

ARTICLE INFO

Received 10 September 2025
Revised 20 October 2025
Accepted 22 October 2025
Published 30 December 2025

REINTERPRETARE IL RUOLO ECOLOGICO DELL'ACQUA

Materiali viventi e design inclusivo

REINTERPRETING WATER'S ECOLOGICAL ROLE

Integrating living materials for inclusive design

Elif Süyük Makaklı, Ebru Yücesan Altay

ABSTRACT

L'acqua ha storicamente agito come catalizzatore culturale dello spazio, plasmando la vita collettiva attraverso la sua presenza ecologica e sensoriale. In tale ottica l'articolo reinterpreta il ruolo ecologico dell'acqua attraverso un approccio 'ricerca attraverso il design' che sviluppa un quadro concettuale per la progettazione di interventi di micro-architetture. Lo studio esplora come i materiali a base biologica, e in particolare i composti di micelio e i sistemi bioluminescenti, possano migliorare il coinvolgimento multisensoriale e la consapevolezza ecologica negli spazi pubblici. Attingendo alla recente letteratura internazionale e alla ricerca nel campo del progetto il contributo individua parametri per le prestazioni luminose, il comportamento dei materiali e la reattività ambientale. La proposta che ne risulta posiziona l'acqua come un mezzo spaziale attivo, percettibile e inclusivo, contribuendo ai dibattiti attuali sul design multispecie, l'urbanistica sensoriale e il legame tra gli SDG 6, 11 e 13.

Water has historically acted as a cultural catalyst for space, shaping collective life through its ecological and sensory presence. With this in mind, the article reinterprets the ecological role of water through a 'research-through-design' approach that develops a conceptual framework for micro-architectural design. The study explores how bio-based materials, particularly mycelium composites and bioluminescent systems, can enhance multisensory engagement and ecological awareness in public spaces. Drawing on recent international literature and design research, the contribution identifies parameters for luminous performance, material behaviour, and environmental responsiveness. The resulting proposal positions water as an active, perceptible, and inclusive spatial medium, contributing to current debates on multispecies design, sensory urbanism, and the link between SDGs 6, 11, and 13.

KEYWORDS

acqua e spazio pubblico, urbanistica sensoriale, ricerca attraverso il design, micro-architetture, resilienza ecologica e sociale

water and public space, sensory urban planning, research-through-design, micro-architectures, ecological and social resilience



Elif Süyük Makaklı, Architect and PhD, is an Associate Professor and Vice Dean at the Faculty of Art, Design and Architecture, Department of Architecture, Işık University in Istanbul (Turkey). Her research focuses on architectural design, design education, and technology in architecture, with publications in national and international journals and conferences. E-mail: elif.suyuk@isikun.edu.tr

Ebru Yücesan Altay, MSc Interior Architect, is a Research Assistant and PhD Candidate at the Department of Interior Architecture and Environmental Design, Hacettepe University (Turkey). Her research focuses on responsive architecture, living architecture, living materials, and interactive spaces. E-mail: ebruyucesann@gmail.com

Storicamente le qualità multisensoriali dell'acqua – visive, acustiche e termiche – hanno plasmato la vita collettiva e rafforzato la coesione sociale al di là del suo ruolo infrastrutturale. Nei contesti urbani contemporanei questo rapporto si è tuttavia indebolito, poiché l'acqua diventa spesso decorativa o nascosta, riflettendo una crescente distanza dall'ecosistema naturale: questa condizione richiede approcci progettuali che ridefiniscano l'acqua come mezzo attivo di percezione e consapevolezza ecologica. Anche la letteratura internazionale sottolinea il ruolo dell'acqua nella definizione dello spazio pubblico: Norberg-Schulz (1980) inquadra le forze elementari, tra cui l'acqua, come ancore dell'identità collettiva, collocandole all'interno della fenomenologia della creazione di luoghi in quanto agenti centrali dell'identità spaziale; contributi nel settore dell'urbanistica evidenziano l'importanza delle esperienze multisensoriali legate all'acqua per la resilienza urbana (Pallasmaa, 2005; Bille and Sorensen, 2016; Grusso et alii, 2025); studi sul paesaggio urbano dimostrano che l'acqua contribuisce alla creazione di ambienti rigeneranti, favorendo sia i sistemi ecologici che il benessere umano (Önge, 1997; White et alii, 2013; Selman, 2012; Lu et alii, 2025).

Il ruolo dell'acqua nello spazio pubblico si sviluppa attraverso diversi livelli concettuali: 1) Vita e Natura come fonte di vita che collega gli insediamenti ai sistemi ecologici e simboleggia la vitalità; 2) Purificazione e Tranquillità che incarnano la purificazione fisica e metafisica creando luoghi di ristoro fisico e mentale; 3) Rituale sociale e Aggregazione fungendo da infrastruttura in cui le fonti d'acqua diventano teatri di interazione sociale, favorendo incontri e rituali collettivi (Manni and Valzano, 2023). Nonostante la crescente enfasi sulle infrastrutture blu-verdi (Fletcher et alii, 2015; Newman, 2020; Corradi et alii, 2024), l'acqua nelle città rimane spesso nascosta o con valenza ornamentale, priva di risonanza sensoriale e sociale (Kaika, 2005). In linea con quanto evidenziato da Cesare Sposito (2017), l'acqua ha agito a lungo come componente sia materiale che simbolico dell'architettura e come mediazione tra il dominio ambientale e quello percettivo, che è la prospettiva centrale nell'inquadramento concettuale di questo studio.

All'interno di questo quadro caratterizzato dalla perdita di molteplici valori e significati dell'acqua il contributo illustra il progetto di una micro-architettura che ha l'obiettivo di far riappropriare l'acqua del suo ruolo di catalizzatore di benessere e aggregazione sociale. Concettualizzando e riformulando principi spaziali e sociali dell'antichità il progetto si allinea alle più ampie sfide globali e agli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) delle Nazioni Unite (UN, 2015): in particolare contribuisce all'SDG 6 (Acqua pulita e servizi igienico-sanitari), mettendo in primo piano l'accessibilità dell'acqua e il suo ruolo di sostegno alla vita, all'SDG 11 (Città e comunità sostenibili), migliorando l'inclusività e la qualità degli spazi pubblici, all'SDG 12 (Consumo e produzione responsabili), attraverso l'uso di materiali a base biologica, e all'SDG 13 (Azione per il clima), inquadrando l'acqua come regolatore microclimatico nel contesto della resilienza ecologica.

Lo studio reinterpretava il ruolo ecologico dell'acqua attraverso una prospettiva di ricerca-progetto che collega prestazioni ambientali e percezione spaziale, proponendo un quadro concettuale per interventi di micro-architetture che utilizzano materiali a base biologica, e in particolare composti di micelio

e sistemi bioluminescenti, come mediatori di coinvolgimento multisensoriale. Basandosi sui parametri prestazionali desunti da studi recenti la ricerca delinea un modello metodologico per la progettazione sensibile al clima, riposizionando l'acqua come mezzo percettivo attivo che amplia il dibattito sulla progettazione multispecie e sull'urbanistica sensoriale. Dal punto di vista strutturale l'articolo si sviluppa collocando l'acqua in contesti storici, delineando la metodologia di 'ricerca attraverso la progettazione', presentando il caso di studio e la strategia dei materiali e concludendo con alcune riflessioni sui limiti e sulla replicabilità della progettazione sensibile al clima.

Approcci simili nella recente letteratura scientifica hanno esplorato l'innovazione nell'ambito dell'uso dell'acqua e dei materiali in ambito urbano a diverse scale: Solarek (2021) indaga la gestione dello spazio idrico a livello urbano, ponendo l'accento sulle strategie di pianificazione piuttosto che sulla progettazione specifica del sito, Cortesão e Lenzholzer (2022) delineano il potenziale più ampio della 'ricerca attraverso il design' nella pratica urbana e paesaggistica, mentre Langie, Rybak-Niedziółka e Hubaciková (2022) hanno studiato le tipologie e i valori culturali delle fontane pubbliche, fornendo una base preziosa per comprenderne il ruolo sociale ed ecologico. Il presente studio implementa queste intuizioni sviluppando una micro-architettura che comprende acqua e 'materiali a base biologica', riformulandone la lettura tipologica in una proposta adattabile e orientata al design per lo spazio pubblico contemporaneo.

Casi studio | Le pratiche internazionali che integrano acqua e materiali biologici sono state analizzate, comparate e organizzate in base a scala, strategia idrica, integrazione dei biomateriali e trasferibilità, delineando i criteri di valutazione per i diversi approcci sperimentali e applicati (Tab. 1). La revisione comparativa rivela due tendenze principali: i progetti sperimentali (quali Fungal Sensing Skin e Bioluminescent Wood) promuovono prevalentemente il potenziale sensoriale ed ecologico dei materiali viventi, ma devono affrontare limiti di durata, manutenzione e costo, mentre gli interventi a scala urbana (ad esempio Watersquare e Building on the Water) traducono efficacemente l'acqua in un'esperienza collettiva, ma mancano di innovazione materiale e di un feedback ecologico a lungo termine. I progetti a scala intermedia come Aguahoja e 3D WASP Living Bio-based Materials dimostrano invece una capacità di sintesi promettente che unisce sensibilità ambientale e sperimentazione progettuale.

In questo panorama lo studio proposto si posiziona come micro-architettura della scala intermedia, combinando le qualità performative e sensoriali dei materiali a base biologica e l'inclusività dello spazio pubblico. Le risultanze derivanti da questa analisi comparativa hanno informato il quadro metodologico e i criteri di prestazione (configurazione dei componenti, intensità luminosa, resistenza dei materiali e neutralità del pH), con l'obiettivo di stabilire un modello replicabile per una progettazione in spazi pubblici sensibile al clima.

Metodologia e fasi della ricerca | Il presente studio si basa sulla metodologia 'ricerca attraverso il design' che considera il processo progettuale non solo come percorso verso un risultato, ma come

una modalità primaria di indagine e produzione di conoscenza. L'approccio si basa su pratiche esplorative e orientate ai principi delineati da studiosi quali quelli di Gaver (2012), Cortesão e Lenzholzer (2022) e Uzunkaya e Kahvecioglu (2022), e in particolare su sperimentazioni comparabili nel settore della progettazione ambientale e idrica, come quella di Valente et alii (2022) su infrastrutture verdi e acque piovane, che evidenziano la rilevanza dell'acqua per l'integrazione dei sistemi ecologici nell'indagine guidata dal design. In questo quadro la domanda centrale della ricerca su 'come reintegrare l'acqua con la funzione di catalizzatore culturale, ecologico e sensoriale negli spazi pubblici contemporanei' viene esplorata attraverso una sequenza integrata di fasi analitiche e generative di 'ricerca attraverso il design', dall'analisi contestuale e dalla reinterpretazione tipologica ai principi modulari e alla sintesi spaziale (Fig. 1).

Il Campus Sile dell'Università FMV Işık (Turchia) è stato scelto come sede principale di questa sperimentazione in quanto rappresenta una micro-città multifunzionale immersa nella natura. Il Campus ospita una vasta gamma di utenti, tra cui studenti, personale accademico e amministrativo e visitatori, integrando al contempo diverse funzioni quali istruzione, sport, ristorazione e ricreazione. Questa pluralità di utenti e funzioni determina una simultanea presenza di svariate esigenze socio-spaziali e offre preziosi stimoli per la progettazione degli spazi pubblici. L'analisi, che ha mappato nel Campus gli elementi d'acqua (attivi e passivi), i percorsi, i sistemi di collegamento (rampe, scale, terrazze) e i flussi di utenti, ha rivelato che quasi tutte le vasche d'acqua si trovano lungo percorsi, rampe e scale, eccetto una, che è nella piazza principale ed isolata. L'analisi dei luoghi restituisce quindi relazioni frammentate e deboli tra acqua, spazio e vita sociale, che hanno costituito il tema centrale del progetto.

