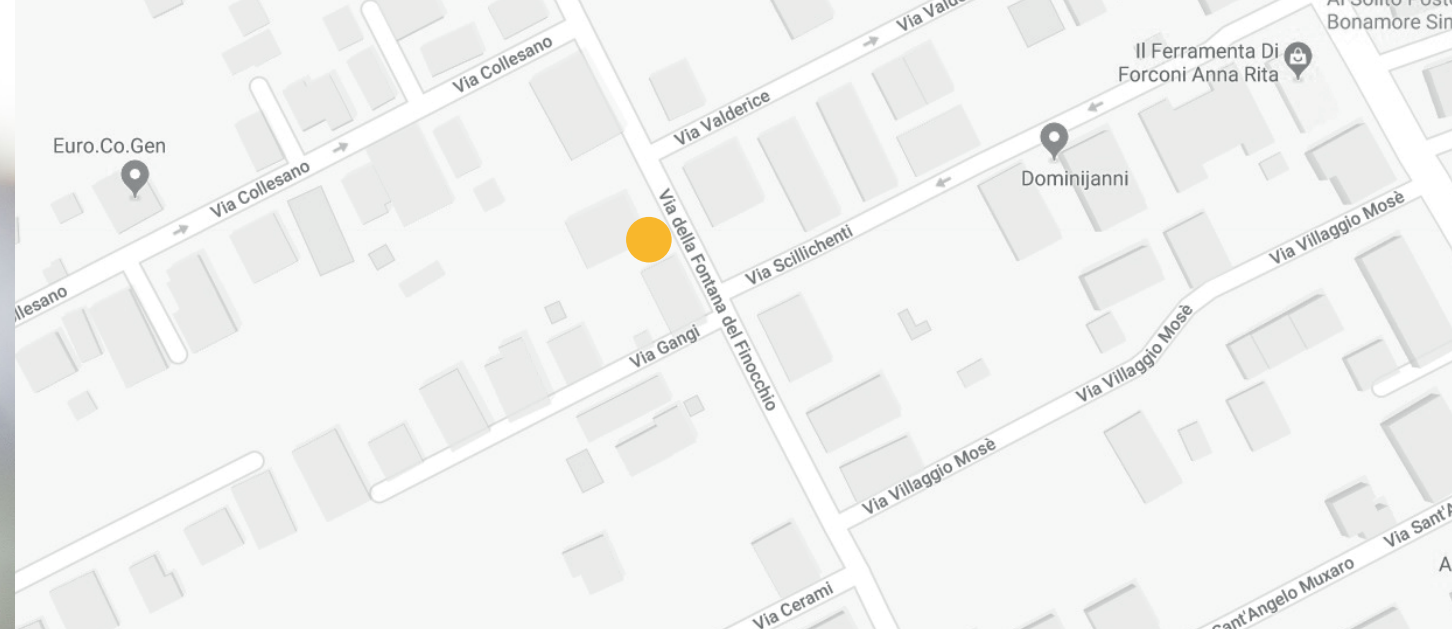


•58mm
•30mm
•7.8mm

•oro
•argento
•rubino

•stampa 3d
•microfusione
•saldatura
•incassatura
•brunitura
•satinatura





**Giada Cellupica
Jessica Tarantino**

•Via Fontana del Finocchio,
36 (RM)
•3391336938
•cellupicagiada@gmail.com



Chiara Amodio

•amodio.1791755@studenti.
uniroma1.it

Francesca Cimini

•cimini.1771664@studenti.uniro-
ma1.it

Vouse

Vouse è una pietra sintetica, unicamente personale e realizzata convertendo il Codice Fiscale dell'utente in un solido concreto, stampabile in 3D, e che viene poi incastonato dall'artigiano per creare diverse tipologie di gioiello o accessorio.



