

## PROGETTARE L'ECOLOGIA

Il vegetale come paradigma possibile di un'architettura sostenibile e resiliente

## DESIGNING ECOLOGY

The organic as a possible paradigm of a sustainable and resilient architecture

Beatrice Balducci, Francesco Camilli

### ABSTRACT

L'integrazione della dimensione vegetale può costituire una strategia per ridurre l'impatto dell'architettura sull'ambiente e risulta centrale nell'affrontare la crisi climatica. Inserendosi in una più ampia discussione sulla relazione tra uomo e natura, il contributo mostra come sia possibile ampliare la comprensione dell'ecologia dell'architettura, da un lato, guardando a come alcune tecniche costruttive vernacolari instaurano un rapporto con la materia vegetale vivente, dall'altro, tramite avanzate sperimentazioni architettoniche che indagano la natura disomogenea del legno per integrarla nel progetto. L'obiettivo è proporre l'inclusione della dimensione vegetale in architettura non solo come problematica materiale ma come un cambio di paradigma culturale in cui l'edificio, piuttosto che come manufatto inerte, viene interpretato come nuovo tassello di una più ampia e complessa ecologia.

The integration of the organic dimension can be a strategy to reduce the impact of architecture on the environment and appears relevant to addressing the climate crisis. Positioning in a wider discussion on the relationship between man and nature, the paper shows how it is possible to broaden the understanding of the ecology of architecture, on the one hand, by looking at how some vernacular building techniques establish a relationship with living organic materials, on the other hand, through advanced architectural experiments that investigate the inhomogeneous nature of wood in order to integrate it into the project. The goal is to propose the inclusion of the organic dimension in architecture not only as a material issue but as a cultural paradigm shift where the building, rather than as an inert artefact, is interpreted as a piece of a broader and more complex ecology.

### KEYWORDS

materiali vegetali, dinamiche ecologiche, sostenibilità, architetture tradizionali, ricerche sperimentali

organic materials, ecological dynamics, sustainability, vernacular architecture, experimental research

**Beatrice Balducci** is an Architect and PhD Candidate in Architectural, Urban and Interior Design at the Department of Architecture and Urban Studies at Politecnico di Milano (Italy). In her research, she investigates design possibilities and methodologies in preparation for natural disasters, focusing on the design of hybrid and adaptable spaces. Mob. +39 346/09.69.894 | E-mail: [beatrice.balducci@polimi.it](mailto:beatrice.balducci@polimi.it)

**Francesco Camilli**, Architect and PhD, is a Postdoctoral Research Fellow at Umeå University School of Architecture (Sweden). He carries out research in the field of architectural theory, with particular attention to sustainability and the social, political and cultural aspects of space transformations. Mob. +39 348/93.58.298 | E-mail: [francesco.camilli@umu.se](mailto:francesco.camilli@umu.se)

L'integrazione della dimensione vegetale in architettura, interpretata come l'assimilazione della complessa ecologia del materiale organico nel processo progettuale, realizzativo e d'uso dell'edificio, è un approccio affascinante che, se adeguatamente inquadrato, può consentire di affrontare criticamente l'uso di materiali vegetali in architettura. Questa pratica antica è oggi straordinariamente attuale alla luce delle sfide ambientali (Attmann, 2010) che l'umanità sta affrontando: infatti, l'utilizzo di materiali costruttivi vegetali, organici, vivi, e per questo mutevoli, può costituire una possibile strategia non solo per ridurre l'impatto ecologico dell'architettura ma anche una possibile risposta alle sfide poste da un ambiente reso sempre più dinamico dall'aumento degli eventi climatici estremi e che mette in discussione la natura permanente del costruito.

Il presente contributo intende quindi esplorare l'impiego di materiali vegetali nell'architettura, focalizzandosi sulle complesse dinamiche ecologiche che li differenziano dai materiali inerti, specialmente a fronte di un'emergenza climatica che reclama il ripensamento del progetto di architettura da un punto di vista di metodo, processo e costruzione (Iturbe, 2019). Verranno descritti alcuni esempi di architettura vernacolare che utilizzano piante vive sfruttandone la capacità di rispondere al mutare delle condizioni ambientali, così come recenti sperimentazioni che affrontano le caratteristiche organiche del legno non come ostacolo tecnico ma come proprietà da studiare e sfruttare per promuovere un uso più efficiente di questo materiale. Questi esempi mostrano due strade per integrare l'ecologia nel progetto: da un lato tramite le nozioni empiriche derivate dalla tradizione, dall'altro attraverso le conoscenze derivate da ricerca scientifica e sperimentazione tecnica. L'obiettivo è quello di proporre l'inclusione della dimensione vegetale nel progetto di architettura non solo come problematica tecnica o materiale ma come un cambio di paradigma culturale in cui l'edificio, piuttosto che come manufatto inerte, viene interpretato come nuovo tassello di una più ampia e complessa ecologia.

Nella prima sezione del contributo, a partire da una critica alla visione antropocentrica della natura, verrà formulata una riflessione sulla necessità di una rinnovata e approfondita comprensione delle complesse dinamiche ecologiche in cui i processi di trasformazione dello spazio si inseriscono, interpretando l'oggetto architettonico non come statico e passivo, ma come parte di un ampio sistema di relazioni che operano nello spazio e nel tempo. Nella seconda sezione, attraverso una serie di esempi tratti da tradizioni indigene e vernacolari verrà messo in luce come l'utilizzo di materiali vegetali per la costruzione, quando impiegati come materia organica, attiva e dinamica, possa innescare processi ecologici a più ampia scala, consentendo inoltre di rispondere a esigenze locali di protezione nei confronti di eventi climatici estremi. Nella terza sezione si affronteranno prospettive di ricerca contemporanee su modalità innovative di utilizzo dei materiali vegetali in architettura. Nelle conclusioni, si discuterà come l'impiego di materiali organici e l'attenzione al processo in cui questi si inseriscono e che possono a loro volta generare, possano essere un paradigma

possibile per un'architettura che diventa sostenibile rinnovando in chiave ecologica il suo rapporto con la natura.

**Comprendere i materiali e il loro impatto** | La necessità di rendere sostenibili i processi di trasformazione dello spazio investe necessariamente la dimensione materiale dell'architettura: i cicli produttivi e le caratteristiche fisiche dei materiali impiegati per la realizzazione di un edificio determinano infatti l'impatto ambientale della sua realizzazione e del suo utilizzo (Sposito and Scalisi, 2020). Tuttavia, ridurre la ricerca della sostenibilità in architettura alla semplice scelta di un materiale 'sostenibile' appare una strategia insufficiente a rispondere alla complessità del problema. Per capire l'impatto di un edificio è necessario leggerlo come parte di un ampio sistema di relazioni che operano non solo nello spazio ma anche nel tempo, ribaltando la classica visione che concepisce l'oggetto architettonico come statico e passivo. La dimensione materiale dell'edificio è infatti spesso vista come elemento che si piega indifferentemente alle indicazioni formali del progetto, ponendo al più resistenze di natura tecnica da superare tramite l'atto creativo. Una visione secolare e antropocentrica che pone l'uomo al di fuori della natura e in conflitto con essa e che è, probabilmente, alla base della crisi ecologica che stiamo vivendo.