I criteri di progettazione sono stati modellati sulla base delle interazioni tra acqua e uomo che intercorrevano nell'antichità, trasferendone i principi fondamentali di convivialità, socialità e multisensorialità in chiave contemporanea, attraverso una rilettura dei tre ruoli principali dell'acqua nella vita pubblica: sociale (riunire le persone e promuovere esperienze condivise), sensoriale (arricchire l'esperienza spaziale attraverso suono, materia e luce) ed ecologico (regolare i microclimi e dare visibilità alla presenza ciclica dell'acqua).

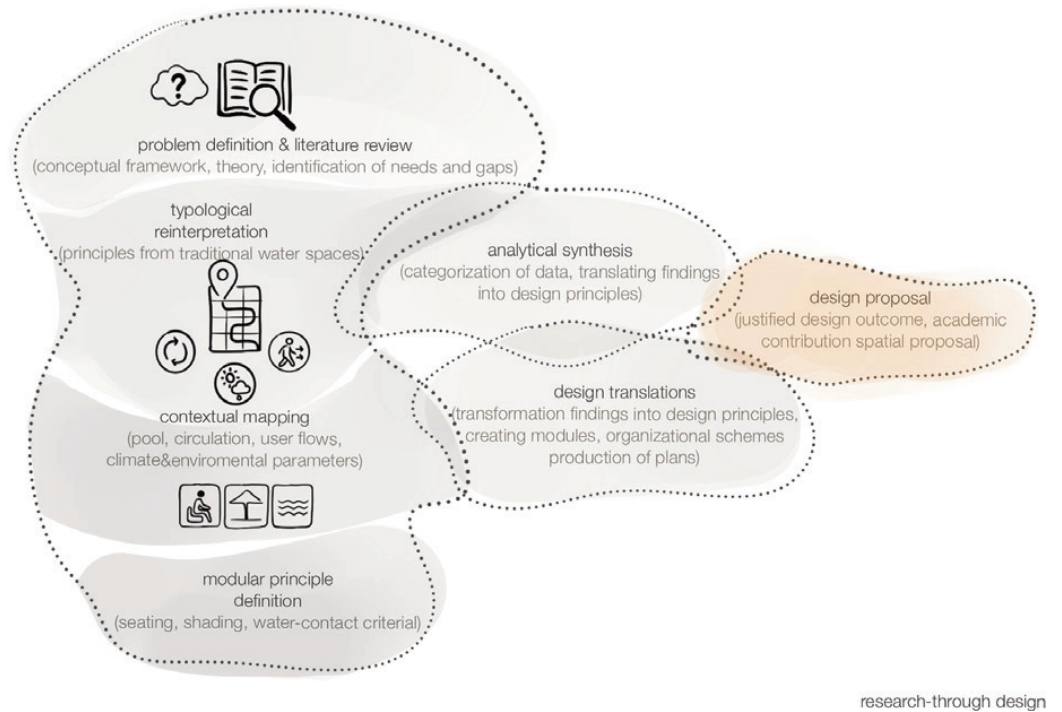
Il processo di produzione impiega stampi e fabbricazione digitale per i componenti in micelio, garantendo precisione e scalabilità e generando al contempo geometrie organiche che si adattano alla topografia del sito. I materiali viventi – composti di micelio e sistemi bioluminescenti – sono elementi fondamentali del progetto per le loro prestazioni ecologiche e sensoriali misurabili attraverso indicatori specifici.

Lo sviluppo del progetto è strutturato in cinque fasi: 1) Mappatura del contesto attraverso l'identificazione delle vasche d'acqua, dei percorsi, dei flussi di utenti e dei dati microclimatici; 2) Reinterpretazione dei 'luoghi dell'acqua' del passato e loro adattamento al contesto del Campus; 3) Definizione del quadro di riferimento delle prestazioni per stabilire criteri misurabili che colleghino le dimensioni ecologiche, materiali e sensoriali; 4) Restituzione dei concept progettuali attraverso diagrammi, prospettive, sezioni e modelli 3D come strumenti metodologici per la valutazione; 5) Sintesi per l'in-

	Case Study	Scale / Typology	Water Strategy / Technology	Bio-based Material Integration	Governance & Monitoring Data	Strengths	Limitations	Barriers (Cultural, Technical, Economic)	Transferability (Mediterranean context, health standards, costs)	References / Links
1	Fungal Sensing Skin – Living Mycelium Interface	Material-scale experimental prototype	Moisture-responsive sensing through fungal hyphae	Living mycelium network integrated as a bio-sensing material	Academic research supervision	Living responsive material enabling real-time environmental sensing	Fragile and humidity-dependent	Technical complexity and scalability	Low outdoor applicability, Limited transfer to architecture	Adamatzky, Gandia and Chiolerio (2021)
2	Designing with Biomaterials for Responsive Architecture	Building envelope / responsive façade prototype	Hygro-responsive surface swelling and contraction	Hydrogel-biomaterial composites integrated into facade panels	Academic research team monitoring humidity / response cycles	Dynamic adaptation to moisture changes	Slow response time under rapid climate shifts	Technical complexity, cost of materials, and lack of industry acceptance	Potential in Mediterranean climates but limited by cost and durability constraints	Koi Khoo and Shin (2018)
3	The Aguahoja Water-Based Fabrication project by Oxman	Architectural -component hybrid at material and facade scale	Water-sensitive hydrogel extrusion forming responsive structures	Chitosan, alginate, and cellulose are used in graded biocomposites	The MIT Media Lab led research team monitors humidity, structural change and decay behaviour	Adaptive, recyclable, and highly programmable system	Limited structural stability and long-term durability	High cost, technical complexity, and low market adoption	Promising in Mediterranean climates but limited by durability and cost	oxman.com/projects/water-based-fabrication?utm_source
4	3D WASP – Living bio-based materials	Porous microclimate modules at urban / neighbourhood scale	Porosity and water retention manage humidity and distribute moisture	Mixtures of seeds, mycelium, dredged materials, and clay are bioprinted into living composites		Urban Reef startup tracks moisture absorption and biological growth in prototypes	Promotes biodiversity and microclimates through living infrastructure	Long-term durability and structural integrity under variable climates remain uncertain	High fabrication costs, technical complexity, and lack of mainstream acceptance	Conceptually viable for Mediterranean climates, though constrained by material resilience and cost
5	Lumínico – Bioluminescent Habitat to Enhance the Biodiversity	Module-scale habitat units designed for indoor / urban environments	Humidity control and mist injection sustain fungal bioluminescence	Living fungal cultures embedded in printed biomaterial substrates	Research by Fabricademy projects using sensors (humidity, lux) to monitor performance	Produces low-intensity light sustainably via living organisms	Uncertain lifespan and dependence on controlled conditions	High production cost, limited biological knowledge, and low market readiness	Potential for Mediterranean indoor use, but limited outdoors by durability and climate constraints	Ruiz Galloza (2025)
6	Bioluminescent Wood Created Using Fungi	Material-scale bioluminescent wooden element prototypes	Moisture rehydration cycles trigger bioluminescent emission in fungal-wood composites	Fungi (Desarmillaria tabescens) colonise balsa wood blocks to form living bioluminescent material	Conducted by Empa researchers, performance was measured in moisture content vs. light emission	Produces light without external power using living materials	Glow fades as lignin degrades and depends on high moisture levels	High maintenance, limited lifespan, and material cost issues	Promising for indoor or shaded Mediterranean settings, but outdoor durability is limited	Violo (2025)
7	Watersquare in Benthemplein, Rotterdam (The Netherlands)	Urban-scale plaza combining leisure and flood control	Collects rainwater in stepped basins for temporary storage	Uses planted zones and green edges for infiltration	Managed by Rotterdam Climate Initiative with citizen input	Makes stormwater management visible and interactive	Limited capacity and high maintenance needs	High cost, technical complexity, and user adaptation	Replicable for other flood-prone cities with strong governance support	urbanisten.nl/work/benthemplein
8	Building on the Water in Huai’An (China)	An urban-scale floating theatre typology on the Dongyang River	The design treats water as a stage by placing the building above the river surface	The structure emphasises glass sails rather than explicit bio-based materials	Commissioned by Yiwu’s Silk Road New District and Culture Bureau, with public access from all directions	Creates a landmark that engages with the riverfront and offers an immersive urban public space	Focuses on architectural gesture rather than measurable ecological water mechanisms	High technical complexity and cost of floating glass canopy in dense urban context	Conceptually replicable for waterfront cities, but requires strong budget and infrastructure support	archdaily.com/541173/the-building-on-the-water-alvaro-siza-carlos-castanheira
9	The project reinterprets water’s ecological and sensory role through a micro-architectural intervention at Işık University’s Şile Campus (Turkey)	Micro-architectural modular seating and shading units around an existing water pool	Water is integrated as a tactile and social medium, supported by drinking and ecological access points for humans and animals	Bioluminescent bacteria and mycelium composites are combined to create living, low-energy, biodegradable structures	Developed through Research-through-Design methodology under academic supervision, with iterative prototyping and site observation	Enhances sensory experience, conviviality, and ecological awareness through living materials and adaptive design	Limited durability and maintenance requirements due to the sensitivity of living materials and climatic exposure	High fabrication cost, need for biological expertise, and limited public familiarity with living materials	Adaptable to various climatic and cultural contexts, particularly suitable for Mediterranean environments and small-scale public spaces	

Tab. 1 | Comparative framework of international and experimental practices integrating water and bio-based material strategies (credit: the Authors, 2025).

Fig. 1 | Research-through-Design methodology diagram (credit: the Authors, 2025).



tegrazione di quanto sopra in un progetto coerente e sensibile al sito. La Tabella 2 illustra il quadro di riferimento delle prestazioni e dei criteri di valutazione presi in esame nell'ambito del processo di ricerca e sviluppo. I parametri ricavati da recenti ricerche sui materiali a base biologica e sulla progettazione ambientale, forniscono indicatori consolidati in letteratura per valutare le prestazioni ambientali e la qualità sensoriale durante lo sviluppo del progetto; in particolare si segnalano l'intensità luminosa, la resistenza alla compressione, la neutralità del pH, il carbonio incorporato, la conducibilità termica, il ciclo di manutenzione e l'interazione sensoriale. Il framework nell'ambito del processo di 'ricerca attraverso il design' funge da modello metodologico trasferibile a diversi contesti climatici e culturali al di là del sito della presente sperimentazione.

Materiali 'viventi' a base biologica e loro integrazione nel progetto | Il progetto si basa su due materiali a base biologica, e in particolare su micelio e batteri bioluminescenti, in coerenza con la nozione di 'design che abbraccia l'azione biologica' (Moschetti, 2020; Mascitti and Paciotti, 2024) e in linea con gli studi emergenti che impiegano nella progettazione 'organismi viventi' (Chayaamor-Heil et alii, 2024). Questa scelta risponde non solo a questioni estetiche, ma contribuisce alla realizzazione di strategie improntate a materiali innovativi a base biologica che sono sempre più visti come promotori di responsabilità ecologica e qualità esperienziale (Berretta, Desideri and Staltari, 2024; Camere and Karana, 2018): essi infatti rafforzano in chiave olistica il ruolo sensoriale dell'acqua nello spazio pubblico, aprendo al contempo a possibili interventi low-tech e circolari.