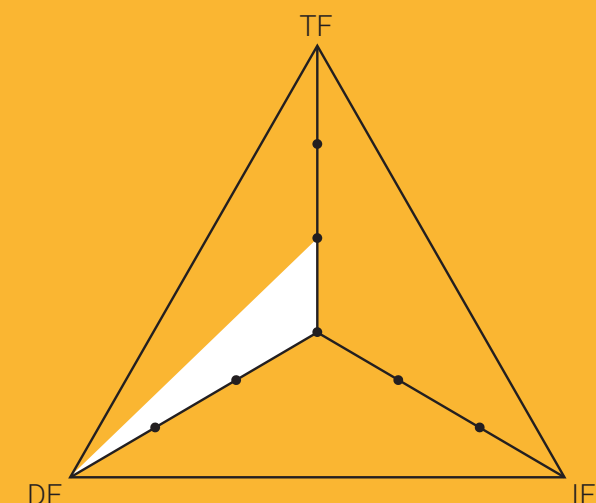
•15mm
•15mm
•15mm

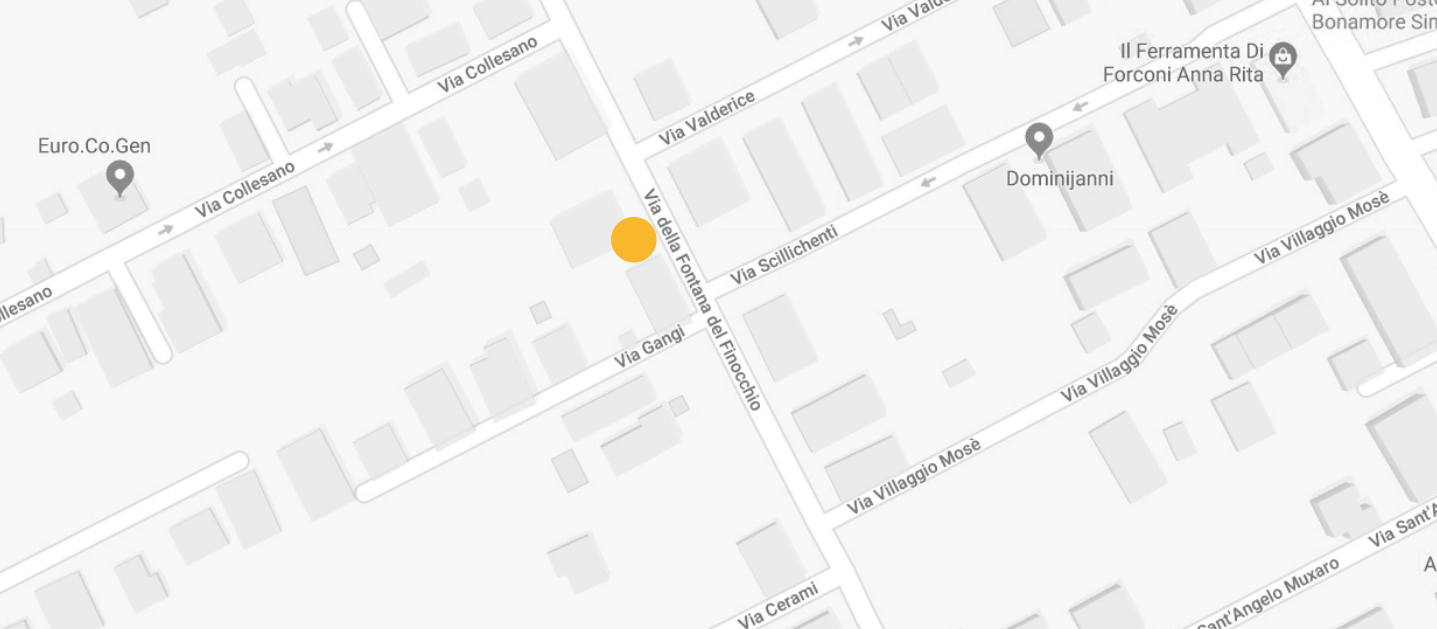


•vetro
sintetico
•argento
•resina



•stampa 3d
•fusione
•saldatura
•lucidatura
•incisione





WeBag

•Via Fontana del Finocchio,
36 (RM)
•3391336938
•cellupicagiada@gmail.com



Chiara BarbuZZi

•barbuZZi.1747504@studenti.
uniroma1.it

Domenico Frattolillo

•frattolillo.1745056@studenti.
uniroma1.it

Triptych

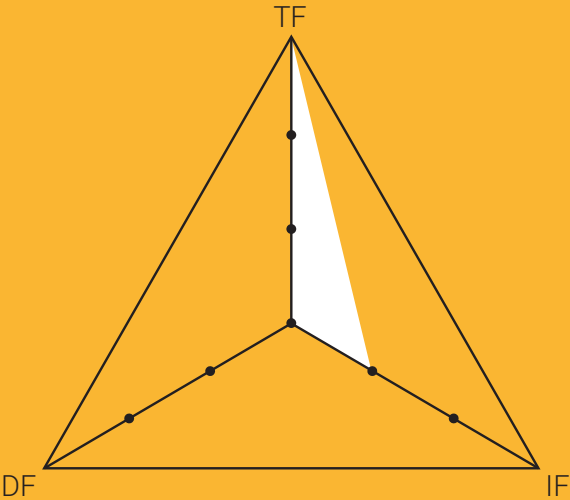
Il progetto parte dal riuso degli scarti di pelletteria. Le parti sono unite tra di loro per comporre una cesta/contenitore di forma cilindrica e disponibile in più misure. La quantità di colori ed i tipi di cuoio sono a discrezione dei singoli utenti, permettendo un alto livello di personalizzazione.

