

# NAUTICA +++

## Additive Manufacturing in campo Navale e Nautico

a cura di  
**Arianna Bionda | Andrea Ratti**

**| NAUTICA +++ | Additive Manufacturing in campo Navale e**  
**Nautico | Arianna Bionda | Andrea Ratti**

ISBN: 978-88-95651-11-8

© 2017 Edizioni POLI.design

via Durando 38/A – 20158 Milano  
Tel. 02-2399.7206 Fax 02-2399.5970  
e-mail: polidesign@mail.polimi.it  
internet: www.polidesign.net  
www.polidesign.net/myd

.....

Prima edizione novembre 2017

Stampa Litogì – Milano

Immagine di copertina tratta dal  
progetto STRIPS di Giorgio Nuzzo.  
<https://vimeo.com/237939631>



This Work is Licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike CC BY-NC-SA For full details on the license, go to: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>





# Indice

|                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Prefazione</b> | 9 |
|-------------------|---|

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Yacht Design e fabbricazione digitale: le nuove sfide di Industria 4.0</b> | 13 |
| Arianna Bionda, Andrea Ratti                                                  |    |

## Sezione 1 | Tecnologie per le applicazioni industriali

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1. Additive Manufacturing: le opportunità e le prospettive industriali</b>                                       | 23 |
| Alessandro Salmi                                                                                                    |    |
| <b>2. Stampa 3d e Robotica. Nuovi orizzonti per la manifattura di compositi a fibra lunga</b>                       | 33 |
| Marinella Levi                                                                                                      |    |
| <b>3. Potenzialità e applicazioni delle tecnologie additive per la produzione di componenti e sistemi metallici</b> | 45 |
| Maurizio Vedani                                                                                                     |    |
| <b>4. Materializzare prodotti: stampa 3d &amp; design</b>                                                           | 55 |
| Patrizia Bolzan                                                                                                     |    |

## Sezione 2 | Esperienze in campo Nautico

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>5. Le barche si stampano. L'Additive Manufacturing come scenario futuro della progettazione nautica</b> | 73 |
| Paolo Nazzarro, Guido Zannoni                                                                              |    |

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>6. Fabbricazione additiva nel comparto nautico: nuovi scenari e prospettive</b>                | 83 |
| Daniele Cevola                                                                                    |    |
| <b>7. Tecnologie free-form per la realizzazione di componenti nautici tramite fiber placement</b> | 93 |
| Francesco Braghin                                                                                 |    |

### Sezione 3 | Esperienze in campo Navale

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>8. Esperienze e soluzioni di Additive Manufacturing nel settore navale</b>                   | 105 |
| Riccardo Profumo                                                                                |     |
| <b>9. Additive Manufacturing: le esperienze Fincantieri-Unige su modelli in scala di eliche</b> | 115 |
| Luigi Grossi, Tancredi Cilia, Daniele Bertetta                                                  |     |
| <b>10. Potenzialità delle tecnologie Additive in contesti in via di sviluppo</b>                | 125 |
| Davide Telleschi                                                                                |     |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| <b>Bibliografia</b> | 135 |
|---------------------|-----|

## 4

### **Materializzare prodotti: stampa 3d & design**

*Patrizia Bolzan*

*Politecnico di Milano, Dipartimento di Design | [patrizia.bolzan@polimi.it](mailto:patrizia.bolzan@polimi.it) | [www.polifactory.polimi.it](http://www.polifactory.polimi.it)*

La recente diffusione dell'Additive Manufacturing nei più diversificati ambiti e la crescente attenzione attorno al tema della fabbricazione digitale è un fenomeno che interessa le discipline del design sotto diversi aspetti. Grazie alla sua diffusione, infatti, gli oggetti realizzati con questa tecnologia possono essere molteplici e la tecnologia stessa si pensa possa arrivare a raggiungere ogni casa, in un processo di democratizzazione diffusa. Attorno al tema della stampa 3D stanno montando fenomeni di semplificazione e mistificazione, causati da un generalizzato interesse mediatico. Tale interesse non restituisce né il grande potenziale di trasformazione che questa tecnologia incorpora e offre, né un quadro delle reali prospettive di sviluppo che essa avrà all'interno dei processi di progettazione, produzione e distribuzione. Cosa si costruisce? Perché utilizzare strategie di stampa additiva per la costruzione di oggetti? Come la manifattura additiva influenza il modo in cui questi sono progettati e realizzati? Queste sono solo alcune delle domande che ad oggi non hanno ancora

trovato una risposta condivisa.