I compositi a base di micelio sono ottenuti attraverso la bioproduzione di rifiuti agricoli lignocellulosici con il micelio fungino, un processo che non impiega prodotti sintetici ma elementi completamente biodegradabili, compostabili e a basse emissioni di carbonio (Holt et alii, 2012; Elsacker et alii, 2020), come evidenziato dalla letteratura scientifica che ne sottolinea anche la leggerezza e l'adattabilità a diverse

forme (Appels et alii, 2019; Aiduang et alii, 2022; Alaneme, 2023). Le sue proprietà di isolamento termico e di regolazione dell'umidità sono significative per il comfort all'aperto, anche se la resistenza meccanica e l'impermeabilità rimangono variabili a seconda della specie, del substrato e dei metodi di lavorazione. Nel design il micelio è stato sempre più riconosciuto come un 'materiale vivente' che modella tanto la forma dell'oggetto quanto la sua interazione con l'utente (Karana et alii, 2015); se Camere e Karana (2018) ne esaltano il potenziale, descrivendo la crescita biologica come generatrice di qualità spaziali e sensoriali, recenti pratiche sperimentali hanno enfatizzato il micelio come parte di un'economia circolare più ampia, in cui la valorizzazione dei rifiuti si integra con l'estetica speculativa. Tra i vantaggi del suo impiego si segnalano la compostabilità, la bassa energia incorporata e la varietà di texture, mentre i limiti riguardano la durata e l'uniformità della produzione (Sydor et alii, 2022).

Nella proposta progettuale i limiti dei materiali a base biologica sono stati affrontati attraverso rivestimenti protettivi, stampa 3D, modularità e ombreggiatura dei componenti; con questi accorgimenti la texture organica migliora il comfort tattile, mettendo in primo piano l'acqua come agente esperienziale. Per consolidare ulteriormente questa strategia 'materiale' si è esaminato il processo di produzione delle strutture in micelio (Fig. 2), a partire dalle fasi di preparazione dei rifiuti organici e di inoculazione del micelio fino al posizionamento negli stampi, crescita e asciugatura e indurimento finali.

L'altro materiale a base biologica impiegato si caratterizza per la bioluminescenza, una luce visibile (Fig. 3) che non produce calore emessa da particolari specie batteriche durante l'attività metabolica. Coltivabili in bioreattori o terreni nutritivi, questi organismi offrono una potenziale alternativa all'illuminazione convenzionale (Haddock, Moline and Case, 2010). Basandosi su questo principio biologico, sperimentazioni come Living Architecture (Fig. 4a) e Glowee (Fig. 4b) hanno analizzato gli effetti luminosi (Armstrong, 2012; Myers, 2012): il bagliore blu-verde emesso (circa 490 nm) genera un'atmosfera

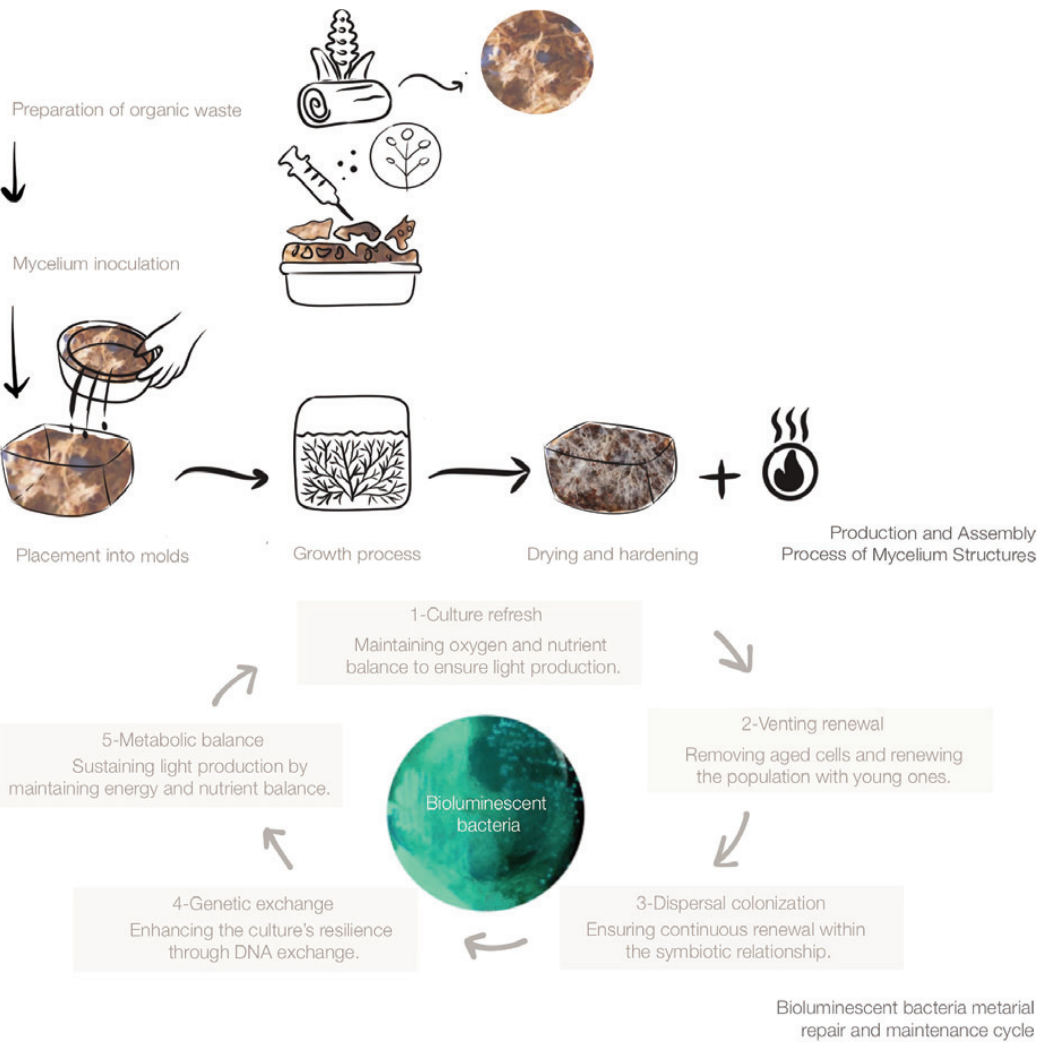
ra rilassante ed effimera, con intensità e durata della luce che variano a seconda delle condizioni ambientali; tuttavia questa variabilità è stata assunta dal progetto come un punto di forza, in quanto produce effetti temporanei e dinamici.

Il potenziale 'circolare' del materiale è ulteriormente enfatizzato da un ciclo di manutenzione speculativo, che inquadra la riparazione come parte della vita naturale del materiale piuttosto che come un'attività post-produzione. Il diagramma di Figura 5 illustra un processo rigenerativo in sei fasi (osservazione, rilevamento dei danni, preparazione, riparazione, monitoraggio e ricorrenza) attraverso il quale la durata è concepita come un processo continuo di rinnovamento. Questo modello speculativo, che è in linea con l'etica della cura e della riparazione nel design circolare, evidenzia la manutenzione come parte integrante della narrativa del design piuttosto che come fase tecnica separata.

Al di là dei benefici ecologici prodotti, i sistemi bioluminescenti alimentano l'empatia tra gli utenti e il loro ambiente, determinando ciò che Myers (2012) chiama 'intimità biologica'. In risposta alla loro 'fragilità', che richiede un'attenta progettualità, e 'vitalità', che necessita di particolari condizioni ambientali, i batteri bioluminescenti – selezionati e coltivati in condizioni ambientali controllate e poi iniettati in un terreno nutritivo per avviare la produzione di luce – sono incapsulati in moduli di plexiglass posizionati nella parte superiore della struttura, che funge sia da elemento di ombreggiamento durante il giorno sia da fonte di illuminazione tenue durante la notte, aumentando anche la percezione dell'acqua nelle ore notturne (Fig. 6). In linea con gli approcci sperimentali che promuovono il 'design a base biologica', gli effetti effimeri prodotti riposizionano l'acqua come un catalizzatore dinamico e attivo per stimolare convivialità, coinvolgimento sensoriale e riflessione sul tema della sostenibilità ambientale (Armstrong, 2012).

Sito e contesto del progetto | Il sito in cui si colloca la sperimentazione è stato concepito negli anni 2003-2004 come Campus universitario multifunzionale in

Criterion	Indicator / Parameter	Unit / Value	Reference / Source	Notes / Remarks
Component configuration	Surface element for fabrication and assembly	20 × 30 cm (indicative)	Design specification (this study)	Defines the approximate dimensional logic of components produced through mould-based fabrication; adaptable to site-specific geometries
Light intensity	A dim illumination visible from a close view of the water surface (≈0.5–1 m)	Light intensity (control): ~1.0 × 10 ⁶ RLU (Relative Light Units)	Kaku et alii (2021)	A faint glow may appear close to the water surface, creating an artistic and atmospheric illumination
Mycelium compressive strength	high-density fungal species, cold pressing, and sawdust substrate	An average range of 198.84–340.31 kg/m ³	Aiduang et alii (2022)	Adequate for non-structural elements such as seating and cladding surfaces
Surface neutrality	pH of the mycelium substrate after growth	≈ 5-8 pH	Aiduang et alii (2024)	Ensures compatibility with bioluminescent organisms and avoids microbial imbalance
Environmental impact	Embodied carbon emission factor	0.3668 kg CO _{2eq} / kg MBC (EN 15804 + A2)	Wattanavichean et alii (2025)	Derived from LCA data for bio-based composites; indicates low embodied carbon compared to conventional materials
Thermal conductivity	Material insulation capacity	0.04–0.06 W/m·K	Gezer and Kuştaş (2024)	Contributes to passive microclimatic comfort in outdoor settings
Maintenance interval	Renewal cycle of bioluminescent medium	2 days	Williams et alii (2019)	Corresponds to bacterial viability and sustained light emission; replacement interval is dependent on humidity and nutrient conditions
User interaction	Sensory engagement (light, texture, sound of water)	Qualitative	Scenario simulation within Research-through-Design	Evaluated through reflective, comparative, and observational methods within the research-through-design process



Tab. 2 | Performance framework and evaluation criteria for bio-based and water-integrated components (credit: the Authors, 2025).

Fig. 2 | Production and Assembly Process of Mycelium Structures (credit: the Authors, 2025).

Fig. 3 | Bioluminescent Bacteria repair and maintenance (credit: the Authors, 2025).

un contesto naturale nella parte asiatica di Istanbul. Con una superficie di 490 mila metri quadri, di cui 74 mila di spazio edificato e 65 mila di aree verdi paesaggistiche, il Campus integra funzioni educative, residenziali, ricreative e sociali che si sviluppano su una topografia con pendenze tra l'11 e il 15%, in cui edifici e cortili terrazzati, che si adagiano parallelamente alle curve di livello, sono collegati da un sistema di rampe e scale: l'impianto planimetrico riflette così sia le potenzialità che i limiti del sito, bilanciando le esigenze di integrazione con il contesto e quelle di accessibilità (Fig. 7).

Anche l'esposizione ha giocato un ruolo decisivo nell'articolazione dell'impianto planimetrico del Campus: i cortili orientati a sud migliorano l'illuminazione solare e le relazioni sociali all'aperto, l'attenta distribuzione dei volumi mitiga i venti freddi prevalenti da nord-est, mentre la presenza del bosco limitrofo, preservato nella sua consistenza originaria, rafforza la resilienza ecologica dell'insediamento. Le aree esterne fungono contemporaneamente da zone cuscinetto e spazi di aggregazione, inquadrando il Campus come una rappresentazione in scala della complessità urbana.

L'acqua è presente in sei vasche ornamentali di diverse dimensioni e configurazioni, ma mentre la maggior parte è collocata lungo i percorsi, una vasca è isolata in una piazza, sottoutilizzata e con limitate opportunità di interazione sociale e sensoriale; quest'ultima è stata scelta come caso studio per rigenerare l'area e promuovere una maggiore interazione sociale attraverso l'acqua (Fig. 8). Se da una prospettiva più ampia il Campus incarna le sfide che gli spazi pubblici contemporanei devono affrontare nel conciliare la sostenibilità ambientale con l'uso quotidiano, attraverso questa sperimentazio-

ne progettuale il Campus Sile si configura come un laboratorio vivente in cui integrare le dimensioni sensoriali ed ecologiche del design in linea con gli SDG 6, 11 e 13.