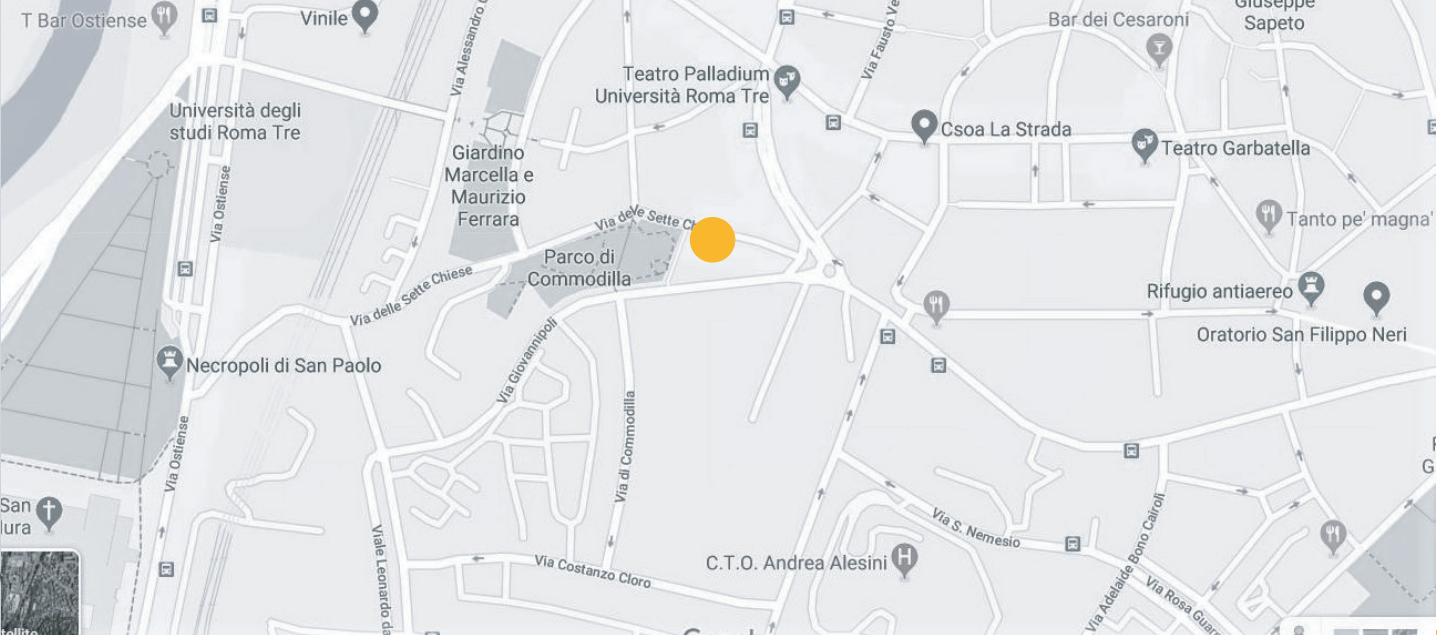


•Ø300mm
•Ø200mm
•Ø400mm
•400mm

•pelle
•cartone
•cuoio
•cotone

•taglio
•incollaggio
•cucitura





Overload Guitar

•Via delle Sette Chiese, 60 (RM)
•392 160 6228
•info@overloadguitars.com



Fabrizio Belluccini

•belluccini.1819623@studenti.uniroma1.it

Agostino Bernardo

•bernardo.1798209@studenti.uniroma1.it

Rossella Donnici

•donnici.1763611@studenti.uniroma1.it

Minerva

Chitarra elettrica composta da un corpo centrale e da un kit aggiuntivo. Il corpo centrale si divide in body e manico, i kit invece possono avere diverse configurazioni di pick-up, in base al genere musicale che si vuole suonare. Punto di forza del progetto è proprio la possibilità di cambiare facilmente suono, quindi tipologia di chitarra, semplicemente sostituendo il kit.