L'Additive Manufacturing ha un ruolo riconfiguratorio e ricombinatorio all'interno dei processi progettuali e produttivi, tuttavia è errato pensare che tale processo possa andare a sostituirsi ad altre forme di progettazione e produzione, ma si affianca ad esse, integrandole ed espandendole. Con queste premesse, l'utilizzo di macchine per la fabbricazione additiva, può produrre non solo materializzazione di oggetti (Rapid Prototyping) ma anche e, forse, soprattutto manifattura (Direct Digital Manufacturing). La manifattura prevede una filiera organizzata in cui essa si inserisce con i suoi ruoli produttivi; gli strumenti di 3D printing, invece, vengono impiegati per verifiche dimensionali, test, prove e valutazioni non solo dal punto di vista produttivo ma anche da quello progettuale. Attraverso analisi di tipo tecnico e progettuale è possibile definire il cambiamento in atto, anticipando le applicazioni future.

Le radici del fenomeno che sta portando ad un profondo cambiamento del sistema produttivo che si sta spostando da una produzione di massa a una micro-produzione diffusa possono essere identificate in tre driver: la democratizzazione delle tecnologie, la personalizzazione della produzione e l'indipendenza della distribuzione. Questi driver hanno generato una profusione del movimento dei Maker, rendendo possibile la diffusione esponenziale delle macchine di stampa 3D non professionali e la possibilità di fabbricare in ogni luogo e su differente scala dimensionale oggetti, anche di uso domestico.

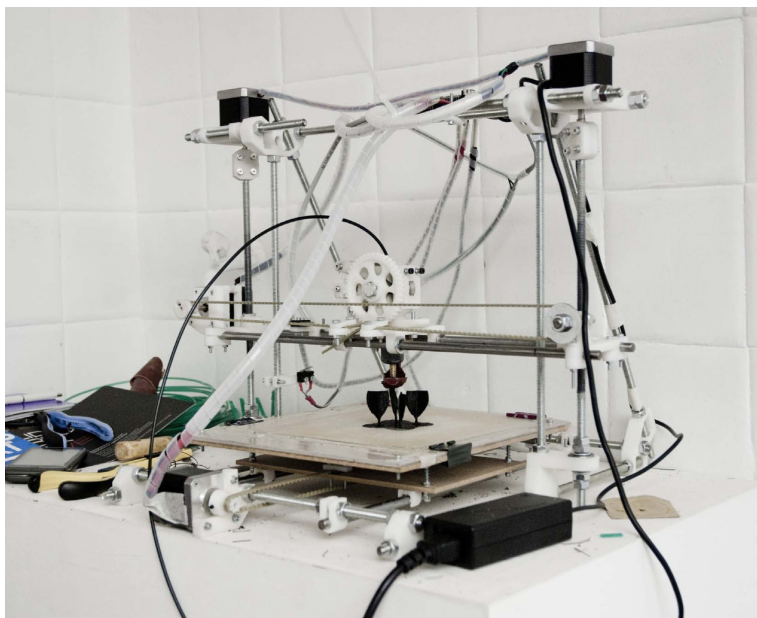
Fare le cose – diventare un maker – significa prima di tutto riappropriarsi di quella delega che, più o meno un secolo fa, abbiamo concesso senza troppi pensieri alle grandi aziende che stavano rapidamente imponendosi sul mercato grazie alle tecniche del marketing e della comunicazione (S. Micelli, 2011).