Proposta progettuale | La proposta progettuale risponde alle criticità di fruizione dello spazio e cerca di valorizzare le potenzialità individuate nell'analisi del sito; in particolare mira a trasformare la vasca isolata da elemento puramente estetico a punto focale sensoriale, ecologico e sociale. L'intervento consiste in una seduta organica che segue il profilo della vasca e che è sostenuta da una struttura leggera (Fig. 9) concepita con un sistema a telaio in acciaio o legno, materiali scelti per la loro durabilità e facilità di realizzazione. I piani della seduta variano in altezza, consentendo agli utenti di interagire con l'acqua sia da vicino che da posizioni più distanti; la configurazione modulare garantisce flessibilità, adattabilità e trasferibilità in contesti diversi (Fig. 10).

I compositi biodegradabili a base di micelio sono impiegati per arricchire l'esperienza spaziale grazie alla loro texture organica e per ridurre l'impatto ambientale del manufatto; le capsule bioluminescenti integrate forniscono un'illuminazione a consumo energetico nullo, valorizzando la presenza dell'acqua, in particolare durante le ore notturne (Fig. 11). Ogni componente della struttura modulare presenta miceli colati in stampi con la fabbricazione digitale; dopo essere stati essiccati a temperature controllate, i moduli vengono assemblati tramite inserti in legno; per la parte superiore del manufatto, che ha la funzione di una tettoia bioluminescente, si prevede un assemblaggio con tubi in plexiglass (Fig. 12).

Una delle innovazioni chiave del progetto è la valorizzazione dell'acqua non come elemento estetico, ma come risorsa, pertanto un piccolo erogatore, incorporato nel bordo della vasca, consente agli utenti di bere, richiamando così il ruolo di elemento vitale ed essenziale nello spazio pubblico: questa strategia reinserisce la dimensione funzionale dell'acqua nella vita collettiva contemporanea. Inoltre il progetto, che riconosce anche la presenza di altri abitanti del Campus, in particolare gatti e uccelli, prevede alcune vaschette adiacenti alle sedute che rafforzano il ruolo dell'acqua come mezzo per la 'coesistenza dell'ecosistema'; con questi accorgimenti l'intervento connota lo spazio pubblico come ambiente condiviso di interazione non solo tra studenti, docenti, personale amministrativo e visitatori, ma anche tra specie diverse.

La proposta nel suo insieme è quindi guidata da tre principi fondamentali: 1) integrazione con la topografia (trasformare le differenze di livello intorno alla piscina in un'esperienza spaziale); 2) adattamento climatico (migliorare il comfort attraverso strutture ombreggianti); 3) esperienza multiutente (consentire l'interazione con l'acqua sia per gli esseri umani che per le specie non umane). Questi principi sono stati sviluppati concettualmente nell'ambito del quadro di 'ricerca attraverso il design', garantendo la coerenza tra comfort ambientale, esperienza dell'utente e intento sensoriale. Il rinnovo periodico della materia bioluminescente (circa ogni 7-10 giorni) è previsto come parte della strategia di manutenzione del progetto, rafforzando l'idea di cura continua come atto di progettazione.

Seguendo questi principi l'intervento ridefinisce la vasca d'acqua come uno spazio pubblico attivo che favorisce il coinvolgimento sensoriale, la condivisione di un bene vitale tra tutti gli esseri viventi

del Campus e l'aggregazione sociale, piuttosto che rimanere un elemento paesaggistico passivo. Concepito come un sistema modulare e leggero, dal carattere inclusivo e low-tech e in linea con gli obiettivi più ampi di un design sostenibile e sensibile al clima (SDG 6, 11 e 13), il progetto è adattabile a condizioni climatiche e tessuti urbani differenti dove sono richiesti interventi ecologici su piccola scala.

La Figura 13 è una rappresentazione concettuale del progetto in ambiente sia diurno che notturno: gli elementi bioluminescenti integrati di notte si trasformano in una luce guida, fornendo orientamento e migliorando l'individuazione dei percorsi e dopo il tramonto incoraggiano l'uso della vasca d'acqua da parte di esseri umani e animali, estendendo la presenza ecologica e sociale del manufatto fino all'alba.

Conclusioni | Il presente studio contribuisce al dibattito sul valore dell'acqua come catalizzatore culturale, sensoriale ed ecologico negli spazi pubblici contemporanei: attraverso la proposta di una micro-architettura, si dimostra come la convivialità, il coinvolgimento multisensoriale e la consapevolezza ecologica possano essere promossi attraverso strategie che utilizzano 'materiali viventi'. In questo modo l'intervento ridefinisce l'acqua non solo come elemento decorativo o infrastrutturale, ma come mezzo attivo di reciprocità ecologica e di aggregazione sociale, stimolando il dibattito su come il design possa fungere da mediatore di resilienza nella condizione urbana.

L'integrazione di compositi di micelio e batteri bioluminescenti riflette un approccio speculativo e allo stesso tempo di stimolo all'innovazione dei materiali. Il micelio si caratterizza per biodegradabilità, regolazione termica ed esperienza tattile, ma solleva questioni di durabilità e standardizzazione, mentre i sistemi bioluminescenti forniscono un'illuminazione a consumo energetico nullo e atmosfere sensoriali effimere, ma rimangono fragili e richiedono una manutenzione continua. Nonostante i limiti questi materiali sono esplorati come agenti sperimentali che attivano riflessione e aprono nuovi dialoghi tra biologia, design e architettura, confortati da ricerche recenti che mostrano come i compositi a base biologica e l'estetica effimera possano fungere da ponte tra responsabilità ecologica e sperimentazione progettuale (Berretta, Desideri and Staltari, 2024). Oltre ad allinearsi con gli SDG 6, 11, 12 e 13, il progetto determina sinergie con l'SDG 3 (benessere) attraverso esperienze sensoriali rigeneranti e

con l'SDG 15 (ecosistemi terrestri) attraverso l'accesso all'acqua per più specie. Tuttavia l'impiego di sistemi bioluminescenti oltre a mettere in luce il potenziale innovativo del progetto evidenzia alcuni compromessi con l'SDG 9 (industria, innovazione e infrastrutture) perché pur garantendo un'emissione luminosa priva di consumo elettrico diretto, i batteri necessitano di un ambiente termico stabile, di un pH controllato e di periodici apporti 'nutritivi': tali fattori, se non gestiti con rigore, riducono l'affidabilità dell'installazione e ne limitano la scalabilità industriale.

Rispetto ai requisiti di resilienza dell'SDG 9, la proposta funge dunque da dimostratore di filiere biodigitali ancora in via di definizione e richiede l'adozione di protocolli di manutenzione automatizzati, nonché l'integrazione di fonti LED di cortesia a basso consumo che garantiscano un livello minimo di sicurezza illuminotecnica in caso di spegnimento batterico. Sul piano della governance l'introduzione di 'materiali viventi' apre un confronto con l'SDG 16, che richiama la necessità di norme univoche in materia di biosicurezza e gestione di microrganismi non patogeni in spazi pubblici che specifichino ruoli, azioni di monitoraggio, procedure di smaltimento e percorsi partecipativi per informare in modo trasparente utenti e comunità, riducendo paure o resistenze culturali. Rendere espliciti questi aspetti dimostra che l'innovazione biomateriale non è soltanto un vantaggio ambientale immediato, ma anche un banco di prova per nuove infrastrutture resilienti e per l'evoluzione di standard normativi condivisi.

L'approccio proposto invita quindi a considerare il progetto non solo come un'esperienza sensoriale, ma anche come piattaforma sperimentale capace di stimolare la redazione di protocolli tecnici, gestionali e istituzionali replicabili in altri contesti urbani, valutando al contempo le prestazioni ecologiche a lungo termine, la fattibilità tecnica e l'accettazione sociale dei materiali viventi in diversi contesti climatici, sperimentando anche linguaggi innovativi come il Verbal Design Modelling (Mascitti and Paciotti, 2024) per interfacce multispecie.

Historically, the multisensory qualities of water – visual, acoustic, and thermal – have shaped collective life and strengthened social cohesion beyond its infrastructural role. In contemporary urban contexts, however, this relationship has weakened, as water often becomes decorative or hidden, reflecting a growing distance from the natural ecosystem. This

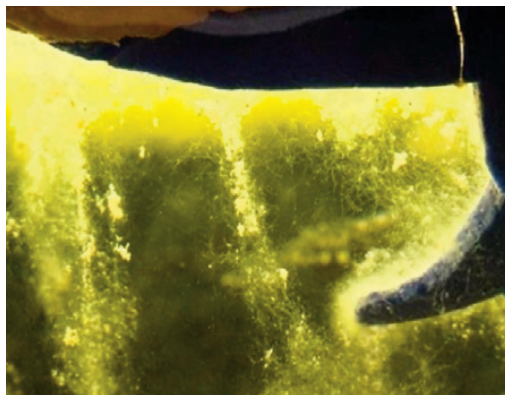


Fig. 4 | Examples of bioluminescent design prototypes: a) Living Architecture bio-reactor brick; b) Glowee façade lighting experiment (sources: glowee.com; ncl.ac.uk).

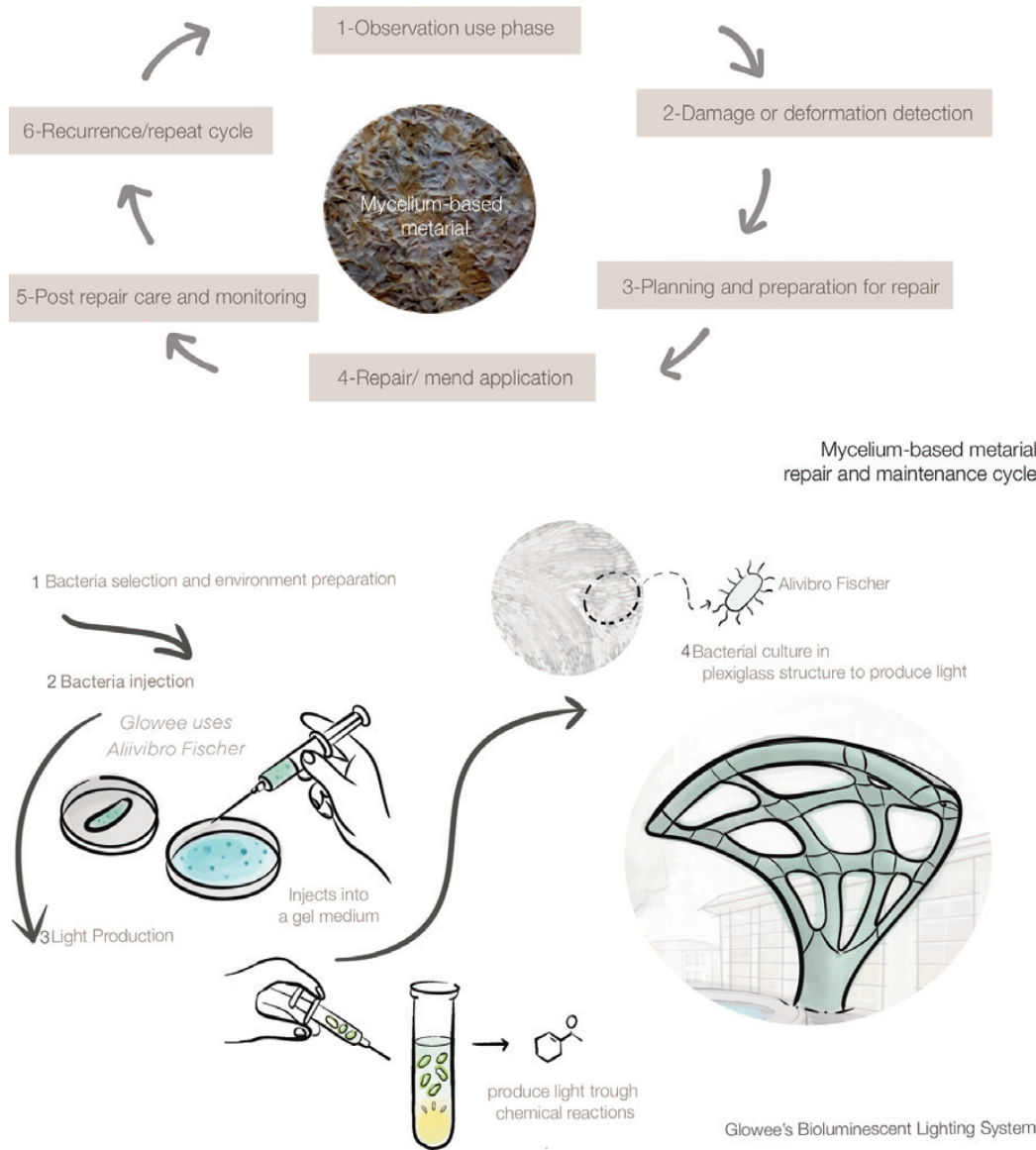


Fig. 5 | Mycelium-based material repair and maintenance cycle (credit: the Authors, 2025).