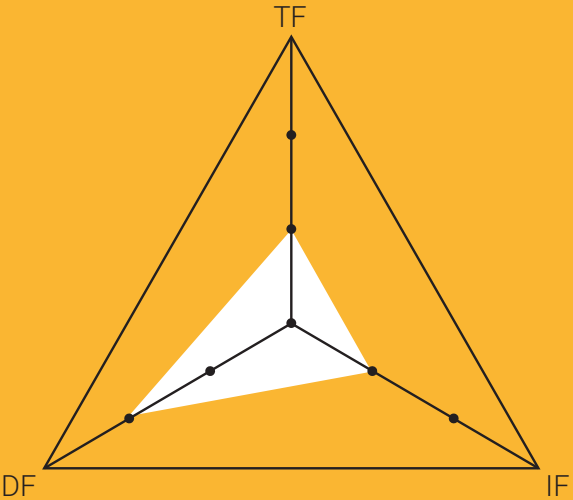
- 900mm
- 320mm
- 50mm



- frassino
- acero
- palissandro



- taglio
- fresatura
- incollaggio
- levigatura
- verniciatura



CAPITOLO 7 REFERENCES

Bibliografia

Alessi, C. (2014). *Dopo gli anni Zero: il nuovo design italiano*. Gius. Laterza & Figli Spa.

Alessi, C. (2016). *Design senza designer*. Gius. Laterza & Figli Spa.

Alison, F., & De Fusco, R. (2018). *Artidesign*.

Anderson, C. (2007). *La coda lunga. Da un mercato di massa a una massa di mercati*. Torino: Codice Edizioni.(Ed. orig. *The long tail: Why the future of business is selling less of more*. New York (NY): Hyperion, 2006).

Anderson, C. (2013). *Makers: per una nuova rivoluzione industriale*. Etas.

Ångeslevä, J., Nicenboim, I., Wunderling, J., & Lindlbauer, D. (2016). *Beyond Prototyping. Rethink! Prototyping*, 161-199.

Arquilla, V., Bianchini, M., & Maffei, S. (2011). *Designer= Enterprise. A new policy for the growth of the next Italian design*. In 2011 Tsinghua–DMI International Design Management Symposium (pp. 177-184). Innovation and Design Management Association Limited (IDMA).

Ayres, P. (2008). *Adopting an adaptive architecture*. Aarhus School of Architecture.

Baichtal, J. (2011). *Hack this: 24 incredible hackerspace projects from the DIY movement*. New Riders.

Bernal, M., Haymaker, J. R., & Eastman, C. (2015). *On the role of computational support for designers in action*. Design Studies, 41, 163-182.

Besold, T. R., Schorlemmer, M., & Smaill, A. (Eds.). (2015). *Computational creativity research: towards creative machines*.

Bettiol, M., & Micelli, S. (2014). *The hidden side of design: The relevance of artisanship*. Design Issues, 30(1), 7-18.

Bianchini, M., & Maffei, S. (2013). *Microproduction everywhere: Defining the boundaries of the emerging new distributed microproduction socio-technical paradigm*. Social Frontiers: The Next Edge of Social Innovation Research, 1-21.

Bianchini, M., Bolzan, P., & Maffei, S. (2014). *(re) Designing Design Labs. Processes and Places for a New Generation of Designers= Enterprises*. DS 81: Proceedings of NordDesign 2014, Espoo, Finland 27-29th August 2014, 085-094.

Bohnacker, H., Gross, B., Laub, J., & Lazzeroni, C. (2012). *Generative design: visualize, program, and create with processing*. Princeton Architectural Press.

Branfman, S. (2009). *Mastering raku: Making ware, glazes, building kilns, firing*. Sterling Publishing Company, Inc.

Brown, T. (2009). *Change by design*.

Brugnaro, Giulio; Hanna, Sean. 2017. *Adaptive Robotic Training Methods for Subtractive Manufacturing*. In ACADIA 2017: DISCIPLINES & DISRUPTION [Proceedings of the 37th Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA). Cambridge, MA 2-4 November, 2017]: 164-169.

Burkett, I. (2016). *Co-Design for Social Good*.

