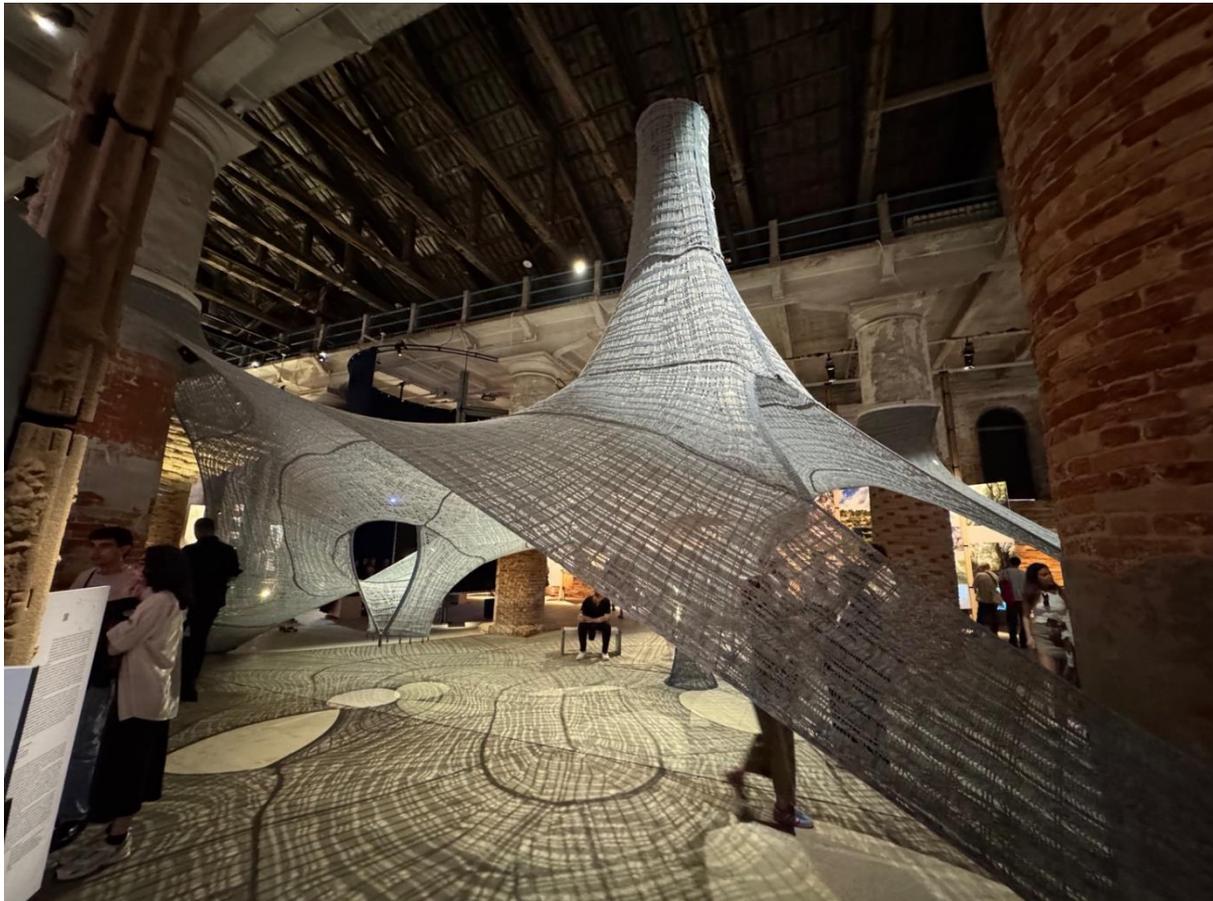


NECTO: la tensostruttura in maglia presentata alla Biennale 2025 rivoluziona la fabbricazione del calcestruzzo



Alla Biennale di Architettura 2025, **NECTO** si è distinta non solo per la sua eleganza formale ma anche per l'innovazione strutturale. Il progetto — firmato da **Mariana Popescu, The Green Eyl e SO-IL** — ha catturato l'attenzione del mondo dell'ingegneria non per essere l'ennesima tensostruttura, ma per il metodo rivoluzionario con cui è stata realizzata.

Nasce da un lungo lavoro accademico e professionale di Mariana Popescu, computational architect e structural designer, docente al **Politecnico di Delft**, ma con un passato anche all'**ETH** di Zurigo.

Una visita alla struttura installata alle Corderie dell'Arsenale, accompagnato dal dottorando **Valentin Lorenzen Da Silva**, TU Delft, mi chiarisce alcune domande che sorgono guardando da vicino il tessuto. In effetti si tratta di una **lavorazione "a maglia"** eseguita con filati simili a lana. La

lavorazione a maglia avviene con una apposita stampante che permette di annodare il tessuto lungo linee a doppia curvatura, grazie ad aperture (loop) che agevolano la deformazione del tessuto permettendo la creazione delle superficie curve. Il risultato è un materiale leggero, flessibile e adattabile, in grado di diventare forma e funzione.

La ricerca sui materiali, mi spiega Da Silva, sta proseguendo considerando l'uso di **fibre in PET** riciclata o **fibre di basalto**.

Verso una cassetta sostenibile

L'applicazione più interessante è quella per realizzare casseforme a basso costo ed elevata sostenibilità per il getto di strutture membranali in calcestruzzo più efficienti e biomorfe.

Il tessuto prodotto dalla stampante (una sorta di telaio digitale) viene rivestita con un polimero che la rende rigida e adatta alla funzione di cassaforma, a perdere (in tal caso essa rimane come superficie della struttura, un tema su cui Popescu ha già lavorato in passato esponendo alla Biennale del 2021, il "Meristem" wall), oppure "scasserata" e riutilizzata.