L'esigenza di superare questo antropocentrismo emerge dal lavoro di diversi studiosi in ambito architettonico ma anche filosofico; gli studi sulla dimensione affettiva che indagano la possibilità che i sentimenti umani possano avere una genesi non esclusivamente soggettiva (Griffero, 2016), il nuovo realismo descritto da Maurizio Ferraris (2012) che riconcilia l'oggettività del reale con il ruolo costruttivo del pensiero, la Actor Network Theory che interpreta la realtà come sistema di relazioni non gerarchiche (Latour, 2005; Yaneva, 2017), la Object Oriented Ontology che supera il trascendentalismo kantiano contestando la totale inconoscibilità di ciò che è al di fuori del pensiero (Harman, 2018), sono tutte teorizzazioni che hanno come comune denominatore la volontà di superare quel pensiero positivista che riconduce la conoscibilità dell'esistente alla razionalità umana. In modi diversi, questi studi tentano di restituire legittimità alla realtà esterna all'uomo, cercando di circoscrivere un campo di oggettività non passibile di interpretazioni relativistiche: il punto di vista umano non viene escluso, viene però interpretato non più come principio ordinatore ma come elemento di una rete di relazioni non gerarchica.

Un simile cambio di paradigma appare necessario anche nell'ambito della cosiddetta transizione ecologica: perseguire la diminuzione degli impatti materiali, senza però mettere in discussione il paradigma che vede la natura come risorsa da sfruttare, come dimensione altra, non umana, da preservare quasi come pura merce, risorsa o materiale inerte (Morton, 2016) appare un modo di affrontare il problema senza mettere in discussione il modello di sviluppo che lo ha generato. La necessità di un radicale ripensamento del paradigma che regola il rapporto uomo-natura è stata efficacemente rappresentata nel numero 47 della rivista *Log*, curato da Elisa Iturbe, nel quale la 'carbon form' è da lei descrit-

ta come il risultato di processi produttivi industriali basati sulla combustione di fonti di energia fossili. Secondo Iturbe (2019, p. 11) «[...] energy must be understood beyond its technical capacity, viewed instead as a political and cultural force with inevitable spatial repercussions». Questo implica che un modo nuovo e sostenibile di rapportarsi alla produzione e al consumo di energia debba andare di pari passo con un modo nuovo di produrre spazio.

In questo senso l'introduzione di una dimensione vegetale nel progetto di architettura può essere l'occasione per ripensare l'approccio alla dimensione materiale dell'edificio: prendere atto della complessa ecologia di cui il materiale da costruzione fa parte, e di che cosa comporti intervenire su di essa ricercando un dialogo simbiotico tra antropico e naturale, architettura e ambiente, non limitandosi all'introduzione di innovazioni tecnologiche che usino il prefisso 'bio-', ma interrogandosi su cosa significhi progettare includendo le dinamiche organiche e incerte della dimensione vegetale, può aprire scenari di rinnovamento per i metodi e i processi dell'architettura.

Mentre i materiali minerali sono frutto di processi geologici lunghi centinaia di milioni di anni, perciò difficilmente paragonabili ai tempi della vita umana, quelli di origine vegetale, derivando da organismi viventi, rendono più immediata la comprensione della loro dimensione ecologica in quanto il loro ciclo di vita è paragonabile in termini di tempo a quello di una vita umana. Inoltre, diversamente dai materiali vegetali, quelli minerali si ottengono tramite processi di estrazione non rinnovabili; per esempio, il legname da costruzione ha bisogno di qualche decina d'anni dal momento in cui viene piantato l'albero a quello in cui viene tagliato, e può essere rinnovato ciclicamente. I materiali vegetali sono inoltre molto più reattivi di quelli minerali alle sollecitazioni esterne, il che ne rende più difficile la standardizzazione industriale ma allo stesso tempo conferisce loro un potenziale di adattamento alle mutevoli condizioni ambientali. Per queste ragioni, la loro inclusione nel progetto può essere non solo un modo per ridurre l'impronta ambientale di un edificio ma anche occasione per integrare complesse relazioni ecologiche nella progettazione.

L'esigenza di espandere la comprensione degli impatti materiali di un progetto emerge nel lavoro di Kiel Moe (2017) e Jane Hutton (2018), che tentano di ricostruire in tutta la loro complessità i processi innescati dalle scelte materiali di alcuni celebri progetti, ricostruendone i movimenti e le trasformazioni. Nel volume *Empire, State and Building*, Moe analizza il grattacielo newyorchese, a cui il titolo del libro si ispira, considerandolo come entità centrale che organizza i movimenti materiali di un vasto ed eterogeneo territorio (*Empire*), come punto di convergenza di enormi flussi di energia (*State*) e come esempio delle complesse responsabilità derivanti dall'atto del costruire un oggetto che instaura relazioni la cui ampiezza è generalmente sottovalutata (*Building*). Attraverso mappe e grafici l'autore fa emergere la portata geografica, energetica e politica degli impatti di un edificio simbolico, proponendo un metodo che potrebbe però essere applicato allo stesso modo a qualsiasi





Figg. 1, 2 | Khasi's Living Roots Bridges, Bangladesh (credits: Elbowmacaroni, A. Kumar, 2016).

altra architettura. Attraverso questa analisi, Moe dimostra che concepire un'opera architettonica come sistema chiuso porti a una comprensione solo parziale del suo impatto ambientale.

Nel libro *Reciprocal Landscapes*, Jane Hutton ricostruisce invece le conseguenze ambientali, sociali, economiche e politiche che l'uso di alcuni materiali per la realizzazione di noti spazi pubblici di New York ha avuto sui paesaggi in cui sono stati estratti e prodotti. L'autrice cerca di dimostrare come un progetto e la sua realizzazione materiale non siano degli atti isolati e autonomi ma al contrario mettono in moto una serie di altri processi di trasformazione ambientale di cui è necessario prendere atto. Sue sono le parole: «If we could unsee or unlearn the pervasive idea that materials are inert, exist in a single state, and are subservient to human need

alone, we could instead grasp materials' agencies and observe more clearly the flows and interdependencies between construction and the more-than-human world» (Hutton, 2018, p. 220). Questi lavori mettono in una nuova prospettiva l'atto progettuale, facendo emergere la complessità dei suoi impatti e della rete di relazioni in cui l'edificio è calato; nei paragrafi successivi si mostrerà come questa complessità possa essere meglio compresa attraverso la lente della dimensione vegetale.

**Sostenibilità e resilienza dell'uso tradizionale dei materiali vegetali: tre casi studio di architetture indigene** | Sebbene l'interesse verso l'impiego di materiali vegetali in architettura sembri essersi affermato di recente (Watson, 2019), si può trovare traccia di approcci simili nelle co-

struzioni delle culture indigene che da millenni abitano vaste aree del pianeta. Le ricerche di Sandra Piesik (2017) e di Julia Watson (2019) su Lo-TEK (Traditional Ecological Knowledge) e vernacolare, radicandosi nel pensiero di Bernard Rudofsky (1964, 1977) in *Architecture without Architects* e *The Prodigious Builder*, mettono in luce architetture che non nascono da una mediazione tra concezione ed esecuzione, ma sono piuttosto il frutto di un sapere empirico dettato da una profonda conoscenza dell'ambiente naturale e delle sue dinamiche.

Guardando ad alcune culture indigene del Sud America, Africa e Sud Est Asiatico è infatti possibile osservare come queste talvolta instaurino rapporti simbiotici con la vegetazione e il mondo naturale nel suo insieme. Per fronteggiare condizioni climatiche estreme – che potrebbero diventare, come ipotizzato dagli ultimi report dell'IPCC (2021, 2022), diffuse in vaste aree del pianeta – qui si costruiscono architetture vive, mutevoli, organiche e sistemiche attraverso l'uso di materiali vegetali.