I modelli applicativi delle tecnologie di Additive Manufacturing, a oggi presenti, necessitano di una ulteriore comprensione e discussione per poter essere adeguatamente adottati nelle pratiche di design. La fabbricazione additiva ha portato a un cambiamento del rapporto tra progettista e tecnologia. Da un approccio di tipo individuale alla costituzione e valorizzazione di gruppi collettivi in un'ottica di adozione dell'approccio open

source. In questa crescita di gruppi collettivi, il design ha giocato spesso un ruolo rilevante nel definire, più che una rivoluzione, un'evoluzione industriale. L'Additive Manufacturing, infatti, non si può sviluppare in modo maturo esclusivamente attraverso un processo competitivo rispetto alle tecnologie precedenti, ma è chiamato ad effettuare un lavoro in continuità, dove le tecnologie innovative sono spesso impiegate per migliorare e implementare progetti condivisi. Nel processo di generazione dell'Additive Manufacturing non è talvolta la tecnologia in sé a essere determinante in senso assoluto sulle performance del prodotto stesso, ma il pensiero alla base della creazione di oggetti. Le macchine per l'Additive Manufacturing possono in potenza sono in grado di realizzare qualsiasi pezzo, ma non per questo è sensato sceglierle come strumento materializzante assoluto; piuttosto è maggiormente auspicabile ragionare su geometrie progettate per questo tipo di tecnologia, che tengano in considerazione i suoi gradi di libertà ma anche i vincoli progettuali propri delle stampanti 3D. In tal senso, una geometria ben progettata per una specifica tecnologia additiva potrà essere sempre realizzata da qualsiasi stampante 3D che adotta lo stesso tipo di logica produttiva. Ne sono un esempio le macchine entry-level presenti nelle abitazioni, nei laboratori condivisi e nei centri di ricerca di numerosi atenei. Esse, lontane dall'immagine delle prime stampanti della famiglia Rep-rap, fornite per pezzi e assemblabili dagli stessi utenti, conservano le stesse peculiarità proprie del processo di fabbricazione additiva, con un graduale e costante miglioramento delle performance.

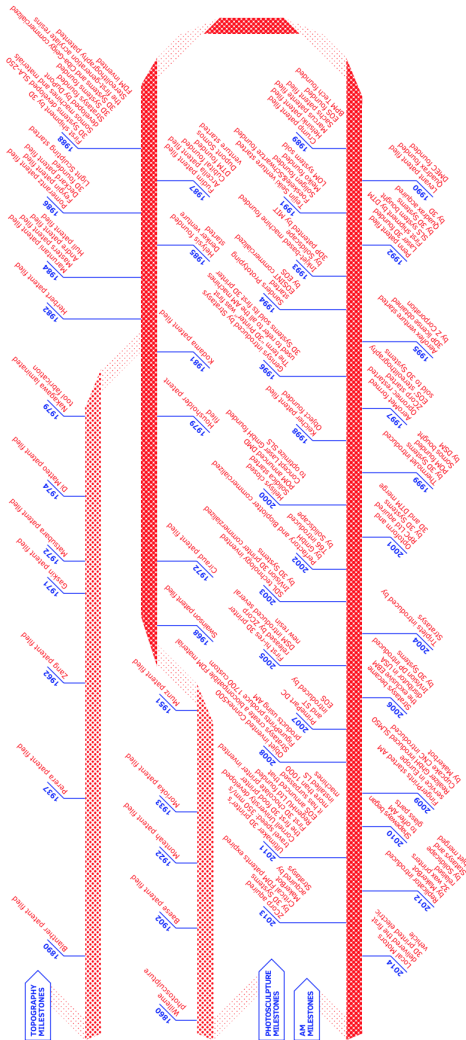
Nella storia dei processi e delle tecnologie di Additive Manufacturing notiamo come negli ultimi cinque anni i milestone siano molto più numerosi rispetto ai primi sviluppi che fanno derivare queste tecniche da altre strategie produttive quali la topografia e la scansione tridimensionale.

Ad oggi tutte le tecnologie di fabbricazione additiva possono essere ricondotte a due famiglie principali, che si differenziano in base al principio produttivo che adottano: Binding processes (SLA, SLS, LOM, 3DP) e Deposition Processes (FDM, FFF, Paste Ext, Moly/Multi Jet). Si deve però considerare come questa divisione non sia del tutto rappresentativa della lettura che si può effettuare sul fenomeno della produzione di macchine



[4. 1]

*Rep-rap modello Galileo by Kentstrapper, 2011*



[4.2]