Fig. 6 | Production and Application Process of Bioluminescent Bacteria (credit: the Authors, 2025).

environmental performance and spatial perception, proposing a conceptual framework for micro-architectural interventions that use bio-based materials, particularly mycelium composites and bioluminescent systems, as mediators of multisensory engagement. Based on performance parameters derived from recent studies, the research outlines a methodological model for climate-sensitive design, repositioning water as an active perceptual medium that broadens the debate on multispecies design and sensory urbanism. From a structural point of view, the article develops by situating water in a historical context, outlining the methodology of 'research-through-design', presenting the case study and materials strategy, and concluding with reflections on the limitations and replicability of climate-sensitive design.

Similar approaches in recent scientific literature have explored innovation in the use of water and materials in urban settings at different scales: Solarek (2021) investigates water space management at the urban level, emphasizing planning strategies rather than specific site design, Cortesão and Lenzholzer (2022) outline the broader potential of 'research-through-design' in urban and landscape practice, while Langie, Rybak-Niedziółka and Hubáčková (2022) have studied the typologies and cultural values of public fountains, providing a valuable basis for understanding their social and ecological role. The present study implements these insights by developing a micro-architecture that incorporates water and 'bio-based materials', reformulating their typological reading into an adaptable, design-oriented proposal for contemporary public space.

Case studies | International practices integrating water and biological materials were analyzed, compared and organized according to scale, water strategy, biomaterial integration and transferability, outlining the evaluation criteria for the different experimental and applied approaches (Tab. 1). The comparative review reveals two main trends: experimental projects (such as Fungal Sensing Skin and Bioluminescent Wood) mainly promote the sensory and ecological potential of living materials, but face limitations in terms of durability, maintenance and cost, while urban-scale interventions (e.g., Water-square and Building on the Water) effectively translate water into a collective experience, but lack material innovation and long-term ecological feedback. Intermediate-scale projects such as Aguahojá and 3D WASP Living Bio-based Materials, on the other hand, demonstrate a promising capacity for syn-

condition requires design approaches that redefine water as an active means of perception and ecological awareness.

International literature also emphasizes the role of water in defining public space: Norberg-Schulz (1980) frames elemental forces, including water, as anchors of collective identity, placing them within the phenomenology of place-making as central agents of spatial identity; contributions in the field of urban planning highlight the importance of multisensory experiences related to water for urban resilience (Pallasmaa, 2005; Bille and Sorensen, 2016; Grusso et alii, 2025); studies on the urban landscape show that water contributes to the creation of regenerative environments, promoting both ecological systems and human well-being (Önge, 1997; White et alii, 2013; Selman, 2012; Lu et alii, 2025).

The role of water in public spaces develops across several conceptual levels: 1) Life and Nature, as a source of life that connects settlements to ecological systems and symbolizes vitality; 2) Purification and Tranquillity, which embody physical and metaphysical purification by creating places of physical and mental refreshment; 3) Social Ritual and Aggregation, serving as infrastructure in which water sources become theatres of social interaction, fostering collective encounters and rituals (Manni and Valzano, 2023). Despite the growing emphasis on blue-green infrastructure (Fletcher et

alii, 2015; Newman, 2020; Corradi et alii, 2024), water in cities often remains hidden or ornamental, lacking sensory and social resonance (Kaika, 2005). In line with the findings of Cesare Sposito (2017), water has long served as both a material and a symbolic component of architecture and as a mediator between the environmental and perceptual domains, which is the central perspective of this study's conceptual framework.

Within this context, characterized by the loss of multiple values and meanings of water, the contribution illustrates a micro-architecture project that aims to restore water's role as a catalyst for well-being and social aggregation. By conceptualizing and reformulating spatial and social principles of antiquity, the project aligns itself with broader global challenges and the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs; UN, 2015): in particular, it contributes to SDG 6 (Clean Water and Sanitation), highlighting the accessibility of water and its role in sustaining life, SDG 11 (Sustainable cities and communities) by improving the inclusiveness and quality of public spaces, SDG 12 (Responsible consumption and production) through the use of bio-based materials, and SDG 13 (Climate action) by framing water as a microclimate regulator in the context of ecological resilience.

The study reinterprets the ecological role of water through a research-project perspective that links

thesis that combines environmental sensitivity and design experimentation.

In this landscape, the proposed study positions itself as micro-architecture on an intermediate scale, combining the performative and sensory qualities of bio-based materials with the inclusiveness of public space. The findings from this comparative analysis informed the methodological framework and performance criteria (component configuration, light intensity, material resistance, and pH neutrality), intending to establish a replicable model for climate-sensitive design in public spaces.

Methodology and phases of the research | This study is based on the ‘research-through-design’ methodology, which considers the design process not only as a path to a result, but also as a primary mode of investigation and knowledge production. The approach is based on exploratory practices guided by the principles outlined by scholars such as Gaver (2012), Cortesão and Lenzholzer (2022), and Uzunkaya and Kahvecioglu (2022), and in particular on comparable experiments in the field of environmental and water design, such as that of Valente et alii (2022) on green infrastructure and rainwater, which highlight the relevance of water for the integration of ecological systems in design-led investigation. In this context, the central question of the research on ‘how to reintegrate water as a cultural, ecological and sensory catalyst in contemporary public spaces’ is explored through an integrated sequence of analytical and generative phases of ‘research-through-design’, from contextual analysis and typological reinterpretation to modular principles and spatial synthesis (Fig. 1).

The Sile Campus of FMV Işık University (Turkey) was chosen as the location for this experiment because it represents a multifunctional micro-city surrounded by nature. The Campus hosts a wide range of users, including students, academic and administrative staff, and visitors, while integrating various functions such as education, sports, catering, and recreation. This plurality of users and functions shapes the simultaneous presence of diverse socio-spatial needs and provides valuable stimuli for the design of public spaces. The analysis, which mapped the water features (active and passive), paths, connection systems (ramps, stairs, terraces), and user flows on the Campus, revealed that almost all the water basins are located along paths, ramps, and stairs, except for one, which is in the main square and isolated. The analysis of the sites, therefore, reveals fragmented and weak relationships between water,

space, and social life, which formed the central theme of the project.

The design criteria were modelled on the interactions between water and humans that existed in ancient times, transferring the fundamental principles of conviviality, sociability and multisensory experience to a contemporary context, through a reinterpretation of the three leading roles of water in public life: social (bringing people together and promoting shared experiences), sensory (enriching the spatial experience through sound, matter and light) and ecological (regulating microclimates and giving visibility to the cyclical presence of water).

The production process uses moulds and digital manufacturing for the mycelium components,

ensuring precision and scalability while generating organic geometries that adapt to the site’s topography. Living materials – mycelium composites and bioluminescent systems – are fundamental elements of the project due to their ecological and sensory performance, which can be measured using specific indicators.

The project development is structured in five phases: 1) Mapping of the context, through the identification of water basins, paths, user flows and microclimatic data; 2) Reinterpretation of the ‘water places’ of the past and their adaptation to the context of the Campus; 3) Definition of the performance framework to establish measurable criteria linking ecological, material and sensory dimensions; 4) Restitution of

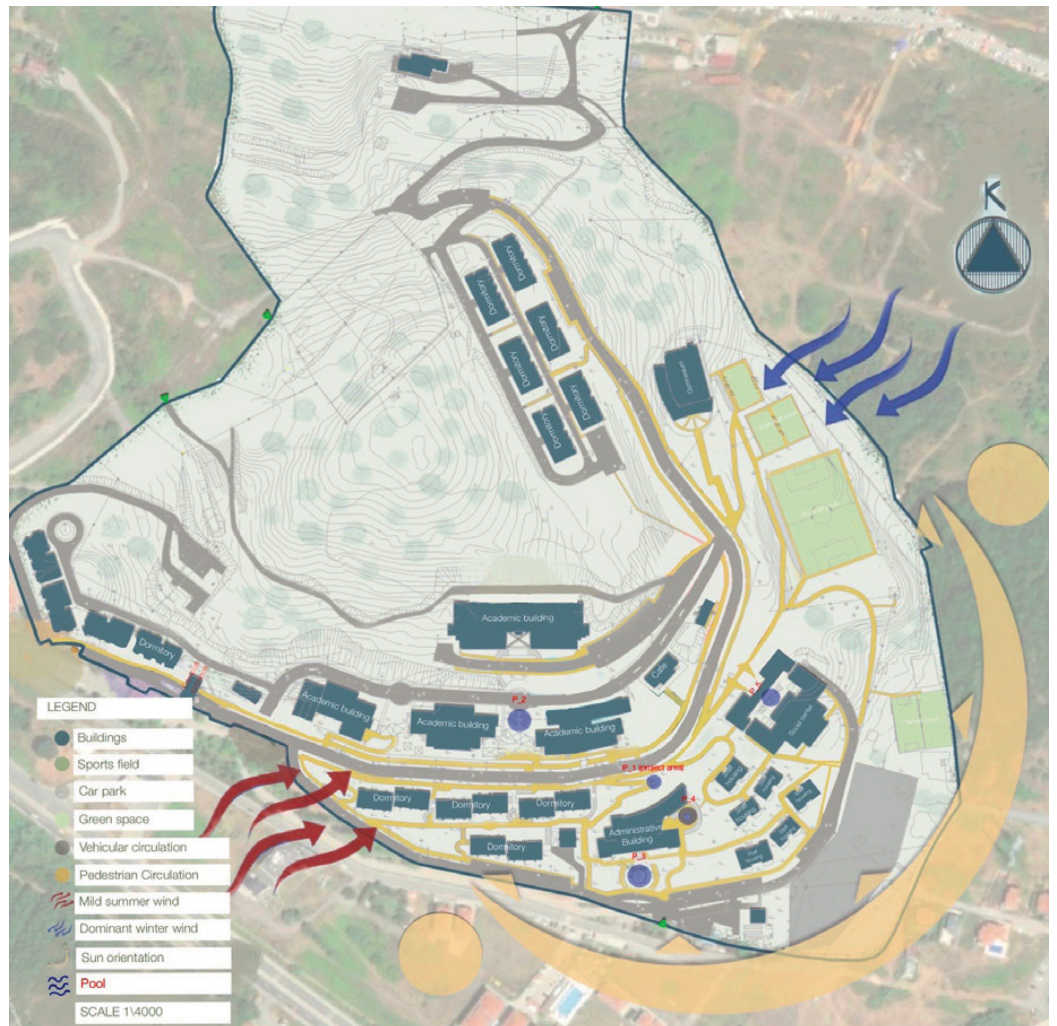


Fig. 7 | Campus Site Plan (credit: S. Sevinç, 2022).