Non solo, in altre applicazioni il Politecnico ha incorporato nella tensostruttura a maglia dei connettori, pioli, che a loro volta sono di appoggio per una armatura a rete di rinforzo del calcestruzzo. Una esperienza già collaudata nel **KnitCrete Bridge**.

Interessante il workflow digitale per arrivare alla struttura finale. Da Silva, impegnato in questa struttura per la sua tesi di dottorato, ha utilizzato alcuni software disponibili sul mercato, come Grasshopper e alcuni suoi Plugin che permettono il **form finding**, tuttavia molto è stato programmato ad hoc via **python** per arrivare a comandare la stampante-telaio. Il workflow digitale è il punto critico per rendere questa tecnologia industrializzabile.

Nelle foto di dettaglio è possibile notare l'inserimento di cavi che seguono gli **principal stress axis**, ai quali è stata aggiunta una striscia led per sottolineare l'effetto con una scia luminosa.



Maglia impregnata con polimeri irrigidenti



Maglia intessuta con "loop" e cavi passanti

Tra le sfide, c'è la necessità di semplificare l'approccio di calcolo che coinvolge la non linearità geometrica della tensostruttura con la non linearità del materiale data dalla particolarità del tessuto. Di questo si sta occupando computazionalmente il **Prof. Pierluigi D'Acunto** al Politecnico di Monaco.

Le volte a conci di nuova generazione

Già nel 2016 il **Block Research Group** del Politecnico di Zurigo (ETZ) diretto da **Philippe Block**, con Mariana Popescu, aveva esposto alla quindicesima Biennale di Architettura, l'edizione del 2016 curata da Alejandro Aravena, una volta in pietra, soggetta a sola compressione, Armadillo Vault.



Photo: Iwan Baan

Composta da **399 elementi in pietra calcarea tagliati singolarmente**, non armata e assemblata senza l'uso di malta, la *Armadillo Vault* si estende per 16 metri con uno spessore minimo di soli 5 cm. La sua geometria funicolare le consente di sostenersi in pura compressione, mentre tiranti in tensione equilibrano la forma. Partendo dagli stessi principi strutturali e costruttivi delle cattedrali storiche in pietra, questa forma sofisticata è il risultato di nuovi metodi di progettazione e ottimizzazione basati sulla statica grafica computazionale, sviluppati dal gruppo di progetto.

I conci sono progettati per essere **planari all'esterno**, evitando così la necessità di capovolgere i blocchi durante la lavorazione. Le superfici interne, invece, presentano una **doppia curvatura ottenuta tramite sgrossatura**. Il materiale in eccesso lasciato da questo processo non è stato

fresato via, ma rimosso con martellatura, lasciando le scanalature risultanti come elemento espressivo.

Il prototipo di ponte ad arco

Ancora Popescu e Block, nel 2017, sviluppano il sistema di cassetatura **KnitCrete**, attraverso diversi prototipi. Il prototipo dimostrativo in scala ridotta di un ponte, **KnitBridge** una shell di circa 2 metri di luce per circa 3 mq di superficie a doppia curvatura, è stato realizzato utilizzando una struttura ibrida in tessuto a maglia, dotata di resistenza a flessione, che ha funzionato come cassetatura autoportante, permanente e priva di scarti. La cassetatura diventa autoportante irrigidendo il tessuto con un rivestimento in pasta cementizia appositamente formulata. Il tessuto, estremamente leggero, pesava solo circa 440 g (circa 900 g includendo le aste in fibra di vetro attivamente flessionali) ed era in grado di sostenere i 15 kg di rivestimento in pasta cementizia fresca del ponte in scala.

La progettazione computazionale e la fabbricazione del cassero tessile a maglia hanno permesso di includere dei canali per l'inserimento delle aste che lavorano a flessione, nastri di tensionamento e dettagli per il controllo degli spessori durante il getto del calcestruzzo.



Photo: Mariana Popescu



Photo: Demetris Shammas

KnitCrete Bridge una vera passerella pedonale

L'idea del ponte ad arco realizzato con **knit formwork** è stata ampliata con un prototipo interessante realizzato dal **Politecnico di Braunschweig**, Istituto di Progettazione Strutturale, in collaborazione col **Politecnico di Monaco (Prof. Pierluigi D'Acunto)** e il Politecnico di Delft con Mariana Popescu, che ha visto il supporto come sponsor della **Holcim Innovation Centre**.

Il progetto di ricerca aveva l'obiettivo di sviluppare un processo di fabbricazione, informato dalla progettazione, per strutture shell in calcestruzzo complesse tramite manifattura additiva, superando così le limitazioni dei metodi costruttivi tradizionali, come l'elevata intensità di casseforme e manodopera. A tal fine, si è cercato di integrare due tecnologie: la **casseratura permanente a maglia realizzata via CNC**, KnitCrete, e la **spruzzatura robotizzata del calcestruzzo**, Shotcrete 3D Printing (SC3DP).

Il flusso di lavoro proposto unisce entrambe le tecniche di fabbricazione digitale in un processo che integra la **definizione formale computazionale**, l'**applicazione robotizzata** dell'armatura in fibra, la **post-lavorazione CNC** del cemento indurito e la **verifica geometrica** di qualità per garantire precisione ed efficienza. Nell'ambito di un'iniziativa didattica basata sulla ricerca e

sviluppata tra università, questo concetto è stato applicato alla costruzione di un **ponte pedonale in scala reale**, servendo da dimostratore per valutare capacità e limiti del processo.



Photo: TUBS ITE



Photo: TUBS ITE



Photo: TUBS ITE



Photo: TUBS ITE

Foto ed informazioni su Armadillo Vault, KintCrete e KnitBridge tratte dal sito web della Prof.
Mariana Popescu www.maadpope.com