



Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021

Titolo del progetto: Morfogenesi computazionale di strutture spaziali 'verdi' mediante ottimizzazione strutturale per la promozione di uno sviluppo sostenibile e la riduzione degli impatti dei cambiamenti climatici

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:
INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA

Responsabile scientifico: Trovalusci Patrizia

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso Department of Wood Processing Department of Furniture, Design and Housing, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel University in Brno, Czech Republic. Prof. Milan Gaff
Azienda: WASP, Via Castelletto, 104, 48024 Massa Lombarda RA, Italy

Progetto di ricerca:

PAROLE CHIAVE: Carbon Neutral; Riuso; Upcycle; Materiali riciclati; Ottimizzazione strutturale; Algoritmi di calcolo; Sviluppo sostenibile; Strutture efficienti in termini di risorse; Edifici Green; Promozione di uno sviluppo sostenibile; Stampa 3D; Riduzione degli impatti del cambiamento climatico

SCOPO

Lo scopo di questo progetto è migliorare la progettazione strutturale concettuale tramite tecniche computazionali, almeno nelle prime fasi del processo di progettazione architettonica. Nella prima fase della progettazione, prevalentemente concettuale, il comportamento strutturale è principalmente influenzato dalla sua forma geometrica e i problemi sono associati alla complessità del loro processo di progettazione.

MOTIVAZIONE

L'interazione tra qualità estetica ed efficienza strutturale negli approcci computazionali è associata a una vasta gamma di opportunità di progettazione per generare strutture architettoniche creative, innovative, sostenibili e ad alte prestazioni attraverso specifici algoritmi. Esplorare queste opportunità è un compito impegnativo che richiede l'espansione della ricerca al di fuori degli attuali paradigmi di modellazione geometrica, anche mediante l'analisi dei sistemi naturali, per controllare la forma strutturale e le forze al fine di ridurre al minimo la quantità di materiale da utilizzare.

SOCIETÀ

WASP è un'azienda leader nella stampa 3D che produce e vende stampanti progettate e realizzate completamente in Italia. I materiali utilizzati per i filamenti sono prodotti sia con materiali sintetici che naturali come il legno. Recentemente hanno lanciato il progetto TECLA (Technology and CLAy), habitat ecosostenibile stampato in 3D con materiale composto da argilla, che si basa sul motto: "Dalla terra informe alla terra a forma di casa".

COOPERAZIONE INTERNAZIONALE

Il Prof. Milan Gaff è un noto e riconosciuto esperto di tecnologia del legno e materiali compositi in legno. Saranno disponibili strutture presso il gruppo di ricerca del Prof. Gaff per eseguire test e analisi su strutture e tecnologie del legno.

SVILUPPO

L'obiettivo principale è progettare e ottimizzare i sistemi strutturali per aumentarne l'efficienza strutturale e ridurre la quantità di materiale. Uno dei principali scopi dell'ottimizzazione strutturale è la minimizzazione dell'incidenza dell'organismo resistente riducendone il peso totale o riutilizzandone una parte, oppure, ancora, considerando materiali maggiormente sostenibili e, quindi, più ecologici. Progettare, oggi, 'strutture leggere' è di fondamentale importanza in considerazione degli effetti che gli edifici hanno sui cambiamenti climatici: le costruzioni contribuiscono per il 40% alle emissioni globali di gas serra. L'ambiente costruito ha un enorme impatto sui cambiamenti climatici. C'è una grande varietà nel modo in cui gli edifici si comportano e nella quantità di energia che usano, anche nell'energia e nelle emissioni associate ai materiali e alla costruzione; come per esempio l'energia e il carbonio già incorporati negli elementi utilizzati. La riduzione degli impatti ambientali è diventata l'obiettivo maggiormente significativo dell'ottimizzazione strutturale, proprio a causa della notevole quantità di emissioni di CO₂ nel settore delle costruzioni. Le sfide ambientali sono affrontate in tutto il mondo, pertanto, è necessario un futuro più sicuro, sostenibile e resiliente per innovare e adattare l'ambiente costruito, comprese le nostre infrastrutture, energia e reti di trasporto. L'ambiente costruito può aiutarci a guidare la crescita economica consentendo l'innovazione aperta, ad esempio includendo più comunità e organizzazioni nello sviluppo di servizi, contribuendo a creare tecnologie e intuizioni innovative o sviluppando approcci originali alla progettazione, alla costruzione e alla manutenzione di aspetti dell'ambiente costruito in modo da minimizzare l'impatto sull'ambiente riducendo gli sprechi nei processi di costruzione o ingegneria o attraverso una migliore gestione delle risorse energetiche.

La sostenibilità della società e dell'economia si dovrà basare sull'energia rinnovabile e sull'elevata efficienza delle risorse; per il settore edile, ciò implica la diffusione su larga scala di edifici a energia zero. In questo nuovo pensiero circolare, le azioni si concentreranno in particolare sui settori ad alta intensità di risorse, compresi i materiali da costruzione, dove l'uso di materiali a emissioni zero gioca un ruolo fondamentale. Occorre, dunque, creare strutture innovative ed efficienti in termini di risorse, utilizzando prodotti rispettosi del clima come il legno e l'argilla, facilmente disponibili a chilometro zero, per realizzare materiali da costruzione altamente sostenibili stimolando e, allo stesso tempo, supportando una 'rinascita' basata su una maggiore attenzione alle soluzioni a zero emissioni di carbonio. Le trasformazioni digitali stanno guidando i cambiamenti in tutti i settori, non solo nell'ambiente costruito. Ci sono molti esempi di come l'adozione di approcci aperti e collaborativi stia aiutando ad affrontare le sfide sociali, ambientali ed economiche attraverso la tecnologia digitale come la stampa 3D.