Un esempio si rintraccia nei Living Roots Bridges della popolazione dei Khasis, in India. Inseidiati nelle foreste delle pianure del Bangladesh soggette a monsoni stagionali, i villaggi sono spesso isolati a causa delle piogge poiché le alluvioni rendono impossibile lo spostamento tra uno e l'altro. I Khasis hanno trasformato il carattere distruttivo dei monsoni nell'elemento di costruzione delle proprie infrastrutture: indirizzando la crescita del 'Ficus Elastica', pianta autoctona delle foreste, attorno a dei tronchi di alberi da noce secchi, i Khasis hanno sviluppato un sistema di ponti viventi che dipende dalle piogge: più forte è l'alluvione, più robuste crescono le radici del 'Ficus' che nel giro di pochi decenni arrivano a trasportare carichi pari a oltre cinquanta persone (Figg. 1, 2) garantendo una resistenza strutturale paragonabile a quella del cemento armato.

Le radici, plasmate affinché con la loro crescita riescano a connettere due parti distinte della foresta, innescano processi che prendono il nome di anastomosi, dove viticci e radici aeree si fondono naturalmente insieme e i cui nodi si rafforzano con l'abbondanza di acqua. I Living Roots Bridges sono quindi ponti, scale e infrastrutture di collegamento, architetture viventi che traggono dal processo di crescita e deperimento del materiale la propria struttura; invece che estrarlo, se ne indirizza lo sviluppo e la morfologia.

Se i Khasis hanno compreso come i materiali vegetali possano essere plasmati al fine di comporre elementi architettonici dinamici, sulle acque del lago Titikaka in Perù, gli Uros costruiscono e abitano isole artificiali in grado di mantenere in vita l'ambiente antropico e quello naturale in cui sono inserite: le Titora Reed Floating Island sono infatti infrastrutture mobili, galleggianti e viventi (Figg. 3-5). Sebbene oggi questi insediamenti siano gravemente minacciati dall'inquinamento della vicina città di Puno e subiscano la pressione economica e ambientale del turismo, per secoli gli Uros hanno abitato e costruito in stretta simbiosi con la vegetazione lacustre.

Ancorate al fondale, ma pensate per poter migrare, le isole sono interamente costruite con le canne di Titora, pianta acquatica locale rac-



colta dalle sponde del lago; la massa radicale di Totora viene tagliata a formare i 'khili', i grandi mattoni da due a sei metri che costituiscono le fondamenta delle piattaforme. Legati insieme attraverso steli di eucalipto, i mattoni immersi nell'acqua crescono nel tempo, fino a costruire un'unica base galleggiante: la bassa densità dell'apparato radicale e la sua decomposizione anaerobica rendono possibile il galleggiamento. Le isole hanno però breve durata: con rotazione trimestrale vengono cambiati i 'khili' in stato di erosione elevata, mentre le fondazioni hanno una vita di circa 25 anni. La pianta di Totora viene così impiegata per l'intero insediamento: se le radici formano le fondamenta delle isole, le canne secche sono usate per erigere muri, tetti, fabbricare barche e tessuti, foraggi per animali.

Osservando dunque il comportamento della specie vegetale, gli Uros hanno ideato un sistema infrastrutturale in cui la decomposizione del materiale consente il galleggiamento delle isole, aiuta la depurazione delle acque inquinate provenienti da Puno e garantisce nutrimento per i pesci che abitano il lago. Le Totora Reed Islands esemplificano una modalità insediativa che dialoga con la mutevolezza, precarietà e cedevolezza del costruito e innesca così relazioni metaboliche con l'ambiente circostante.

Un altro caso esemplificativo è quello dei Maasai, una popolazione semi-nomade delle zone aride del Kenya, che insediandosi stagionalmente in alcune aree della savana, genera un peculiare processo ecologico. I Maasai si muovono in piccole comunità: tre o quattro famiglie che accompagnano e curano il bestiame. I Boma, o Ekang, sono insediamenti circolari all'interno dei quali sono designate le aree per gli ani-

mali e le abitazioni delle famiglie, anch'esse a impianto circolare (Figg. 6, 7); con un diametro variabile tra i 50 e i 100 metri, i Boma tracciano un perimetro netto tra interno ed esterno e proteggono gli animali dai predatori. Il recinto si sviluppa in altezza ed è composto da tre strati: il primo è formato con la 'Leleshwa', una pianta locale resistente alle termiti; il secondo è un sistema articolato di 'Cyperus' e 'Hybiscus' raccolti durante le migrazioni e che spesso costituisce anche il nutrimento degli animali; l'ultimo strato è invece costituito da rami e spine di acacia, una specie vegetale che si sviluppa nelle aree aride e ha quindi una funzione di protezione.

Come molte delle infrastrutture indigene i Boma sono strutture minime e temporanee in grado di alterare completamente il paesaggio in cui si installano; una volta terminato il periodo di sedentarietà, l'insediamento non viene smantellato ma abbandonato: i resti dei rami di acacia e di erbe con cui è costruito stimolano la germinazione, danno vita a processi di naturale rimboscimento del deserto, facendo crescere la vegetazione dove prima vi era solo savana, e innescando così processi di contaminazione vegetale. Fino agli anni '70, la migrazione stagionale dei Maasai, con i suoi scarti, ha contribuito alla costruzione di corridoi verdi creando una circolarità temporale tra savana e radura e consentendo un'alternanza insediamento-inselvaticimento che ha permesso loro di abitare per generazioni le aree secche del Kenya.

Sebbene i casi presentati siano difficilmente esportabili in maniera diretta, in quanto fortemente legati a luoghi e culture dell'abitare specifici, questi presentano modalità costruttive e insediative millenarie e resilienti che suggeriscono princi-

pi interessanti. Se i Living Root Bridges si relazionano al materiale vegetale sfruttandone i comportamenti, le Floating Totora Islands si inseriscono in un processo ecologico e i Boma ne generano uno. Costruendo con materiali autoctoni, vegetali e per questo vivi e considerando il processo di crescita e deperimento degli stessi, il sapere indigeno dà forma ad architetture e infrastrutture dinamiche, radicalmente ecologiche, in grado di innestare una logica simbiotica tra abitante, costruttore, costruito e ambiente naturale.

### Prospettive della ricerca sui materiali vegetali

Se l'architettura vernacolare ci dimostra come sia possibile un'integrazione tra materia organica viva e spazio costruito con modalità che conservano allo stesso tempo gli ecosistemi e ne sfruttano le dinamiche per migliorare la qualità della vita e la sicurezza delle comunità, diverse ricerche esplorano oggi modalità innovative di utilizzo di materiali vegetali in architettura (Menges, Schwinn and Krieg, 2016; Kaufmann and Nerdinger, 2011). In particolare, è emerso negli ultimi anni il grande potenziale del legno come materiale strategico per la mitigazione degli impatti dell'industria edilizia sull'ambiente (Ibañez, Hutton and Moe, 2019).

Il legno è infatti caratterizzato da un processo produttivo potenzialmente rinnovabile (Taverna et alii, 2007), da favorevoli proprietà strutturali (Sposito and Scalisi, 2019) e termofisiche (Hameurya and Lundström, 2004), da flessibilità d'uso (Moe, 2019), oltre che dal costituire naturalmente una trappola per la CO<sub>2</sub>, che gli permettono, a determinate condizioni, di avere un'impronta ambientale estremamente ridotta rispetto ai materiali minerali (Park Associati and Bollinger +



Figg. 3-5 | Uros's Totora Reed Islands on Titikaka Lake, Peru (credits: F. Camilli, 2019).