Fig. 8 | The pools and Main Pedestrian Axes (credit: the Authors, 2025).



design concepts through diagrams, perspectives, sections and 3D models as methodological tools for evaluation; 5) Synthesis, for the integration of the above into a coherent and site-sensitive design.

Table 2 illustrates the performance framework and evaluation criteria considered in the research and development process. The parameters, derived from recent research on bio-based materials and environmental design, provide established indicators in the literature for evaluating ecological performance and sensory quality during project development; in particular, light intensity, compressive strength, pH neutrality, embodied carbon, thermal conductivity, maintenance cycle, and sensory interaction are noteworthy. The framework within the ‘research-through-design’ process serves as a methodological model that can be transferred to different climatic and cultural contexts beyond the site of the present experiment.

Bio-based ‘living’ materials and their integration into the design | The project is based on two biologically-based materials, namely mycelium and bioluminescent bacteria, in line with the notion of ‘design that embraces biological action’ (Moschetti, 2020; Mascitti and Paciotti, 2024) and in line with emerging studies that use ‘living organisms’ in design (Chayaamor-Heil et alii, 2024). This choice not only responds to aesthetic considerations, but also contributes to the implementation of strategies based on innovative bio-based materials that are increasingly seen as promoters of ecological responsibility and experiential quality (Berretta, Desideri and Staltari, 2024; Camere and Karana, 2018): in fact, they holistically reinforce the sensory role of water in public spaces, while opening up possibilities for low-tech and circular interventions.

Mycelium-based composites are obtained through the bioproduction of lignocellulosic agricultural

waste with fungal mycelium, a process that does not use synthetic products but completely biodegradable, compostable and low-carbon elements (Holt et alii, 2012; Elsacker et alii, 2020), as highlighted in scientific literature, which also emphasizes its lightness and adaptability to different shapes (Appels et alii, 2019; Aiduang et alii, 2022; Alaneme, 2023). Its thermal insulation and moisture regulation properties are significant for outdoor comfort, although mechanical strength and impermeability vary depending on the species, substrate, and processing methods.

In design, mycelium has increasingly been recognized as a ‘living material’ that shapes both the form of the object and its interaction with the user (Karana et alii, 2015). While Camere and Karana (2018) highlight its potential, describing biological growth as a generator of spatial and sensory qualities, recent experimental practices have emphasised mycelium as part of a broader circular economy, in which waste recovery is integrated with speculative aesthetics. Among the advantages of its use are compostability, low embodied energy, and variety of textures, while the limitations concern durability and the uniformity of production (Sydor et alii, 2022).

In the project proposal, the limitations of bio-based materials were addressed through protective coatings, 3D printing, modularity, and component shading; with these measures, the organic texture improves tactile comfort, foregrounding water as an experiential agent. To further consolidate this ‘material’ strategy, the production process of mycelium structures was examined (Fig. 2), from the preparation of organic waste and mycelium inoculation to placement in moulds, growth, drying, and final hardening.

The other bio-based material used is characterized by bioluminescence, a visible light (Fig. 3) that does not produce heat, emitted by particular bacterial species during metabolic activity. Cultivable in bioreactors or nutrient media, these organisms offer

a potential alternative to conventional lighting (Haddock, Moline and Case, 2010). Based on this biological principle, experiments such as Living Architecture (Fig. 4a) and Glowee (Fig. 4b) have analysed the lighting effects (Armstrong, 2012; Myers, 2012): the blue-green glow emitted (approximately 490 nm) creates a relaxing and ephemeral atmosphere, with the intensity and duration of the light varying according to environmental conditions; however, this variability has been taken up by the project as a strength, as it produces temporary and dynamic effects.

The ‘circular’ potential of the material is further emphasised by a speculative maintenance cycle that frames repair as part of the material’s natural life rather than a post-production activity. The diagram in Figure 5 illustrates a six-stage regenerative process (observation, damage detection, preparation, repair, monitoring, and recurrence) through which durability is conceived as a continuous process of renewal. This speculative model, aligned with the ethics of care and repair in circular design, highlights maintenance as an integral part of the design narrative rather than as a separate technical stage.

Beyond the ecological benefits they produce, bioluminescent systems foster empathy between users and their environment, creating what Myers (2012) calls ‘biological intimacy’. In response to their ‘fragility’, which requires careful design, and ‘vitality’, which necessitates specific environmental conditions, bioluminescent bacteria – selected and cultivated in controlled environmental conditions and then injected into a nutrient medium to initiate light production – are encapsulated in plexiglass modules positioned at the top of the structure, which acts both as a shading element during the day and a source of soft lighting at night, also enhancing the perception of water at night (Fig. 6). In line with experimental approaches that promote ‘biologically based design’, the ephemeral effects produced re-

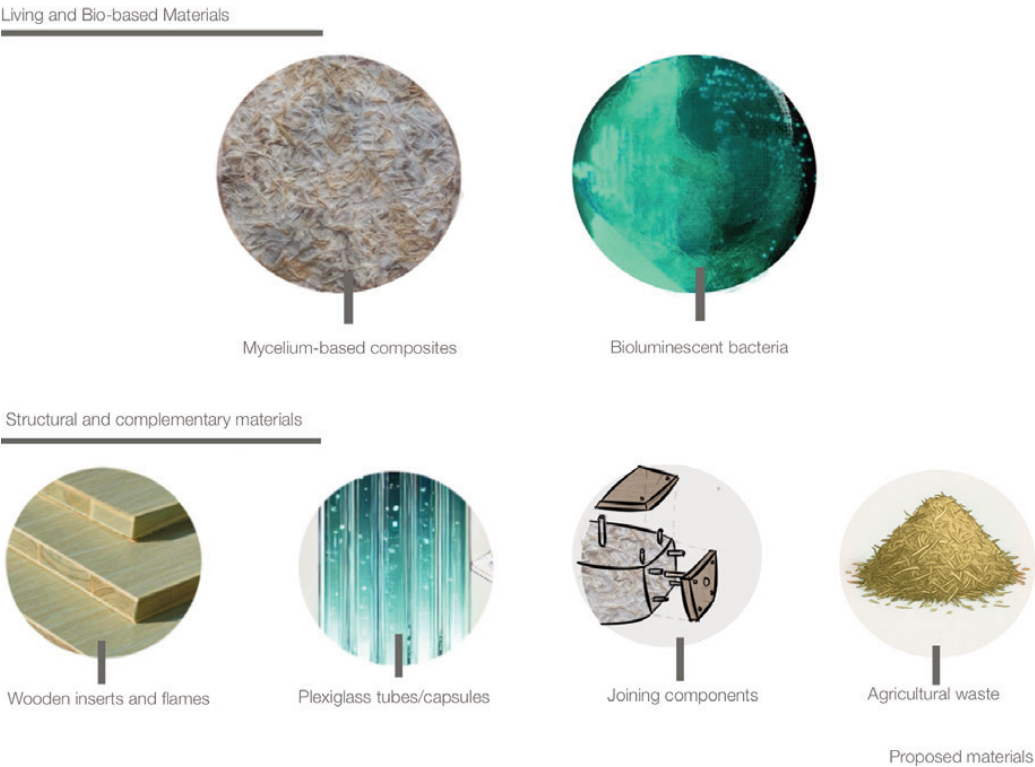
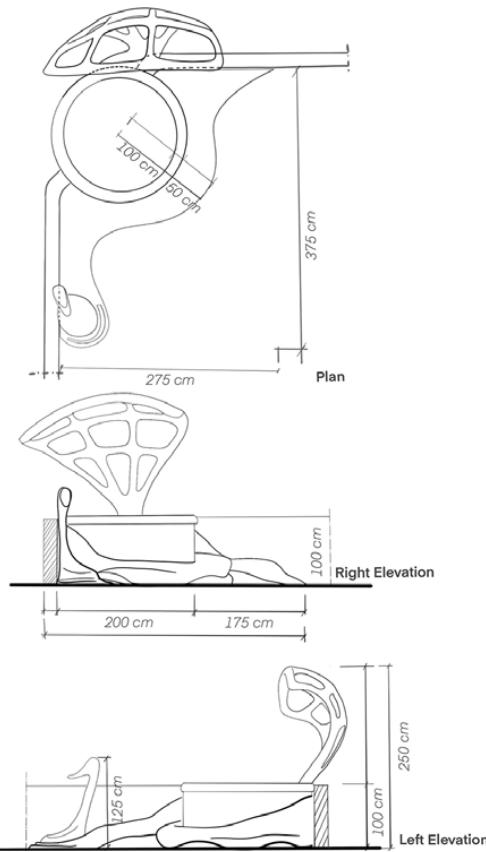


Fig. 9 | Technical Drawings of the design proposal (credit: the Authors, 2025).

Fig. 10 | Proposed Materials (credit: the Authors, 2025).

Fig. 11 | Assembly Processes of Proposed Design (credit: the Authors, 2025).

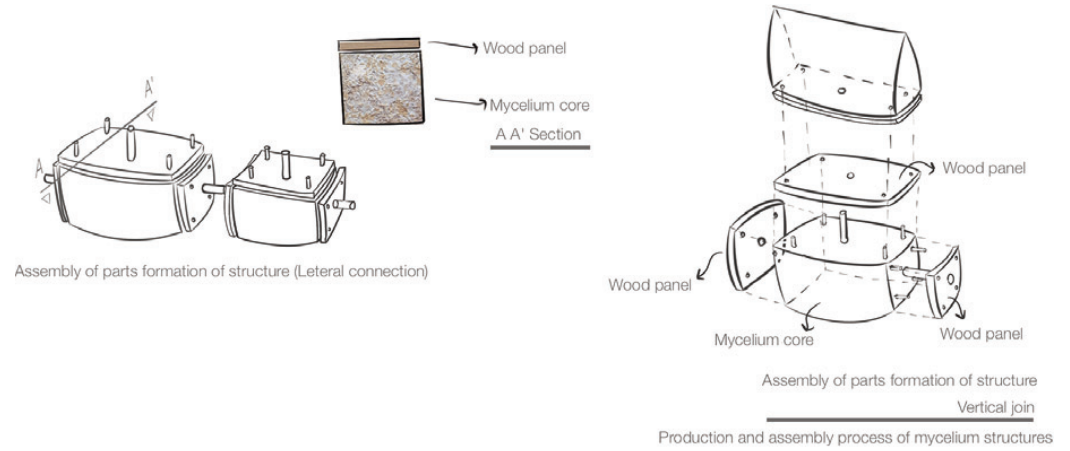


Fig. 12 | Structural Assembly of Modular Mycelium Seating and Bioluminescent Canopy (credit: the Authors, 2025).