Burkhardt, F., Cassese, G., Chiapponi, M., Deganello, P., Deni, M., Germak, C., ... & Musio-Sale, M. (2019). *La didattica*

- del design in Italia*. Gangemi Editore spa.
- Bush, V. (1945) *As We May Think*, Atlantic Monthly 176 (July 1945) pp. 101–108.
- Callicott, N. (2000). *Computer aided manufacture in architecture: changing the craft of design*.
- Camburn, B., & Wood, K. (2018). *Principles of maker and DIY fabrication: Enabling design prototypes at low cost*. Design Studies, 58, 63-88.
- Carelli, A., Bianchini, M., & Arquilla, V. (2014, June). *The ‘Makers contradiction’. The shift from a counterculture driven DIY production to a new form of DIY-consumption*. In 5th STS Italia Conference A Matter of Design: Making Society through Science and Technology. Seminaarijulkaisu kesäkuu
- Chiapponi, M. (1999). *Cultura sociale del prodotto: nuove frontiere per il disegno industriale* (Vol. 273). Feltrinelli Editore.
- City, F. (2018). *Fab city whitepaper: Locally productive, globally connected selfsufficient cities*.
- Colton, S., & Wiggins, G. A. (2012, August). *Computational creativity: The final frontier?*. In Proceedings of the 20th European conference on artificial intelligence (pp. 21-26). IOS Press.
- Confartigianato (2015). *Manifesto dei nuovi artigiani del XXI secolo all’interno di DNA*, Digital Network Artigiano dei Giovani Imprenditori di Confartigianato. Milano.
- Cumpiano, W., & Natelson, J. D. (1994). *Guitarmaking: Tradition and Technology: a Complete Reference for the Design & Construction of the Steel-string Folk Guitar & the Classical Guitar*. Chronicle Books.
- Cybernetic Serendipity, 1968, Institute of Contemporary Arts (ICA), London, UK, from 2 August to 20 October 1968 [http://cyberneticserendipity.net]. Exhibition catalogue “*Cybernetic Serendipity: the computer and the arts*”, Edited by Jasia Reichardt, Studio International Special Issue, London, 1968.
- Dalocchio, M., Ricci, A., & Vizzaccaro, M. (2015). *Costruttori di valore: il ruolo strategico del saper fare italiano*.
- De Ciantis, C. (2017). *The Gait of Hephaistos: Crooked Perceptions into Consilience*. Revista ICON014 Revista científica de Comunicación y Tecnologías emergentes, 15(1), 128-148.
- Di Lucchio, L. (2005). *Il design delle strategie: un modello interpretativo della relazione tra design e impresa*. Gangemi.
- Engelbart, D. C. (1962) *Augmenting human intellect: A conceptual framework*, Stanford Research Institute, Tech. Rep., October 1962, p 5.
- Engelbart, D. C. (1968). *The mother of all demos*.
- Engelbart, D.C. (1986) “*The Augmented Knowledge Workshop*” at ACM Conference on the History of Personal Workstations, held at Rickey’s Hyatt House in Palo Alto, California, January 9–10, 1986.
- F. Dal Falco (a cura di) (2013). *Lezioni di Design. Manuale didattico di economia, sociologia, comunicazione, scienze esatte, ingegneria, scienze umanistiche, tecnologie, laboratori per il design*. ROMA:Rdesignpress, ISBN: 978-88-89819-30-2
- Fiebrink, R. A. (2011). *Real-time human interaction with supervised learning algorithms for music composition and performance*. Princeton University.
- Findeli, A. (2001). *Rethinking design education for the 21st century: Theoretical, methodological, and ethical discussion*. Design issues, 17(1), 5-17.
- Flaviano, C., Di Lucchio, L., Imbesi, L., Acocella, A., Scodeller, D., & DAL BUONO, V. (2017). *Design & Industry 4.0 Revolution*.
- Frei, O., & Rasch, B. (1995). *Finding Form: towards an architecture of the minimal*. Axel Menges, Stuttgart.