Figg. 6, 7 | Maasai's Boma settlements, Kenya (credit: M. Harvey, 2016).

Grohmann, 2021). Marginalizzato dall'architettura moderna, negli ultimi decenni, grazie a innovazioni tecnologiche (Hudert and Pfeiffer, 2019), il legno è stato riscoperto come efficace alternativa ad acciaio e calcestruzzo armato. Questo processo si è spesso concretizzato nella mera sostituzione del materiale nello stesso sistema costruttivo, senza considerare le peculiarità del legno e anzi tentando di ricondurlo a una standardizzazione industriale che ne contraddice la natura disomogenea e anisotropa. Le sperimentazioni presentate qui di seguito ribaltano questa opposizione interpretando la variabilità del legno non come un ostacolo a un suo uso razionale ma come una potenzialità da sfruttare per promuovere un utilizzo più efficace.

Ad esempio, l'Institute for Computational Design and Construction (ICD) e l'Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE) presso l'Università di Stoccarda collaborano insieme alla realizzazione di piccoli padiglioni sperimentali utilizzando tecniche che mettono insieme lo sfruttamento delle proprietà intrinseche del legno con la robotizzazione del processo costruttivo. Questa strategia porta alla creazione di strutture che ottimizzano la quantità di materiale utilizzato, le prestazioni strutturali e il processo costruttivo, raggiungendo così un grande livello di efficienza. Il risultato è ottenuto attraverso differenti tecniche che consentono particolari curvature sfruttando le naturali deformazioni dovute alle variazioni di umidità interna, come nell'Urban Pavilion (Fig. 8), una torre composta di sottili lastre paraboliche, o come nel BUGA Wood Pavilion (Fig. 9), realizzato utilizzando un principio strutturale ispirato dall'esoscheletro dei ricci di mare e che ha permesso di ottenere una struttura estremamente leggera ma capace di coprire luci importanti. Questi sono solo alcuni esiti di un lavoro di ricerca il cui principale obiettivo è quello di integrare progettazione e realizzazione mettendo insieme le più avanzate tecnologie di fabbricazione con una profonda conoscenza del materiale, al fine di rendere la realizzazione di un edificio più efficiente e sostenibile.

Anche nel Campus di Hooke Park, sede periferica della Architectural Association (AA) di Londra situata nella campagna inglese, si sperimentano metodi per ottimizzare l'utilizzo del legno in

architettura. In questo luogo, studenti e ricercatori hanno la possibilità di essere in diretto contatto con tutto il processo che dalla gestione delle foreste arriva alla realizzazione di un edificio in legno: il Campus è infatti immerso in una vera e propria foresta industriale autogestita in cui vengono prodotti i materiali che vengono impiegati per i vari progetti. In particolare, la sperimentazione portata avanti a Hooke Park affronta la criticità per la quale nell'industria del legno solo una percentuale ridotta del materiale prodotto dalle foreste diventa effettivamente materiale da costruzione: nel Campus londinese, attraverso processi di scansione e mappatura digitale dei singoli rami, vengono realizzate strutture che impiegano il materiale così come viene prelevato dalla foresta, non cercando di ottenere artificialmente una forma standard ma piuttosto utilizzando al meglio la forma naturale dei singoli elementi lignei (Figg. 10, 11).

Questi sono soltanto due esempi rappresentativi di ricerche sul tema di un utilizzo efficiente del legno, e mostrano come una più approfondita comprensione della sua natura di materiale vegetale aiuti non solo a sfruttarne meglio le proprietà ma anche a usarlo in maniera ancora più efficiente e sostenibile.

### Il vegetale nel progetto per una nuova sostenibilità dell'architettura

Abbiamo visto come per raggiungere un'effettiva sostenibilità dei processi di trasformazione dello spazio sia necessaria una comprensione sistemica dell'architettura. I lavori di Moe e Hutton vanno in questa direzione e mostrano quale possa essere la scala delle dinamiche ecologiche che l'atto progettuale mette in moto e, di conseguenza, quali siano le responsabilità dell'architetto in questi processi. Le antiche tradizioni costruttive, con la loro integrazione nel più ampio sistema ecologico, sono rappresentative di questa complessità e possono essere di spunto nel rinnovare il rapporto, reciso dalla modernità industriale, tra costruito e ambiente, integrando la dimensione organica e mutevole del materiale vegetale nella definizione dello spazio costruito. Le avanzate sperimentazioni portate avanti dall'Institute for Computational Design and Construction e dall'Architectural Association sono altresì un esempio di come si

possa affrontare l'uso di materiali vegetali non cercando di attenuarne la disomogeneità ma piuttosto valorizzandola come caratteristica intrinseca, al fine di includerla nei processi costruttivi quale attivo fattore progettuale.

Questi due approcci costituiscono due modi diversi e opposti di comprendere l'ecologia dei materiali vegetali e di integrarla nell'architettura per renderla resiliente e sostenibile: da un lato le tecniche costruttive vernacolari si basano su conoscenze empiriche derivate da tradizioni ed esperienza quotidiana, dall'altro le tecniche innovative e sperimentali di uso del legno in architettura sono il frutto di una ricerca scientifica avanzata che genera conoscenze nuove. Ciò che invece hanno in comune è il fatto che in entrambi i casi la capacità di queste architetture di minimizzare il loro impatto ambientale e di adattarsi naturalmente al mutare delle condizioni esterne deriva da una profonda conoscenza dell'ecologia del materiale che permette di integrarla nel progetto. Quello che qui si sostiene è quindi che l'integrazione della dimensione vegetale nel progetto di architettura non debba risolversi in una mera questione tecnica o materiale ma debba piuttosto diventare un nuovo approccio conoscitivo e culturale nei confronti dell'ambiente costruito e della sua dimensione ecologica.

I due esempi risultano comunque complementari: le tradizioni vernacolari, sebbene non direttamente esportabili poiché legate a luoghi e culture dell'abitare specifici, presentano forme di integrazione tra architettura e natura che possono ispirare sperimentazioni fortemente attuali e avanguardistiche, in quanto utilizzano i caratteri specifici del sito, i processi di crescita, i fenomeni spontanei e accidentali (Rocca, 2006). Un esempio è rintracciabile nell'approccio di Baubotanik (Fig. 12), un recente filone di ricerca che trae proprio dallo studio dei Living Bridges dei Khasis le basi per sperimentare architetture viventi. Studiando dettagli tecnici che combinano materiali organici e non organici, la tecnica Baubotanik prevede di sfruttare la crescita e l'intelligenza costruttiva del materiale vivente al fine di comporre architetture resistenti ma non statiche (Ludwig and Hackenbracht, 2018).

Le ricerche dell'Institute for Computational Design and Construction con l'Institute of Building



ding Structures and Structural Design e dell'Architectural Association sono anch'esse di difficile applicazione diretta in quanto estremamente sperimentali; tuttavia queste costituiscono l'avanguardia di un contesto in cui la costruzione in legno si sta sviluppando in maniera sempre più sostenibile e integrata ecologicamente col contesto: ne è un esempio l'edificio Sara Kulturhus (Figg. 14, 15) recentemente completato nel nord della Svezia, un centro culturale che comprende un albergo di 20 piani, realizzato quasi esclusivamente con legno locale e integrando soluzioni energetiche a bilancio positivo, che alimentano quindi la città circostante (Wainwright, 2021). Il grattacielo, terzo più alto al mondo in struttura lignea, è quindi non solo un edificio a basso impatto ambientale ma si pone come elemento attivo di un più vasto sistema ecologico che va dalla gestione delle foreste allo spazio urbano, passando per la produzione di energia e il rafforzamento dell'offerta culturale.