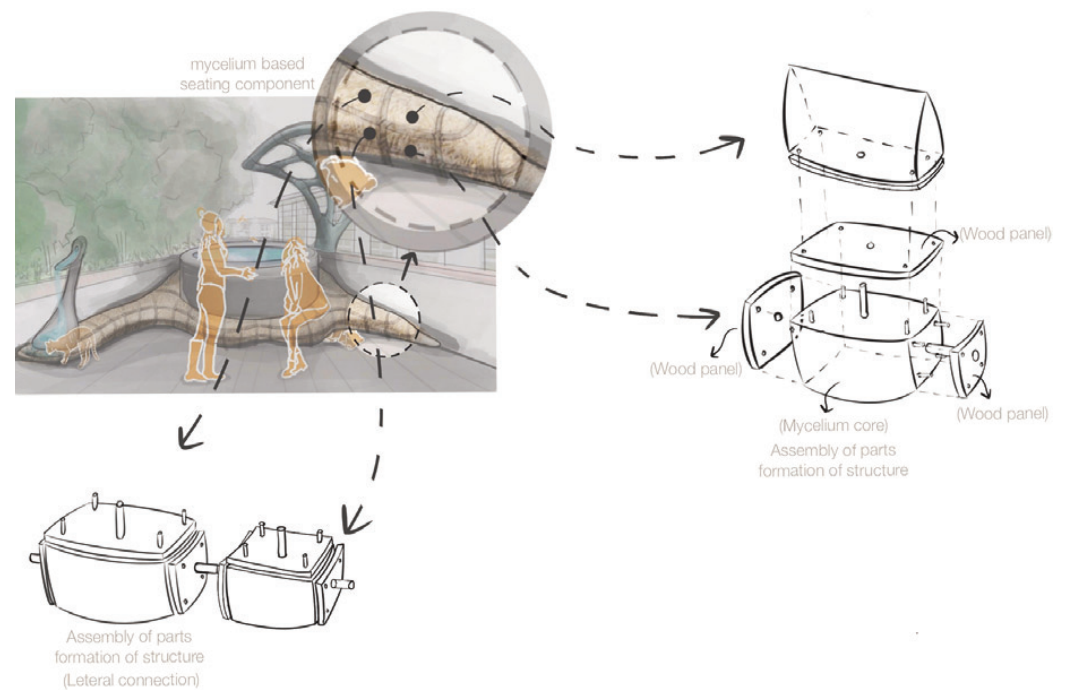
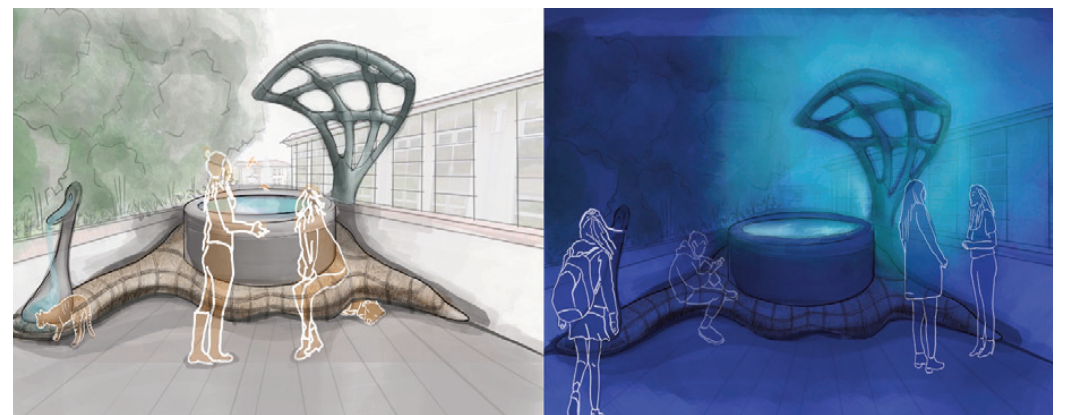


Fig. 13 | Conceptual Visualisation of the proposal day and night (credit: the Authors, 2025).



position water as a dynamic and active catalyst for stimulating conviviality, sensory engagement and reflection on the theme of environmental sustainability (Armstrong, 2012).

Site and design context | The site where the experiment is taking place was designed in 2003-2004 as a multifunctional university campus in a natural setting on the Asian side of Istanbul. Covering an area of 490,000 square metres, of which 74,000 are built-up space and 65,000 are landscaped green areas, the campus integrates educational, residential, recreational and social functions on a topogra-

phy with slopes between 11 and 15%, where buildings and terraced courtyards, which lie parallel to the contour lines, are connected by a system of ramps and stairs: the layout thus reflects both the potential and the limitations of the site, balancing the need for integration with the context and accessibility (Fig. 7). Exposure also played a decisive role in the layout of the Campus: south-facing courtyards improve sunlight and outdoor social relations, the careful distribution of volumes mitigates the prevailing cold north-easterly winds, while the presence of the neighbouring forest, preserved in its original form, reinforces the ecological resilience of the settlement. The out-

door areas serve as both buffer zones and gathering spaces, framing the Campus as a scale representation of urban complexity.

Water is present in six ornamental pools of different sizes and configurations, but while most are located along the paths, one pool is isolated in a square, underused and with limited opportunities for social and sensory interaction; the latter was chosen as a case study to regenerate the area and promote greater social interaction through water (Fig. 8). From a broader perspective, the Campus embodies the challenges that contemporary public spaces face in reconciling environmental sustainability with

everyday use. Through this design experiment, the Sile Campus is configured as a living laboratory to integrate the sensory and ecological dimensions of design in line with the SDGs 6, 11, and 13.

Design Proposal | The project proposal addresses the critical issues of space utilization and seeks to enhance the potential identified in the site analysis. In particular, it aims to transform the isolated pool from a purely aesthetic element into a sensory, ecological, and social focal point. The intervention consists of an organic seat that follows the pool's profile and is supported by a lightweight structure (Fig. 9) with a steel or wooden frame, using materials chosen for their durability and ease of construction. The seat surfaces vary in height, allowing users to interact with the water both up close and from more distant positions; the modular configuration ensures flexibility, adaptability, and transferability to different contexts (Fig. 10).

Biodegradable mycelium-based composites are used to enrich the spatial experience thanks to their organic texture and to reduce the environmental impact of the structure; integrated bioluminescent capsules provide zero-energy lighting, enhancing the presence of water, particularly at night (Fig. 11). Each component of the modular structure features mycelium cast in moulds using digital manufacturing; after being dried at controlled temperatures, the modules are assembled using wooden inserts; for the upper part of the structure, which functions as a bioluminescent canopy, assembly with Plexiglas tubes is planned (Fig. 12).

One of the key innovations of the project is the enhancement of water not as an aesthetic element but as a resource. A small dispenser, incorporated into the edge of the tank, allows users to drink, thus recalling the role of water as an essential element in public spaces. This strategy reintroduces the functional dimension of water into contemporary collective life. Furthermore, the project, which also recognizes the presence of other inhabitants of the Campus, in particular cats and birds, includes many basins adjacent to the seats that reinforce the role of water as a means of 'ecosystem coexistence'; with these measures, the intervention characterizes the public space as a shared environment for interaction not only between students, teachers, administrative staff and visitors, but also between different species.

Three fundamental principles, therefore, guide the proposal as a whole: 1) integration with the topography (transforming the differences in level around the pool into a spatial experience); 2) climate adaptation (improving comfort through shading

structures); 3) multi-user experience (enabling interaction with water for both humans and non-human species). These principles were developed conceptually within the framework of 'research-through-design', ensuring consistency between environmental comfort, user experience, and sensory intent. The periodic renewal of the bioluminescent material (approximately every 7-10 days) is planned as part of the project's maintenance strategy, reinforcing the idea of continuous care as a design act.

Following these principles, the intervention redefines the water basin as an active public space that encourages sensory engagement, the sharing of a vital resource among all living beings on the Campus, and social aggregation, rather than remaining a passive landscape element. Conceived as a modular, lightweight system with an inclusive, low-tech character and aligned with the broader objectives of sustainable, climate-sensitive design (SDGs 6, 11, and 13), the project is adaptable to diverse climatic conditions and urban fabrics that require small-scale ecological interventions.

Figure 13 is a conceptual representation of the project in both daytime and nighttime environments: at night, the integrated bioluminescent elements transform into a guiding light, providing orientation and improving the identification of paths, and after sunset, they encourage the use of the water basin by humans and animals, extending the ecological and social presence of the structure until dawn.

Conclusion | This study contributes to the debate on the value of water as a cultural, sensory, and ecological catalyst in contemporary public spaces. The proposal of a micro-architecture demonstrates how conviviality, multisensory involvement, and ecological awareness can be promoted through strategies that use 'living materials'. In this way, the intervention redefines water not only as a decorative or infrastructural element but also as an active means of ecological reciprocity and social aggregation, stimulating debate on how design can act as a mediator of resilience in the urban environment.

The integration of mycelium composites and bioluminescent bacteria reflects a speculative approach that also stimulates innovation in materials. Mycelium is characterized by biodegradability, thermal regulation, and tactile experience. However, it raises questions of durability and standardization, while bioluminescent systems provide zero-energy lighting and ephemeral sensory atmospheres, but remain fragile and require continuous maintenance. Despite their limitations, these materials are being explored as experimental agents that stimulate reflection and open new dialogues between biology,

design, and architecture, supported by recent research showing how bio-based composites and ephemeral aesthetics can bridge the gap between ecological responsibility and design experimentation (Berretta, Desideri and Staltari, 2024).

In addition to aligning with SDGs 6, 11, 12, and 13, the project creates synergies with SDG 3 (good health and well-being) through regenerative sensory experiences and with SDG 15 (life on land) through access to water for multiple species. However, the use of bioluminescent systems, in addition to highlighting the innovative potential of the project, also highlights some compromises with SDG 9 (industry, innovation and infrastructure) because, although they guarantee light emission without direct electricity consumption, the bacteria require a stable thermal environment, controlled pH, and periodic 'nutritional' inputs. If these factors are not rigorously managed, they reduce the installation's reliability and limit its industrial scalability.

Concerning the resilience requirements of SDG 9, the proposal therefore serves as a demonstrator of bio-digital supply chains that are still being defined and requires the adoption of automated maintenance protocols, as well as the integration of low-consumption LED courtesy sources that guarantee a minimum level of lighting safety in the event of bacterial shutdown.

In terms of governance, the introduction of 'living materials' opens up a comparison with SDG 16, which calls for clear rules on biosafety and the management of non-pathogenic microorganisms in public spaces, specifying roles, monitoring actions, disposal procedures, and participatory processes to inform users and communities transparently, reducing fears or cultural resistance. Making these aspects explicit demonstrates that biomaterial innovation is not only an immediate environmental benefit but also a testing ground for new resilient infrastructures and the evolution of shared regulatory standards.

The proposed approach therefore invites us to consider the project not only as a sensory experience, but also as an experimental platform capable of stimulating the drafting of technical, managerial and institutional protocols that can be replicated in other urban contexts, while evaluating long-term ecological performance, the technical feasibility and social acceptance of living materials in different climatic contexts, while also experimenting with innovative languages such as Verbal Design Modelling (Mascitti and Paciotti, 2024) for multispecies interfaces.

Acknowledgements

This contribution is the result of joint reflection by the Authors. This study was initiated in 2022 as part of a graduate-level course at FMV Işık University (Turkey) and subsequently developed independently through observations and user feedback. No external funding was used.

References

Adamatzky, A., Gandia, A. and Chiolerio, A. (2021), "Towards fungal sensing skin", in *Fungal Biol Biotechnol*, vol. 8,

issue 6, pp. 1-7. [Online] Available at: doi.org/10.1186/s40694-021-00113-8 [Accessed 11 October 2025].

Aiduang, W., Jatuwong, K., Luangham, T., Jinanukul, P., Thamjaree, W., Teeraphantuvat, T., Waroonkun, T. and Lumyong, S. (2024), "A Review Delving into the Factors Influencing Mycelium-Based Green Composites (MBCs) Production and Their Properties for Long-Term Sustainability Targets", in *Biomimetics*, vol. 9, issue 6, article 337, pp. 1-25. [Online] Available at: doi.org/10.3390/biomimetics9060337 [Accessed 11 October 2025].

Aiduang, W., Kumla, J., Srinuanpan, S., Thamjaree, W., Lumyong, S. and Suwannarach, N. (2022), "Mechanical,

Physical, and Chemical Properties of Mycelium-Based Composites Produced from Various Lignocellulosic Residues and Fungal Species", in *Journal of Fungi*, vol. 8, issue 11, article 1125, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.3390/jof8111125 [Accessed 11 October 2025].