## Storia dell'Additive Manufacturing

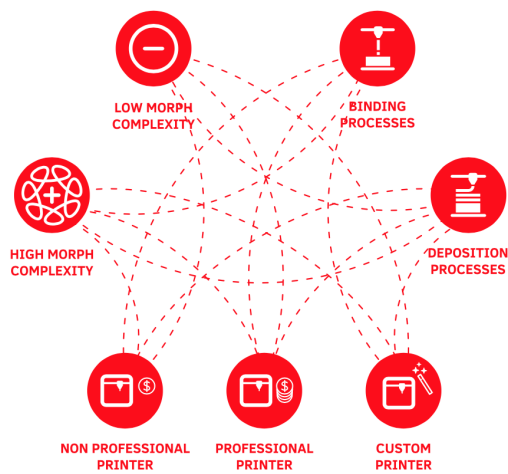
per la stampa 3D. Nonostante l'elevata flessibilità offerta da queste macchine, una nicchia di utenti mostra la necessità o la volontà di possedere una stampante 3D personalizzata; alle apparecchiature personali o professionali, spesso nel modo della ricerca accademica, industriale, ma anche artistica e artigianale, si assiste allo sviluppo di differenti dispositivi personalizzati per serie limitate e prodotti/materiali specifici. Si può, dunque, asserire che esistano altre due famiglie di stampanti personalizzate: stampanti 3D commerciali modificate e riadattate (haked printers) oppure altri strumenti trasformati a hoc per la fabbricazione additiva (switch into printers).

All'interno di questa varietà tipologica, non solo di attrezzatura ma anche di processi produttivi e materiali, possiamo compiere un'analisi preliminare per una valutazione della congruità tra prodotto/serie di prodotto da realizzare e strategia produttiva. Vi è uno strumento, il 3D Printing Compass, che consente di mettere in relazione la dimensione dell'oggetto con la complessità della sua geometria, il valore economico, l'ampiezza della serie di produzione e l'obiettivo funzionale o estetico dell'elemento. Nelle tecniche di Additive Manufacturing è, infatti, importante valutare il tipo di relazioni fisiognomiche alla base della creazione di un oggetto. I processi del design divengono così necessari per la comprensione di questi rapporti in chiave proiettiva, non esclusivamente dal punto di vista tecnologico ed economico.

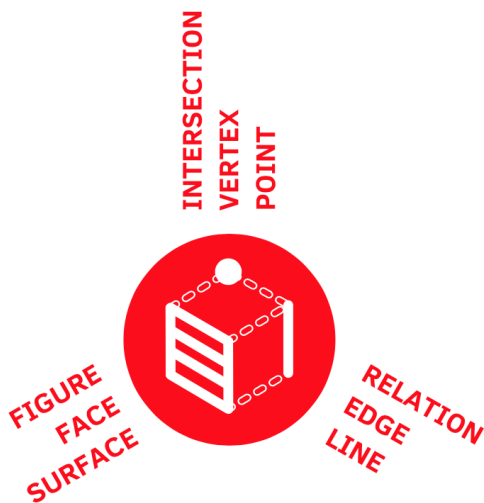
Per definire le regole progettuali di materializzazione attraverso queste tecnologie è possibile fare un parallelismo con gli elementi base della geometria descrittiva — punto, linea, superficie — e scomporre un qualunque oggetto in un sistema di elementi funzionali etici primari e secondari, le intersezioni fra gli stessi. Facendo una trasposizione tra questa disciplina e il processo di creazione di oggetti attraverso l'Additive Manufacturing, si può presumere che i punti diventino le articolazioni o giunti, le linee gli scheletri e le superfici le pelli. Inoltre, la combinazione di più elementi base può creare sottoinsiemi: pareti, apparati e organi, fino alla costituzione della totalità dei corpi.

| PART SIZE                                                                                                                                                | PART COMPLEXITY                                                                                                                                                       | PROJECT VALUE                                                                       | SERIES SIZE                                                                                                                                            | PURPOSE                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <div><div>+</div><div></div><div>Ping pong ball</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div></div><div>Many or difficult undercuts</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>&lt; €1000</div><div>Less than €1.000</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div></div><div>100 to 1.000</div><div>-</div></div> | <div><div>+</div><div>FUNCTIONAL</div><div>Only functional</div><div>-</div></div> |

[4 . 3]  
3D Printing Compass (<http://3dprintbarometer.com>)



[4 . 4]  
Schema delle relazioni fisiognomiche



[4. 5]

*Architettura di prodotto. Secondo la geometria descrittiva, esistono tre tipi di costruzioni: di figure, di relazioni, di intersezioni. (Migliari, 2007)*