- Fuller, B. (1969) *Ideas and Integrities: A Spontaneous Autobiographical Disclosure* (New York: Macmillan).
- Gebhardt, A. (2011). *Understanding additive manufacturing*.
- Gershenfeld, N. (2008). *Fab: the coming revolution on your desktop--from personal computers to personal fabrication*.
- Gershenfeld, N. (2012). *How to make almost anything: The digital fabrication revolution*. Foreign Aff., 91, 43..
- Glynn, R., & Sheil, B. (Eds.). (2017). *Fabricate 2011: Making Digital Architecture*.
- Gold, R. (2007). *The plenitude: Creativity, innovation, and making stuff*. Mit Press.
- Granelli, A. (2010). *Artigiani del digitale. Come creare valore con le nuove tecnologie*.
- Hatch, M. (2013). *The maker movement manifesto: Rules for innovation in the new world of crafters, hackers, and tinkers*. McGraw Hill Professional.
- Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (2006). *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design* (Architectural Design March April 2006 Vol. 76 No. 2).
- Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (Eds.). (2004). *Emergence: morphogenetic design strategies*. Chichester: Wiley-Academy
- Herwig, U., Satrapi, P., & Schönfeldt-Lecuona, C. (2003). *Using the international 10-20 EEG system for positioning of transcranial magnetic stimulation*. Brain topography, 16(2), 95-99.
- Heskett, J., & Giorgetta, A. (1980). *Industrial design* (p. 72). London: Thames and Hudson.
- Hopkinson, N., Hague, R., & Dickens, P. (Eds.). (2006). *Rapid manufacturing: an industrial revolution for the digital age*. John Wiley & Sons.
- Hull, C. (2012). *On stereolithography*. Virtual and Physical Prototyping, 7(3), 177-177.
- Innella, G., & Jaworska, A. (2019) *The Handmade Thinking (The Machine Whisperer)* in Rodgers, P. A., & Bremner, C. (Eds.). (2019). *Design School: After Boundaries and Disciplines*. Vernon Press.
- Iwamoto, L. (2013). *Digital fabrications: architectural and material techniques*. Princeton Architectural Press.
- J. Laiserin, Digital Environments for Early Design: *Form-Making versus Form-Finding*. First international conference on Critical Digital: What Matters(s)?, Harvard University Graduate School of Design, 2008.
- Jacobs, J. J. M. (2013). *Algorithmic craft: the synthesis of computational design, digital fabrication, and hand craft* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Khabazi, Z. (2010). *Generative algorithms using grasshopper*. Zubin Mohamed Khabazi.
- Kolarevic, B. (2000). *Digital morphogenesis and computational architectures. Construindo n (o) espaço digital*, PROURB, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 98-103.
- Koren, L. (1994). *Wabi-sabi for Artists. Designers, Poets and Philosophers*, Stone Bridge, Berkeley.
- Krish, S. (2011). *A practical generative design method*. Computer-Aided Design, 43(1), 88-100.
- Kuhn, T. (1996). *The structure of scientific revolutions* ((original 1962)).
- La Pietra, U. (1988). *Argomenti per un dizionario del design italiano* (Vol. 4). Franco Angeli.
- Laiserin, J. (2008, April). *Digital environments for early design: Form-making versus form-finding*. In First International Conference on Critical Digital: What Matters (s) (pp. 235-242).
- Lancet Neurology Journal* (2019) - DOI:https://doi.org/10.1016/S1474-4422(19)30321-7
- Lebedev, M. A., & Nicolelis, M. A. (2006). *Brain–machine interfaces: past, present and future*. TRENDS in Neurosciences, 29(9), 536-546.