Molte altre sono le modalità di integrazione di elementi vegetali in architettura che non sono stati considerati in questo contributo: materiali di origine biologica, soluzioni tecnologiche come pareti e coperture verdi o progetti che utilizzano piante come elemento architettonico e climatico sono ormai ampiamente sperimentati e diffusi (Pacheco-Torgal, Ivanov and Tsang, 2020). Tuttavia, in questa sede si è voluto proporre un approccio culturale piuttosto che tecnico, mostrando come la comprensione della dimensione ecologica dei materiali vegetali possa concretizzarsi nella sperimentazione di un'architettura che ritrovi un rapporto armonico con il suo contesto ambientale.

The integration of the organic dimension in architecture, interpreted as the assimilation of the complex ecology of organic material in the design, construction, and use of the building, is a fascinating approach that, if properly framed, can allow addressing the use of vegetal materials in architecture critically. This ancient practice is today extraordinarily relevant in the light of the environmental challenges (Attmann, 2010) that humanity is facing: the use of vegetal building materials, organic, alive, and therefore ever-changing, can be a possible strategy not only to reduce the ecological impact of architecture but also a possible response to the challenges posed by an environment made increasingly dynamic by the increment of extreme climatic events, and that calls into question the permanent nature of the built environment.

Therefore, this contribution aims to explore the use of organic materials in architecture, focusing on the complex ecological dynamics that differentiate them from inert materials, especially in the face of a climate emergency that calls for the rethinking of architectural design from a method, process, and construction perspective (Iturbe, 2019). Examples of vernacular architectures that exploit the ability of living plants to respond to changing environmental conditions, as well as recent experiments that address the organic characteristics of wood, not as a technical obstacle but as a property to be studied to promote more efficient uses of this material, will

be described. These examples show two ways to integrate ecology into design: on the one end, the empirical expertise derived from tradition; on the other, the knowledge resulting from scientific research and technical experimentation. The goal is to propose the inclusion of the organic dimension in architectural design not only as a technical or material issue but as a cultural paradigm shift in which the building, rather than as an inert artefact, is interpreted as a new part of a broader and more complex ecology.

In the first section of this paper, starting from a critique of the anthropocentric view of nature, a reflection on the need for a renewed and deeper understanding of the complex ecological dynamics where the transformation processes of space are inserted will be formulated. Here, the architectural object is interpreted not as static and passive but as part of a comprehensive system of relationships operating in space and time. The second section, through a series of examples drawn from indigenous and vernacular traditions, will highlight how the use of organic

construction materials, when exploited as active, and dynamic matter, can trigger ecological processes on a wider scale, also allowing to respond to local needs for protection against extreme climatic events. The third section will discuss contemporary research perspectives on innovative ways to use organic materials in architecture. In the conclusions, we will discuss how the use of organic materials and the attention to the process of which they are part and that they can generate can be a possible paradigm for an architecture that becomes sustainable by renewing its ecological relationship with nature.

#### Understanding materials and their impact |

The need to make space transformation processes sustainable necessarily affects the material dimension of architecture: the production cycles and the physical characteristics of the materials used for the construction of a building determine the environmental impact of its construction and use (Sposito and Scalisi, 2020). However, reducing the search for sustainability



Fig. 8 | Urbach Tower, 2019 (credit: ICD/ITKE University of Stuttgart).

Fig. 9 | Buga Wood Pavilion, 2019 (credit: ICD/ITKE University of Stuttgart).

in architecture to the simple choice of a 'sustainable' material appears to be an insufficient strategy to respond to the complexity of the problem. To understand the impact of a building, it is necessary to read it as part of an extensive system of relationships that operate not only in space but also in time, overturning the classic vision that conceives the architectural object as static and passive. The material dimension of the building is often seen as an element that bends indifferently to the formal indications of the project, at worst posing technical resistance that could always be overcome through the creative act. This secular and anthropocentric vision places man outside of nature and in conflict with it is probably the basis of the current ecological crisis.

The need to overcome this anthropocentrism emerges from the work of various scholars, both in the architectural and philosophical fields. The studies on the affective dimension that investigate the possibility that human feelings may have a genesis that is not exclusively subjective (Griffero, 2016), the new realism described by Maurizio Ferraris (2012) which reconciles the objectivity of reality with the constructive role of thought, the Actor-Network Theory that interprets reality as a system of non-hierarchical relationships (Latour, 2005; Yaneva, 2017), the Object-Oriented Ontology that overcomes Kantian transcendentalism by challenging the total unknowability of what is outside of thought (Harman, 2018), are all theorizations that share the will to overcome that positivist thought that brings the knowability of the existing back to human rationality. In different ways, these studies attempt to give back legitimacy to the reality external to man, trying to circumscribe a field of objectivity that is not subject to relativistic inter-

pretations: the human point of view is not excluded; however, it is no longer interpreted as an ordering principle but rather as an element of a non-hierarchical network of relationships.

A similar paradigm shift appears necessary also in the context of the so-called ecological transition: pursuing the reduction of material impacts without however questioning the paradigm that sees nature as a resource to be exploited, as a different, non-human dimension, to be preserved almost as a pure commodity, resource or inert material (Morton, 2016) appears to be a way of facing the problem without questioning the development model that generated it. The need for a radical rethinking of the paradigm that governs the relationship between man and nature was effectively represented in issue 47 of the magazine *Log*, edited by Elisa Iturbe, in which she describes the 'carbon form' as the result of industrial production processes based on the combustion of fossil energy sources. According to Iturbe (2019, p. 11), «[...] energy must be understood beyond its technical capacity, viewed instead as a political and cultural force with inevitable spatial repercussions». This implies that a new and sustainable way of relating to the production and consumption of energy must go hand in hand with a new way of producing space.

In this sense, the introduction of an organic dimension in the architectural project can be an opportunity to rethink the approach to the material dimension of the building: acknowledging the complex ecology of which the building material is part and investigating the implications of seeking a symbiotic dialogue between anthropic and natural, architecture and environment, not limiting to technological innovations that use the prefix 'bio-' but questioning how to design by including the uncertain dynamics of the organic dimension, it can open up renewal scenarios for architectural methods and processes.

While mineral materials, resulting from geological processes lasting hundreds of millions of years, are hardly comparable to the times of human life, those of vegetable origin, deriving from living organisms, facilitate the understanding of their ecological dimension, having a life cycle that is comparable in terms of time to the human one. Moreover, mineral materials are only obtainable through non-renewable extraction processes while organic ones can be renewable. For example, construction timber needs a few decades from when the tree is planted to when it is cut and can be periodically replanted. Organic materials are also much more reactive than minerals to external stress, which makes their industrial standardization more complex but at the same time gives them the potential to adapt to changing environmental conditions. For these reasons, their inclusion in the project can be not only a way to reduce the environmental footprint of a building but also an opportunity to integrate complex ecological relationships into the design.