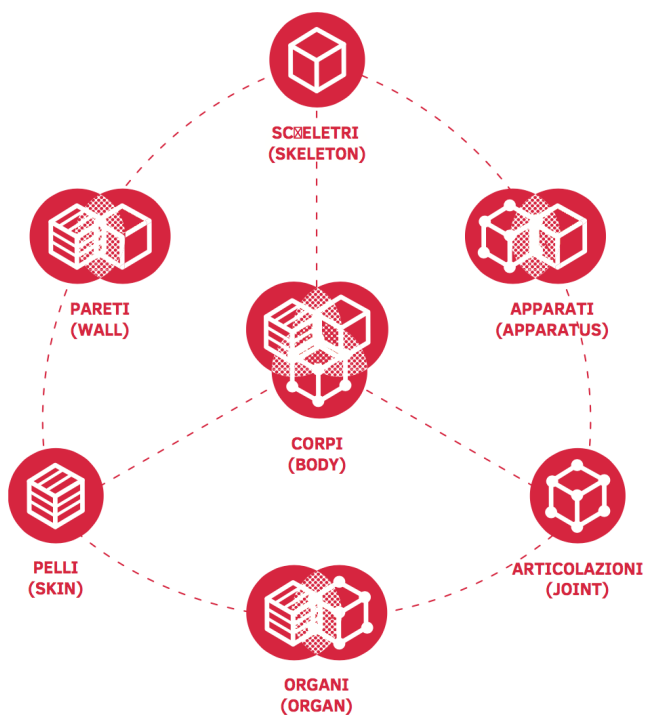
Le pelli stampate in 3D sono gli elementi di perimetro o di rivestimento di un oggetto, che possono apparire in forma unitaria o ripetuta. Possono auto-connettersi o necessitare di ulteriori elementi di giunzione e non hanno caratteristiche strutturali. Quest'ultime sono invece proprie degli scheletri, elementi in grado di definire il volume teorico di un oggetto. Possono presentarsi singolarmente o costruire relazioni fra altri e raramente sono in grado di costruire relazioni fra essi stessi. Le articolazioni sono i casi che più si manifestano nell'ambito dell'Additive Manufacturing e abilitano alla connessione fra due o più parti in tutte le direzioni dello spazio tridimensionale. Possono stabilire inoltre relazioni connettive con uno o più giunti della stessa tipologia e materiale o di differente carattere. Questa divisione in elementi base è, per sua natura, modulare. La somma di essi crea gli elementi secondari.

- Pareti (pelle+scheletro): strutture portanti con caratteristiche estetiche o di delimitazione spaziale effettiva. Esse non presentano caratteristiche intrinseche di cinematismo o di flessibilità.
- Apparat (scheletro+articolazione): strutture reticolari fisse, snodabili o estensibili. Hanno una naturale predisposizione alla modularità, tipica dei giunti, aumentando i gradi di libertà grazie alla componente strutturale degli scheletri.
- Organi (articolazione+pelle): sistemi privi di caratteristiche strutturali, che amplificano l'estensione in modo libero nello spazio. Sono tipicamente configurazioni in cui materiali rigidi si snodano ed eseguono cinematismi adattivi.

L'insieme di tutti gli elementi base all'interno di un unico oggetto per somma o integrazione crea i corpi. Si tratta prevalentemente di artefatti complessi, totalmente realizzati attraverso la manifattura additiva.

Nel relazionarsi alla tecnologia Additive Manufacturing il design traccia nuove possibili applicazioni, influenzando gli sviluppi futuri. Il designer non è un semplice utilizzatore, ma diventa un influenzatore dello sviluppo tecnologico e applicativo.

La possibilità di modificare sia l'estetica di prodotti che le relazioni stesse tra manifattura e progettisti, ha spinto i designer a creare forme impossibili per la fabbricazione tradizionale e a sperimentare filiere prodotti-



[4. 6]

*Architettura di prodotto: pelli, scheletri, articolazioni, pareti, apparati, organi e corpi.*



**PARETI  
(WALL)**



**APPARATI  
(APPARATUS)**



**ORGANI  
(ORGAN)**

[4 . 7]

*Architettura di prodotto: pelli, scheletri, articolazioni, pareti, apparati, organi e corpi.*

ve insolite. Tra le prime applicazioni sperimentali più rappresentative di questa nuova ricerca troviamo l'iniziativa Analogico Digitale, organizzata presso lo spazio di Galleria Lambrate a Milano in occasione del Salone del Mobile 2012. In questa mostra sono stati presentati sette elementi d'arredo progettati e realizzati grazie alla commistione tra artigianato, design e tecnologie di fabbricazione digitale.