- Lévi-Strauss, C. (1962). *La pensée sauvage* (Vol. 289). Paris: Plon.
- Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The new world of 3D printing*. John Wiley & Sons.
- Llach, D. C. (2015). *Builders of the Vision: Software and the Imagination of Design*. Routledge.
- Maffei, S. (2013). *Autoproduzione oggi*. OP. CIT., 146, 1-5.
- Maffei, S. (2016). *Il superamento della mano*.
- Malakuczi, V. (2019). *Computational by Design, towards a co-designed material culture. A design tool*. The Design Journal, 22(sup1), 1235-1248.
- Maldonado, T. (2003). *Disegno industriale: un riesame* (Vol. 142). Feltrinelli Editore.
- Marano, A. (2019, February). *Cross-fertilization to innovate the guitar design*. In International Conference on Intelligent Human Systems Integration (pp. 679-683). Springer, Cham.
- McCormack, J. 2017. *Niche Constructing Drawing Robots. Computational Intelligence in Music, Sound, Art and Design*, pages 201-216.
- McCormack, J. (2017). *Working with generative systems: an artistic perspective*. Electronic Visualisation and the Arts (EVA 2017), 213-218.
- McCormack, J. (2018). *Improvisational creativity*. Digital Creativity, 29(1), 1-4.
- McCormack, J., & d’Inverno, M. (2012). *Computers and creativity: The road ahead*. In Computers and creativity (pp. 421-424). Springer, Berlin, Heidelberg.
- McCormack, J., Dorin, A., & Innocent, T. (2004). *Generative design: a paradigm for design research*. Proceedings of Futureground, Design Research Society, Melbourne.
- Menges, A. (2006). *Instrumental geometry*. Architectural Design, 76(2), 42-53.
- Menges, A. (2007). *Computational morphogenesis: Integral form generation and materialization processes*.
- Menges, A. (2012). *Material computation: Higher integration in morphogenetic design*. Architectural Design, 82(2), 14-21.
- Menges, A. (2013). *Morphospaces of robotic fabrication*. In Rob| Arch 2012 (pp. 28-47). Springer, Vienna.
- Micelli, S. (2011). *Futuro artigiano: l’innovazione nelle mani degli italiani*. Marsilio Editori Spa.
- Micelli, S., GUBITTA, P., BOSCATO, S., & POZZAN, A. (2016). *Fare è innovare*. Il mulino.
- Morris, W. (2002). *News from nowhere*. Broadview Press.
- Morrish, J. (Ed.). (2002). *The classical guitar: a complete history*. Hal Leonard Corporation.
- Moses, D. A., Leonard, M. K., Makin, J. G., & Chang, E. F. (2019). *Real-time decoding of question-and-answer speech dialogue using human cortical activity*. Nature communications, 10(1), 3096.
- Munari, B. (1966). *Arte come mestiere*. Bari: Laterza.
- Musk, E. (2019). *An integrated brain-machine interface platform with thousands of channels*. BioRxiv, 703801.
- Oldenburg, R. (1999). *The great good place: Cafes, coffee shops, bookstores, bars, hair salons, and other hangouts at the heart of a community*. Da Capo Press.
- Osborn, S. (2013). *Makers at Work: Folks Reinventing the World One Object Or Idea at a Time*. Apress.
- Oxman N., *Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Association for Computer Aided Design in Architecture (ACADIA)*, San Francisco 18-21 October 2012, pp. 19-20, 2013.
- Oxman, N., & Rosenberg, J. L. (2007). *Material-based design computation an inquiry into digital simulation of physical material properties as design generators*. International journal of architectural computing, 5(1), 25-44.
- Oxman, N., Hensel, M., Menges, A., Hensel, M., Menges, A., & Weinstock, M. (2006). *Performative Morphologies: The Vertical Helix. Differentiation and Performance: Multi-Performance Architectures and Modulated Environments*, 66-67.
- Palestini, C., & Basso, A. (2018, May). *Parametric Architecture and Representation, the Experiments of Luigi Moretti*. In Congreso Internacional de Expresión Gráfica Arquitectónica (pp. 183-198). Springer, Cham.
- Pieters, R., & Winiger, S. (2016). *On the Democratisation & Escalation of Creativity*. Medium. com.
- Pine, B. J., Pine, J., & Pine, B. J. I. (1993). *Mass customization: the new frontier in business competition*. Harvard business press.
- Polato, P., & Sacchi, G. (1991). *Il modello nel design: la bottega di Giovanni Sacchi* (Vol. 4040). HOEPLI EDITORE.
- Pye, D., & Pye, D. (1968). *The nature and art of workmanship* (Vol. 4). Cambridge: Cambridge University Press.
- Ranieri, M. “ *Le mani per pensare*”. *Per un approccio etico, creativo e partecipativo alla Scuola digitale “The hands for thinking”*. Looking for an Ethical, Creative and Participatory Approach to Digital School.
- Read, H. (1937). *Art and society*.
- Reas, C., & McWilliams, C. (2010). *Lust. Form+ Code in design, art, and architecture*.
- Reiser, J., & Umemoto, N. (2006). *Atlas of novel tectonics*. Princeton Architectural Press.
- Ries, E. (2011). *The lean startup: How today’s entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*. Crown Books.
- Roudavski, S. (2009). *Towards morphogenesis in architecture*. International journal of architectural computing, 7(3), 345-374.
- Sanders, E. B. N., & Stappers, P. J. (2008). *Co-creation and the new landscapes of design*. Co-design, 4(1), 5-18.
- Schumacher, P. (2008) *Parametricism as Style—Parametricist Manifesto*, London, Presented and discussed at the Dark Side Club, 11th Architecture Biennale, Venice 2008.
- Schumacher, P. (2010) *The Parametricist Epoch: Let the Style Wars Begin*, In: AJ—The Architects’ Journal, Number 16, Volume 231, 06. May 2010.
- Schumacher, P. (2014) *The Historical Pertinence of Parametricism and the Prospect of a Free Market Urban Order*, In: Poole, M. and Shvartzberg, M. The Politics of Parametricism, Digital Technologies in Architecture, Bloomsbury Academic, New York 2015.
- Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.
- Scolaro, M. (2010). *Educare artisti o formare artigiani. Dal dibattito tra le arti alla nascita del design*. In Meyer, S. A. (Ed.). (2010). “ Scarsi mezzi e fermezza d’intenti”: Umberto Preziosi e l’Istituto d’Arte di Fermo. Livi.
- Sears, Andrew; Jacko, Julie A. (2007). *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies and Emerging Applications*, Second Edition. CRC Press. p 5.
- Sennett, R. (2008). *The craftsman*. Yale University Press.
- Sheil, R., Menges, A., Glynn, R., & Skavara, M. (2017). *Fabricate*.
- Shneiderman, B. (2000). *Creating creativity: user interfaces for supporting innovation*. ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 7(1), 114-138.
- Soddu, C. (1999). *Generative Art*. In Proceedings of the 1999 Milan International Conference Generative Art (Vol. 99).