The need to expand the understanding of the material impacts of a project emerges in the work of Kiel Moe (2017) and Jane Hutton (2018), who attempt to reconstruct in all their complexity the processes triggered by the material choices of some notable projects, tracing their movements and transformations. In the volume *Empire, State and Building*, Moe analyses the New

York skyscraper that inspires the title of the book, considering it as a central entity that organizes the material movements of a vast and heterogeneous territory (*Empire*), as a point of convergence of enormous flows of energy (*State*), and as an example of the complex responsibilities deriving from the act of building an object that establishes relationships whose amplitude is generally underestimated (*Building*). Through maps and graphics, the author highlights the geographical, energetic, and political impact of a symbolic building, proposing a method that could be applied similarly to any other architecture. Through this analysis, Moe demonstrates that conceiving an architectural work as a closed system leads to only a partial understanding of its environmental impact.

In the book *Reciprocal Landscapes*, Jane Hutton instead reconstructs the environmental, social, economic and political consequences that the use of certain materials for the construction of well-known public spaces in New York had on the landscapes in which they were extracted and produced. The author tries to demonstrate how a project and its material realization are not isolated and autonomous acts but, on the contrary, they trigger many other processes of environmental transformation that need to be acknowledged. In her words: «If we could unsee or unlearn the pervasive idea that materials are inert, exist in a single state, and are subservient to human need alone, we could instead grasp materials' agencies and observe more clearly the flows and interdependencies between construction and the more-than-human world» (Hutton, 2018, p. 220). These works put the design act into a new perspective, bringing out the complexity of its impacts and the network of relationships into which the building is situated. The following paragraphs will show how this complexity can be better understood through the lens of the organic dimension.

### Sustainability and resilience of the traditional use of organic materials: three case studies of indigenous architecture

Although the interest in using organic materials in architecture seems to have been raised recently (Watson, 2019), traces of similar approaches can be found in the structures of indigenous cultures that have inhabited vast areas of the planet for millennia. Sandra Piesik's (2017) and Julia Watson's (2019) research on Lo-TEK (Traditional Ecological Knowledge) and vernacular, rooted in the thinking of Bernard Rudofsky (1964, 1977) in *Architecture without Architects* and *The Prodigious Builder*, highlights architectures that do not arise from mediation between conception and execution, but rather result from an empirical knowledge dictated by a deep understanding of the natural environment and its dynamics.

Looking at some indigenous cultures of South America, Africa, and Southeast Asia, it is possible to observe how they sometimes establish symbiotic relationships with vegetation and the natural world as a whole. To cope with extreme climatic conditions – which could become, as hypothesized by the latest reports of the IPCC (2021, 2022), widespread in vast areas of the planet – here, living, changing, organic and systemic architectures are built with organic materials.



**Fig. 10** | The 'Big Shed' Assembly Workshop (2012) by AA Design & Make with Mitchell Taylor Workshop and Atelier One (credit: V. Bennett, 2012).

**Fig. 11** | The Hooke Park Prototype House (1985) demonstrated the use of roundwood timber thinnings in tension.



An example can be found in the Living Roots Bridges of the Khasis people of India. Settled in the forests of the Bangladesh plains subjected to seasonal monsoons, the villages are often isolated by rainfall, as floods make it impossible to move between them. The Khasis have thus turned the destructive nature of the monsoons into the building block of their infrastructures. By directing the growth of the 'Ficus Elastica', an indigenous forest plant, around the trunks of dry walnut trees, the Khasis have developed a system of living bridges that depend on the rains: the stronger the flood, the stronger the roots of the 'Ficus' grow, which, in a few decades, can carry loads equal to over fifty people (Fig. 1, 2), guaranteeing a structural resistance comparable to that of reinforced concrete.

The roots, shaped to connect two distinct parts of the forest with their growth, trigger processes called anastomosis, where tendrils and aerial roots naturally merge and whose nodes strengthen with the abundance of water. Living Roots Bridges are, therefore, bridges, staircases, and connecting infrastructures, living architectures that derive their structure from the process of growth and decay of the material; instead of being extracted, its development and morphology are directed.

Whether the Khasis understood how organic materials could be shaped to compose dynamic architectural elements, on the waters of Lake Titikaka in Peru, the Uros build and inhabit artificial islands capable of keeping alive the natural environment that they anthropized. Totora Reed Floating Islands are, in fact, mobile, floating, and living infrastructures (Fig. 3-5). Although today these settlements are severely threatened by pollution from the nearby city of Puno and suffer from the economic and environmental pressure of tourism, the Uros have lived and built in close symbiosis with the lake vegetation for centuries. Anchored to the seabed but designed to migrate, the islands are constructed entirely of Totora reeds, a local aquatic plant harvested from the shores of the lake. The root mass of Totora is cut to form the 'khili,' the large two- to six-foot bricks that constitute the platforms' foundations. Tied together through eucalyptus stems, the bricks immersed in the water grow over time until they build a single floating base: the low density of the root system and its anaerobic decomposition make it possible to float. However, the islands are short-lived: with quarterly rotation, the 'khili' in a state of high erosion are changed, while the foundations have a life of about 25 years. The plant of Totora is thus used for the entire settlement: if the roots form the foundations of the islands, the dry canes are used to erect walls, roofs, manufacture boats, textiles, and fodder for animals.

Observing the behaviour of the plant species, the Uros devised an infrastructural system in which the decomposition of the material allows the islands to float, helps the purification of polluted water coming from Puno, and guarantees food for the fish that inhabit the lake. Totora Reed Islands exemplify a settlement that dialogues with the changeability, precariousness, and yielding of the built environment and triggers metabolic relationships with the surrounding environment.



Fig. 12 | Baubotanik Willow Tower (credit: F. Ludwig, 2021).

Another exemplifying case is that of the Maasai, a semi-nomadic population of the arid zones of Kenya, who seasonally settle in some areas of the savannah, generating a peculiar ecological process. The Maasai move into small communities: three or four families that take care of the livestock. The Boma, or Ekang, are circular settlements within which are designated areas for animals and family dwellings, in a circular layout too (Fig. 6, 7). Varying between 50 and 100 meters in diameter, the Boma draw a clear perimeter between inside and outside, protecting thus animals from predators. The fence grows in height, and it is composed of three layers. The first, close to the ground, is formed with 'Leleshwa', a local plant resistant to termites; the second is an articulated system of 'Cyperus' and 'Hybiscus' collected during migrations which often constitutes the animals' fodder; the third is made of branches and thorns of acacia, a plant that grows in arid areas, and has a protective function.

Like many indigenous infrastructures, the Boma are minimal and ephemeral structures that can alter the landscape they temporarily graft. Once the period of sedentariness is over, the settlement is not dismantled but abandoned: the remains of acacia branches and grasses through which it is built stimulate germination, start processes of plant contamination, and thus start processes of natural reforestation of the desert, making vegetation grow where before there was only savannah. Until the 1970s, the seasonal migration of the Maasai, with their waste, contributed to the construction of green corridors, creating a temporal circularity between savannah and clearing, an alternation between settlement and wilderness that allowed them to inhabit the dry areas of Kenya for generations.