La proposta di ricerca persegue l'esigenza di incorporare approcci computazionali nella progettazione strutturale della fase iniziale di progetto al fine di ridurre al minimo il materiale e garantire l'efficienza della struttura costruita (peso proprio vs. portante). Per una migliore comprensione degli algoritmi computazionali che prendono parte all'elaborazione della progettazione concettuale e per una approfondita ricerca riguardo l'efficienza strutturale, al fine di risolvere un problema più complesso della realtà ed ottenendo in tal modo una soluzione originale, verrà sperimentato il metodo di ricerca diretta di ottimizzazione, utilizzando operazioni di modellazione matematico-meccanica con l'ausilio di modelli/simulazioni informatiche. L'approccio scientifico interdisciplinare riguarda gli studi teorici della progettazione ingegneristica del mondo reale per comprendere la relazione tra architetture (topologie) e dinamica delle strutture, in modo da poter valutare sistemi con non linearità fisiche e geometriche. Tali problemi primari verranno affrontati e risolti per ottenere strumenti computazionali che conducano a pratiche di progettazione basate sulla simulazione durante le fasi concettuali.

Titolo del progetto (inglese): Computational morphogenesis of spatial green structures by structural optimization for the promotion of a sustainable development and reduction of climate change impacts

Progetto di ricerca (inglese):

KEYWORDS: Carbon Neutral; Reuse; Upcycle; Recycled materials; Structural optimization; Computational algorithms; Sustainable development; Resource efficient structures; Green buildings; promotion of a sustainable development; 3D printing; Reduction of climate change impacts.

AIM

The aim of this project is to improve conceptual structural design via computational techniques at least in the early stages of the architectural design process. In the early conceptual design, structural behavior is mostly affected by its geometric form and problems are associated with the complexity of their design process.

MOTIVATION

The interaction between aesthetic quality and structural efficiency in computational approaches is associated with a vast range of design opportunities to generate sustainable and high-performance innovative creative architectural structures through computational algorithms. Exploring those opportunities is a challenging task demanding expanding outside current geometric modeling paradigms and analyzing natural systems to control the structural form and forces in order to minimize the amount of material.

COMPANY

WASP is a company leader in 3D printing, that produce and sell printers totally made in Italy. They also launched the TECLA (Technology and CLAY) project, the eco-sustainable 3D printed habitat which is based on the motto: "From the shapeless earth to the earth as house shaped" because it is made with 3D printed clay.

INTERNATIONAL COOPERATION

Prof. Milan Gaff is a well-known and recognized expert in wood technology and wood composite materials. Facilities will be available at Prof. Gaff's research group to do tests and analyses on wood structures and wood technologies.

DEVELOPMENT

The main objective is to design and optimize structural systems to increase structural efficiency and reduce the amount of material. One of the main objectives of structural optimization is the minimization of the total structural cost by reducing the total weight or to reuse part of it or consider greener and more ecofriendly materials. Principles of light weight structures are critical to consider today because of the effects that buildings have on climate change, in fact, buildings contribute 40% of global greenhouse gas emissions. The built environment has an enormous impact on climate change, there is a vast variety in the way that buildings perform and the amount of energy that they use, but also in the energy and emissions associated with materials and construction, the embodied energy and embodied carbon, reducing environmental impacts have become the significant objective of structural optimization because of the considerable amount of CO₂ emissions in the construction industry.

Environmental challenges are faced all around the world. Thus, a safer, sustainable, and more resilient future is required to innovate and adapt built environment, including our infrastructure, energy, and transport networks.

The built environment can help us driving economic growth by enabling open innovation, such as, by including more communities and organizations in the development of services, helping to create innovative technologies and insights, or developing original approaches to designing, building, and maintaining aspects of the built environment and reduce the impact on the environment by reducing waste in construction or engineering processes or through better management of energy resources.

The Sustainability of society and economy will be based on renewable energy and high resource efficiency. For the building sector, this implies the large-scale deployment of zero-energy buildings. In this new circular thinking, actions will particularly be focusing on resource-intensive sectors, including construction materials. Here, the use of carbon-neutral materials plays a vital role. To create innovative and resource-efficient structures, climate-friendly products such as wood and clay which is readily available and highly sustainable building material undergoing a renaissance in the face of an increased focus on net-zero carbon solutions.

Digital transformations are driving changes across all sectors, not just the built environment. There are many examples of how adopting open, collaborative approaches are helping to tackle social, environmental, and economic challenges through Digital Technology such as 3D printing.

The project follows this need of incorporating computational approaches in the early-stage structural design to

minimize the material and ensure the efficiency of the built structure (self-weight vs. load bearing). For a better understanding of computational algorithms that take part in conceptual design processing, and a thorough search for structural efficiency to solve a more complex issue than reality and achieve an original solution through direct search method of optimization using mathematic–mechanical modeling operations with the aid of computer models/simulations will be carried out. The interdisciplinary scientific approach is concerned with theoretical studies of real-world engineering design to understand the relationship between architectures (topologies) and dynamics and to evaluate structural systems with physical and geometrical nonlinearities. Such primary issues will be faced and solved to obtain computational tools which lead to simulation-based design practice during conceptual stages.