Soddu, C. (2001). *Argenia, naturalty in industrial design*. In 3rd International Conference on Computer-Aided industrial Design and Conceptual Design, CAID&CD'2000, International Academic Publisher, orld Publisher Corporation (pp. 1-9). International Academic Publisher.

Soddu, C. (2002). *New naturalty: a generative approach to art and design*. Leonardo, 35(3), 291-294.

Soetsu, Y. (1972). *The unknown craftsman: A Japanese insight into beauty*. Kondasha International LTD.

Sutherland, I. E. (1964). *Sketchpad a man-machine graphical communication system*. Simulation, 2(5), R-3.

Tedeschi, A. (2014). *AAD algorithms-aided design. Parametric strategies using grasshopper*. Potenza, Italy: Edizioni Le Penseur.

Toffler, A., & Alvin, T. (1980). *The third wave* (Vol. 484). New York: Bantam books.

Tosi F, Lotti G., Follesa S., Rinaldi A. (2015). *Artigianato Design Innovazione. Le nuove prospettive del saper fare*. R Small. Didapress.

Turner, F. (2009). *R. Buckminster Fuller. New Views on R. Buckminster Fuller*, 146-159.

Verganti, R. (2009). *Design-driven innovation*. Boston, MA.

Von Hippel, E. (2005) *Democratizing innovation*, MIT Press, Boston.

Wallace, J., Dearden, A., & Fisher, T. (2007). *The significant other: the value of jewellery in the conception, design and experience of body focused digital devices*. Ai & Society, 22(1), 53-62

Williams H and McOwan PW (2016) *Manufacturing Magic and Computational Creativity*. Front. Psychol. 7:855. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00855

Wu, J., Qian, X., & Wang, M. Y. (2019). Advances in generative design.

Zanetti, C., Seregini, M., Bianchini, M., & Taisch, M. (2015, September). *A production system model for Mini-Factories and last mile production approach*. In 2015 IEEE 1st International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a better tomorrow (RTSI) (pp. 451-456). IEEE.

Zellner, P. (1999). *Hybrid space: new forms in digital architecture*. London: Thames & Hudson.

Sitografia

http://jesses.co.tt/_projects/ChristieCafka.html
<http://oliviervanherpt.com/>
<http://portfolio.taekyeom.com/index.html>
<http://wdo.org/about/definition/>
http://www.alvin-lucier-film.com/solo_performer.html
http://www.barryxball.com/works_year.php?year=2009&work=39
<http://www.co-de-it.com/wordpress/>
<http://www.matteonasini.com/work/sparkling-matter/>
<http://www.michael-eden.com/>
<http://www.nendo.jp/en/works/ceramic-speaker-2/>
<https://ani-liu.com/mind-in-machine>
<https://brainsonart.wordpress.com/2013/10/18/brain-poetry-2013/>
<https://fitchwork.com/pages/superpattern>
<https://n-e-r-v-o-u-s.com/>
<https://www.dezeen.com/2019/08/01/studio-jose-de-la-o-vase-brainwaves/>
<https://www.domusweb.it/en/design/gallery/2019/08/19/brain-signals-to-design-everyday-life-products.html>
<https://www.facebook.com/claycodedesign/>
<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture>
<https://www.irisvanherpen.com/haute-couture/escapism>
<https://www.medaarch.com/centro-artigianato-digitale>
https://www.ogilvy.it/portfolio/nutella_come_te_non_c_e_nessuno.html

Ringraziamenti

*“Tu butti qualcosa in mare, e il mare
(dopo un tempo imprecisato e imprecisabile)
te lo restituisce lavorato, finito, levigato, lucido o opaco secondo il
materiale, e anche bagnato perché così i colori sono più vivaci”.
- Bruno Munari, Il mare come artigiano, 1995*

Si ringrazia il dio Efesto, protettore di artigiani e designer, per non avermi mai fatto venir meno la voglia di fare.