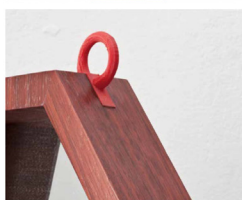
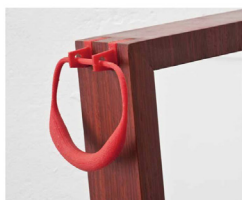
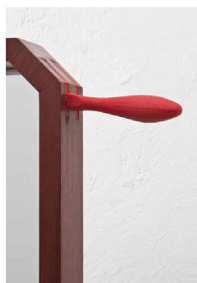
È interessante notare come l'impiego di tecnologie di manifattura additiva, spesso entry level, associato ad altre tecniche tradizionali di lavorazione di metallo, vetro e legno, crei elementi di arredo ibridi con funzioni aggiunte e complementari.

Un altro caso studio significativo, ospitato nuovamente nello spazio Subalterno della Galleria Lambrate a Milano, è Mondopasta — riflessioni sul tema della produzione artigianale ed industriale della pasta — predecessore delle iniziative di ricerca applicata dell'azienda alimentare Barilla proprio in questo settore. Anche in quest'occasione numerosi progettisti hanno preso parte all'iniziativa reinterpretando le tecnologie di fabbricazione digitale per creare tools di produzione personali e innovativi, o lavorando direttamente sugli impasti e le loro caratteristiche di colore e forma. Tra i progetti presentati che re-inventano approcci e strumenti per il mondo della pasta, vi è un progetto in cui, attraverso una macchina SLS, sono state realizzate delle rotelle per il taglio della pasta fatta in casa, con la possibilità di decorare la linea di taglio; un altro progetto ha creato una nuova tipologia di rulli per la macchina impastatrice Imperia funzionali alla generazione di spaghetti a sezione variabile, mettendo così fine al battibecco di numerose tavole: pasta al dente o troppo cotta? Inoltre, ancora in un altro progetto, la lasagna diventa supporto per la realizzazione di elementi decorativi con il nero di seppia, rubando il primato al cake design per la creazione di alimenti celebrativi; e ancora, in un'altra sperimentazione, lo spaghetti diviene unico e continuo attraverso la stampa 3d dell'impasto su un rocchetto girevole e automatizzato.

Questi esempi sono dimostrazione del ruolo chiave del designer a fianco di produttori ed ingegneri nell'applicazione sapiente della tecnologia in filiere produttive inusuali e nella creazione di prodotti e processi che anticipano le necessità e i bisogni futuri.



*Occasional Table. Andrea Gianni.*



*Antipodi. Simone Simonelli.*

[4 . 8]

*Selezione di progetti esposti in Analogico Digitale*



Žag. Alessandro Stabile



Stracottoaldente. Massimiliano Adami

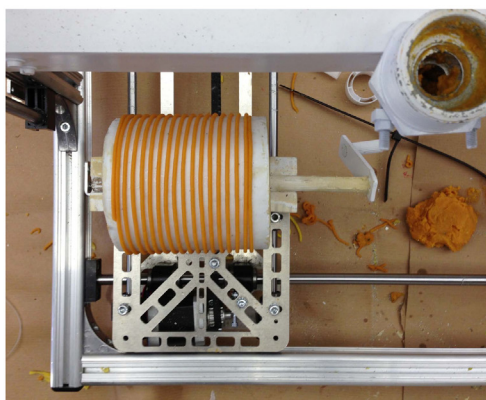
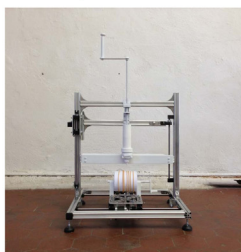


Nigredo. Tecnificio

[4. 9]

Selezione di progetti esposti in Mondopasta

*Uncut. Lanzavecchia + Wai*



[4 . 10]

*Selezione di progetti esposti in Mondopasta*