Although the cases presented are difficult to export directly, as they are strongly rooted in specific places, and dwelling traditions, they present millennia-old resilient modes of construction and

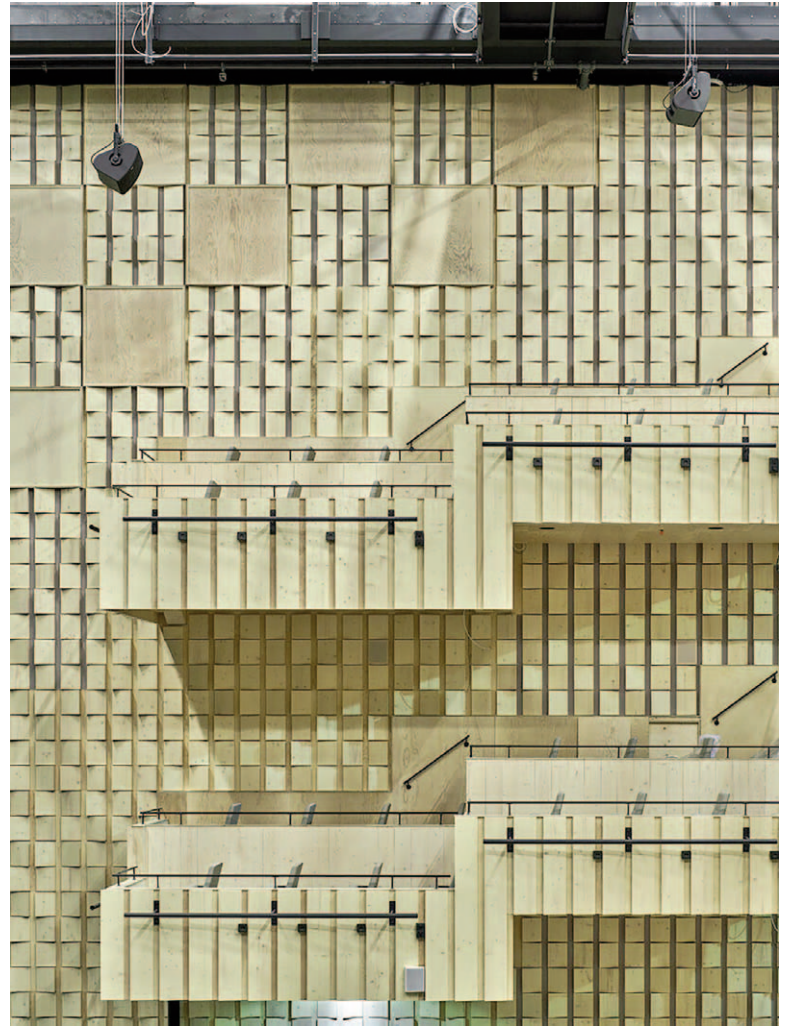
settlement that suggest interesting principles. If Living Root Bridges exploit the behaviours of organic construction materials, Floating Totora Islands fit into an ecological process, and Boma generates one. By building with site-specific, organic, and therefore living materials, and considering their process of growth and decay, the indigenous knowledge gives shape to dynamic architectures and infrastructures, radically ecological, able to engage a symbiotic logic between inhabitant, builder, built and natural environment.

### Prospects for research on organic materials

| If vernacular architecture shows us how integration between living organic matter and built space is possible by exploiting and, at the same time, preserving the ecosystems' dynamics to improve the quality of life and safety of communities, today several research projects explore innovative ways of using organic materials in architecture (Menges, Schwinn and Krieg, 2016; Kaufmann and Nerding, 2011). In particular, the great potential of wood as a strategic material for mitigating the impacts of the construction industry on the environment has emerged in recent years (Ibañez, Hutton and Moe, 2019).

In fact, wood is characterized by a potentially renewable production process (Taverna et alii, 2007), favourable structural (Sposito and Scalisi, 2019) and thermophysical properties (Hameurya and Lundström, 2004), flexibility of use (Moe, 2019), as well as naturally constituting a trap for CO<sub>2</sub>, which allow it, under certain conditions, to have a significantly reduced environmental footprint compared to mineral materials (Park Associati and Bollinger + Grohmann, 2021). Marginalized by modern architecture, in recent decades, thanks to technological innovations (Hudert and Pfeiffer, 2019), wood has been rediscovered as an effective alternative to steel and reinforced concrete. This process has often resulted in the mere replacement of the material





**Figg. 13, 14** | Sara Kulturhu: External view; Detail of the main theatre (credits: Åke E:son Lindman, 2021).

in the same construction system without considering the peculiarities of the wood and, indeed, trying to bring it back to an industrial standardization that contradicts its inhomogeneous and anisotropic nature. The experiments presented below overturn this opposition by interpreting the variability of wood not as an obstacle to its rational use but as a potential to be exploited to promote more effective use.

For example, the Institute for Computational Design and Construction (ICD) and the Institute of Building Structures and Structural Design (ITKE) of the University of Stuttgart create small experimental pavilions using techniques that combine the exploitation of the intrinsic properties of wood with the robotization of the construction process. This strategy leads to the creation of structures that optimize the amount of material used, the structural performance, and the construction process, thus achieving great efficiency. The result is obtained through different techniques that allow particular curvatures by exploiting the natural deformations due to variations in internal humidity, as in the Urbach Pavilion (Fig. 8), a tower made up of thin parabolic plates, or as in the BUGA Wood Pavilion (Fig. 9), created using a structural principle inspired by the exoskeleton of sea urchins and which made it possible to obtain an extremely light structure but capable of covering important lights. These are just some of the results of a research work whose main objective is to integrate design and construction by combining the most advanced

manufacturing technologies with a deep knowledge of the material to make the construction of a building more efficient and sustainable.

Methods to optimize the use of wood in architecture are also being tested on the Hooke Park Campus, the woodland campus of the Architectural Association (AA) of London, located in the English countryside. In this place, students and researchers can be in direct contact with the whole process, from forest management to the construction of wooden buildings. The Campus is, in fact, immersed in a real self-managed industrial forest in which are produced the materials used for the various projects. In particular, the experimentation carried out in Hooke Park tackles the criticality for which in the wood industry, only a small percentage of the material produced by the forests actually becomes building material: in the Campus, through digital scanning and mapping processes of the individual branches, structures are made that use the material as it is taken from the forest, not trying to artificially obtain a standard shape but rather making the most of the natural shape of the individual wooden elements (Figg. 10, 11).

These are just two representative examples of research on the topic of efficient use of wood, but they show how a deeper understanding of its nature as an organic material helps not only to exploit its properties better but also to use it even more efficiently and sustainably.

**The organic in the project for a new sustain-**

**ability of architecture** | We have seen how a systemic understanding of architecture is required to achieve effective sustainability of the transformation processes of space. The works of Moe and Hutton go in this direction and show what the scale of ecological dynamics that the design act sets in motion can be and, consequently, what the responsibilities of the architect are in these processes. The ancient construction traditions, with their integration into a wider ecological system, are representative of this complexity and can be a starting point in renewing the relationship, broken by industrial modernity, between the building and the environment, integrating the organic and changing dimensions of organic material into the definition of the built space. The advanced experiments carried out by the Institute for Computational Design and Construction with the Institute of Building Structures and Structural Design, and the Architectural Association are also an example of how the use of organic materials can be addressed by not trying to mitigate their inhomogeneity but rather by enhancing it as an intrinsic characteristic to be included in the building process as an active design factor.

These two approaches constitute two different and opposite ways of understanding the ecology of organic materials and integrating it into architecture to make it resilient and sustainable. On the one hand, vernacular construction techniques are based on empirical knowledge derived from traditions and daily experience. On

the other hand, innovative and experimental techniques for using wood in architecture result from advanced scientific research that generates new knowledge. Instead, what they have in common is that, in both cases, the ability of these architectures to minimize their environmental impact and naturally adapt to changing external conditions derives from a deep knowledge of the ecology of the material that allows it to be integrated into the project. Therefore, what is argued here is that the integration of the organic dimension in the architectural project should not be resolved in a mere technical or material question but should rather become a new cognitive and cultural approach to the built environment and its ecological dimension.

These two examples are, however, complementary: the vernacular traditions, although not directly applicable to the contemporary building as they are rooted in specific places and dwelling traditions, present forms of integration between architecture and nature that can inspire new, avant-garde experiments, as they use site-specific characters, growth processes, spontaneous and accidental phenomena (Rocca, 2006). An example can be found in the approach of Baubotanik (Fig. 12), a recent line of research that draws the basis for experimenting a living architecture from the study of the Living Bridges of

the Khasis. By studying technical details that combine organic and non-organic materials, the Baubotanik technique envisages exploiting the living materials' growth and constructive intelligence to compose resistant but not static architectures (Ludwig and Hackenbracht, 2018).

The research of ICD-ITKE and AA are probably not directly applicable to the industry as they are highly experimental. However, they constitute the vanguard of a context in which wooden construction is developing in an increasingly sustainable and ecologically integrated way: an example of this is the Sara Kulturhus building (Fig. 13, 14) recently completed in northern Sweden, a cultural centre that includes a 20-storey hotel, built almost exclusively with local wood and integrating energy solutions with a positive balance for the surrounding city (Wainwright, 2021). The skyscraper, the third tallest in the world with a wooden structure, is therefore not only a building with a low environmental impact but is an active element of a larger ecological system ranging from forest management to urban space, energy production and the strengthening of the city's cultural offer.

There are many other ways of integrating organic elements in architecture that have not been considered in this contribution: materials of biological origin, technological solutions such as

green walls and roofs, or projects that use plants as architectural and climatic elements are now widely tested and widespread (Pacheco-Torgal, Ivanov and Tsang, 2020). However, here we wanted to propose a cultural rather than a technical approach, showing how understanding the ecological dimension of organic materials can generate experiments for a harmonious relationship between architecture and its environmental context.

## References

- Attmann, O. (2010), *Green architecture – Advanced technologies and materials*, McGraw-Hill, New York.
- Ferraris, M. (2012), *Manifesto del nuovo realismo*, Laterza, Bari.
- Griffero, T. (2016), *Il pensiero dei sensi – Atmosfere ed estetica patica*, Guerini Scientifica, Milano.
- Hameurya, S. and Lundström, T. (2004), “Contribution of indoor exposed massive wood to a good indoor climate – In situ measurement campaign”, in *Building and Environment*, n. 36, issue 3, pp. 281-292. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.enbuild.2003.12.003 [Accessed 11 April 2022].
- Harman, G. (2018), *Object-oriented Ontology – A new theory of everything*, Pelican, London.
- Hudert, M. and Pfeiffer, S. (eds) (2019), *Rethinking Wood – Future dimensions of timber assembly*, Birkhäuser, Berlin. [Online] Available at: doi.org/10.1515/9783035617061 [Accessed 11 April 2022].
- Hutton, J. (2018), *Reciprocal landscapes – Tracing materials between New York City and beyond*, Routledge, London.
- Ibañez, D., Hutton, J. E. and Moe, K. (eds) (2019), *Wood Urbanism – From the molecular to the territorial*, Actar Publishers.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers*, Switzerland. [Online] Available at: reliefweb.int/report/world/climate-change-2022-impacts-adaptation-and-vulnerability [Accessed 13 April 2022].
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2021), *Sixth Assessment Report*, Switzerland. [Online] Available at: ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/12/IPCC-52\_decisions-adopted-by-the-Panel.pdf [Accessed 13 April 2022].
- Iturbe, E. (2019), “Architecture and the death of carbon modernity”, in *Log*, n. 47, pp. 10-23.
- Kaufmann, H. and Nerdinger, W. (eds) (2011), *Building with timber – Paths into the future*, Prestel, Munich-London-New York.
- Latour, B. (2005), *Reassembling the Social – An Introduction to Actor-Network-Theory*, Oxford University Press, Oxford.
- Ludwig, F. and Hackenbracht, C. (2018), “Baubotanik Tower”, in Myers, W. (ed.), *BioDesign – Nature, Science, Creativity*, Thames&Hudson, New York, pp. 36-37.
- Menges, A., Schwinn, T. and Krieg, O. D. (2016), *Advancing wood architecture – A computational approach*, Routledge, London.
- Moe, K. (2019), “Think Like the Forest – Maximizing the Environmental Impact and Energetics of Building Timber”, in Hudert, M. and Pfeiffer, S. (eds), *Rethinking Wood*, Birkhäuser, Basel, pp. 20-29.
- Moe, K. (2017), *Empire, State & Building*, Actar, Barcelona-New York.
- Morton, T. (2016), *Dark Ecology – For a Logic of Future Coexistence*, Columbia University Press, New York.
- Pacheco-Torgal, F., Ivanov, V. and Tsang, D. C. W. (2020), *Bio-based materials and biotechnologies for eco-efficient construction*, Woodhead Publishing, Duxford.
- Park Associati and Bollinger + Grohmann (2021), *IN-LEGNO – Cambiare prospettiva per costruire il futuro*, LetteraVentidue, Siracusa.
- Piesik, S. (ed.) (2017), *Habitat – Vernacular architecture for a changing planet*, Thames & Hudson, London.
- Rocca, A. (2006), *Architettura Naturale*, 22publishing, Milano.
- Rudofsky, B. (1977), *The Prodigious Builders – Notes toward a natural history of architecture with special regard to those species that are traditionally neglected or downright ignored*, Harcourt Brace Jovanovich, New York. [Online] Available at: archive.org/details/prodigiousbuilde00rudo/page/n1/mode/2up [Accessed 13 April 2022].
- Rudofsky, B. (1964), *Architecture without Architects – A short introduction to non-pedigreed architecture*, Doubleday, New York. [Online] Available at: moma.org/doc-uments/moma\_catalogue\_3459\_300062280.pdf [Accessed 13 April 2022].
- Sposito, C. and Scalisi, F. (2020), “Ambiente costruito e sostenibilità – Materiali riciclati e Design for Disassembly tra ricerca e buone pratiche | Built environment and sustainability – Recycled materials and Design for Disassembly between research and good practices”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 106-117. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/8102020 [Accessed 13 April 2022].
- Sposito, C. and Scalisi, F. (2019), “High-rise timber architecture – An opportunity for the sustainability of the built environment”, in De Giovanni, G. and Scalisi, F. (eds), *PRO-Innovation – Process Production Product*, Palermo University Press, Palermo, pp. 93-122. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/8102020 [Accessed 13 April 2022].
- Taverna, R., Hofer, P., Werner, F., Kaufmann, E. and Thürig, E. (2007), *The CO<sub>2</sub> Effects of the Swiss Forestry and Timber Industry – Scenarios of future potential for climate-change mitigation*, Federal Office for the Environment, Bern.
- Wainwright, O. (2021), “Isn't it good, Swedish plywood – The miraculous eco-town with a 20-storey wooden skyscraper”, in *The Guardian*, 14/10/2021. [Online] Available at: theguardian.com/artanddesign/2021/oct/14/skelleftea-swedish-plywood-eco-town-20-storey-wooden-skyscraper-worlds-tallest [Accessed 13 April 2022].
- Watson, J. (2019), *Lo-TEK – Design by Radical Indigenism*, Taschen, Colonia.
- Yaneva, A. (2017), *Five Ways of Making Architecture Political – An Introduction to the Politics of Design Practice*, Bloomsbury, London.