Alaneme, K. K., Anaele, J. U., Oke, T. M., Kareem, S. A., Adediran, M., Ajibuwa, O. A. and Anabaranze, Y. O. (2023), "Mycelium based composites – A review of their bio-fabrication procedures, material properties and potential for green building and construction applications", in *Alexandria Engineering Journal*, vol. 83, pp. 234-250. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.aej.2023.10.012 [Accessed 11 October 2025].

- Appels, F. V. W., Camere, S., Montalti, M., Karana, E., Jansen, K. M. B., Dijksterhuis, J., Krijgsheld, P. and Wösten, H. A. B. (2019), "Fabrication factors influencing mechanical, moisture- and water-related properties of mycelium-based composites", in *Materials and Design*, vol. 161, pp. 64-71. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.matdes.2018.11.027 [Accessed 11 October 2025].
- Armstrong, R. (2012), *Living Architecture – How Synthetic Biology Can Remake Our Cities and Reshape Our Lives*, TED Conferences, New York.
- Berretta, T., Desideri, F. and Staltari, M. (2024), "Il progetto dello spazio pubblico, tra complessità e crisi ecologica – Da sfida a opportunità per la rigenerazione urbana | Public space project, between complexity and ecological crisis – From challenge to opportunity for urban regeneration", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 74-87. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1662024 [Accessed 11 October 2025].
- Bille, M. and Sorensen, T. F. (eds) (2016), *Elements of Architecture – Assembling archaeology, atmosphere and the performance of building spaces*, Routledge, London.
- Camere, S. and Karana, E. (2018), "Fabricating materials from living organisms – An emerging design practice", in *Journal of Cleaner Production*, vol. 186, pp. 570-584. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.081 [Accessed 11 October 2025].
- Chayaamor-Heil, N., Houette, T., Demirci, Ö. and Badarnah, L. (2024), "The Potential of Co-Designing with Living Organisms – Towards a New Ecological Paradigm in Architecture", in *Sustainability*, vol. 16, issue 2, article 673, pp. 1-36. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su16020673 [Accessed 11 October 2025].
- Corradi, M., Stevens, T., Macaione, I., Raffa, A. and Andarolo, B. (2024), "Rigenerazione climatica green degli street-scapes – L'esperienza di De Urbanisten ad Anversa | Green climate-adaptive streetscapes regeneration – The De Urbanisten Experience in Antwerp", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 60-73. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/1652024 [Accessed 11 October 2025].
- Cortês, J. and Lenzholzer, S. (2022), "Research through design in urban and landscape design practice", in *Journal of Urban Design*, vol. 27, issue 6, pp. 617-633. [Online] Available at: doi.org/10.1080/13574809.2022.2062313 [Accessed 11 October 2025].
- Elsacker, E., Vandelook, S., Van Wylick, A., Ruytinx, J., De Laet, L. and Peeters, E. (2020), "A comprehensive framework for the production of mycelium-based lignocellulosic composites", in *Science of The Total Environment*, vol. 725, article 138431, pp. 1-16. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138431 [Accessed 11 October 2025].
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D. and Viklander, M. (2015), "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage", in *Urban Water Journal*, vol. 12, issue 7, pp. 525-542. [Online] Available at: doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314 [Accessed 11 October 2025].
- Gaver, W. (2012), "What should we expect from Research Through Design?", in Konstan, J. A., Chi, E. H. and Höök, K. (eds), *CHI'12 – Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Austin, Texas, May 5-10, 2012*, Association for Computing Machinery, New York (NY), pp. 937-946. [Online] Available at: dl.acm.org/doi/10.1145/2207676.2208538 [Accessed 11 October 2025].
- Gezer, E. D. and Kuştaş, S. (2024), "Acoustic and Thermal Properties of Mycelium-based Insulation Materials Produced from Desilicated Wheat Straw – Part B", in *BioResources*, vol. 19, issue 1, pp. 1348-1364. [Online] Available at: doi.org/10.15376/biores.19.1.1348-1364 [Accessed 11 October 2025].
- Gruosso, S., Del Signore, M. and Di Cinzio, S. (2025), "The extended mind of public space: how urban design shapes human experience", in *Frontiers in Built Environment*, vol. 10, article 1504549, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.3389/fbuil.2025.1504549 [Accessed 16 October 2025].
- Haddock, S. H. D., Moline, M. A. and Case, J. F. (2010), "Bioluminescence in the sea", in *Annual Review of Marine Science*, vol. 2, pp. 443-493. [Online] Available at: doi.org/10.1146/annurev-marine-120308-081028 [Accessed 11 October 2025].
- Holt, G. A., McIntyre, G., Flagg, D., Bayer, E., Wanjura, J. D. and Pelletier, M. G. (2012), "Fungal mycelium and cotton plant materials in the manufacture of biodegradable molded packaging material – Evaluation study of select blends of cotton byproducts", in *Journal of Biobased Materials and Bioenergy*, vol. 6, issue 4, pp. 431-439. [Online] Available at: doi.org/10.1166/jbmb.2012.1241 [Accessed 11 October 2025].
- Kaika, M. (2005), *City of Flows – Modernity, Nature, and the City*, Routledge, New York.
- Kaku, T., Sugiura, K., Entani, T., Osabe, K. and Nagai, T. (2021), "Enhanced Brightness of Bacterial Luciferase by Bioluminescence Resonance Energy Transfer", in *Scientific Reports*, vol. 11, article 14994, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.1038/s41598-021-94551-4 [Accessed 11 October 2025].
- Karana, E., Barati, B., Rognoli, V. and Zeeuw van der Laan, A. (2015), "Material Driven Design (MDD) – A method to design for material experiences", in *International Journal of Design*, vol. 9, issue 2, pp. 35-54. [Online] Available at: ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/viewFile/1965/687 [Accessed 11 October 2025].
- Koi Khoo, C. and Shin, J.-W. (2018), "Designing with Biomaterials for Responsive Architecture – A soft responsive bio-structural hydrogel skin", in *Material Studies*, vol. 2, pp. 285-292. [Online] Available at: papers.cumincad.org/data/works/att/ecaade2018_125.pdf?utm_source [Accessed 11 October 2025].
- Langie, K., Rybak-Niedziółka, K. and Hubačíková, V. (2022), "Principles of Designing Water Elements in Urban Public Spaces", in *Sustainability*, vol. 14, issue 11, article 6877, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.3390/su14116877 [Accessed 11 October 2025].
- Lu, P., Sani, N. M., Li, Y. and Wang, Y. (2025), "How does urban blue space affect human well-being? A study based on the stimulus-organism-response theory", in *Frontiers in Psychology*, vol. 16, article 1553296, pp. 1-20. [Online] Available at: doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1553296 [Accessed 16 October 2025].
- Manni, V. and Valzano, L. S. (2023), "Modularità e architettura adattiva – Una strategia per la gestione di sistemi d'involucro complessi | Modularity and adaptive architecture – A strategy for managing complex envelope systems", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 134-151. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14112023 [Accessed 11 October 2025].
- Mascitti, J. and Paciotti, D. (2024), "Verbal Design Modelling – Complessità, IA e innovazione di prodotto | Verbal Design Modelling – Complexity, AI and product innovation", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 16, pp. 344-353. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/16292024 [Accessed 16 October 2025].
- Moschetti, V. (2020), "Avamposti – Inventari progettuali per un futuro possibile tra natura e artefatto | Outposts – Design inventories for a possible future between biology and the artefact", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 8, pp. 94-105. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/892020 [Accessed 11 October 2025].
- Myers, W. (2012), *Bio Design – Nature, Science, Creativity*, MoMA, New York. [Online] Available at: moma.org/moma.org/shared/pdfs/docs/publication_pdf/3167/BioDesign_PR_EVIEW.pdf?1349967238 [Accessed 11 October 2025].
- Newman, P. (2020), "Cool planning – How urban planning can mainstream responses to climate change", in *Cities*, vol. 103, article 102651, pp. 1-14. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cities.2020.102651 [Accessed 11 October 2025].
- Norberg-Schulz, C. (1980), *Genius Loci – Towards a Phenomenology of Architecture*, Rizzoli, New York.
- Önge, Y. (1997), *Türk Mimarisinde Selçuklu ve Osmanlı*, Türk Tarih Kurumu, Ankara.
- Pallasmaa, J. (2005), *The Eyes of the Skin – Architecture and the Senses*, John Wiley and Sons, Hoboken.
- Ruiz Galloza, G. (2025), *Luminico – Bioluminescent Habitat to Enhance the Biodiversity*, Fab Lab Barcelona Institute for Advanced Architecture of Catalonia. [Online] Available at: class.textile-academy.org/2025/germarilis-ruiz/images/home/RevGermarilisRuizFabricademy25.pdf?utm_source [Accessed 11 October 2025].
- Selman, P. (2012), *Sustainable landscape planning – The reconnection agenda*, Taylor and Francis, Hoboken.
- Solarek, K., Pudelko, A., Mierzwicki, K., Solarek, K., Bartosik, Z. and Pyjor, A. (2022), "The potential of the Research by Design method in balancing water problems – An integrated water and space management program for a part of the Warsaw agglomeration", in *Cities*, vol. 121, article 103455, pp. 1-7. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cities.2021.103455 [Accessed 11 October 2025].
- Sposito, C. (2017), "Costruire con l'acqua – Nuovi paradigmi dell'architettura sostenibile | Building with Water – New standards of sustainable architecture", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 2, pp. 117-126. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/2162017 [Accessed 11 October 2025].
- Sydor, M., Bonenberg, A., Doczekalska, B. and Cofta, G. (2022), "Mycelium-Based Composites in Art, Architecture, and Interior Design – A Review", in *Polymers*, vol. 14, issue 1, article 145, pp. 1-21. [Online] Available at: doi.org/10.3390/polym14010145 [Accessed 11 October 2025].
- UN – United Nations (2015), *Transforming Our World – The 2030 Agenda for Sustainable Development*. [Online] Available at: sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication [Accessed 11 October 2025].
- Uzunkaya, A. and Pakar Kahvecioğlu, N. (2022), "Architectural design research through reflection – A sub-approach under 'research by design'", in *Open House International*, vol. 47, issue 4, pp. 688-709. [Online] Available at: doi.org/10.1108/OHI-07-2021-0155 [Accessed 11 October 2025].
- Valente, R., Bosco, R., Giacobbe, S. and Losco, S. (2022), "Il progetto di infrastrutture verdi per le acque piovane – Note di metodo da un caso studio | Green stormwater infrastructures research through design – Method notes from a case study", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 11, pp. 192-201. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11172022 [Accessed 11 October 2025].
- Violo, M. (2025), "Bioluminescent Wood Created Using Fungi – A New Sustainable Lighting Material", in *mycostories*, 13/06/25. [Online] Available at: mycostories.com/post/bioluminescent-wood-created-using-fungi-a-new-sustainable-lighting-material?utm_source [Accessed 11 October 2025].
- Wattanavichian, N., Phanthuwongpakdee, J., Koedrith, P., Laoratanakul, P., Thaitatgoon, B., Somrithipol, S., Kwantong, P., Nuankaew, S., Pinruan, U., Chuaseeharonnachai, C. and Boonyuen, N. (2025), "Mycelium-Based Breakthroughs – Exploring Commercialization, Research, and Next-Gen Possibilities", in *Circular Economy and Sustainability*, vol. 5, pp. 3211-3253. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s43615-025-00539-x [Accessed 15 October 2025].
- White, M. P., Alcock, I., Wheeler, B. W. and Depledge, M. H. (2013), "Would you be happier living in a greener urban area? – A fixed-effects analysis of panel data", in *Psychological Science*, vol. 24, issue 6, pp. 920-928. [Online] Available at: doi.org/10.1177/0956797612464659 [Accessed 11 October 2025].
- Williams, C. F., Geroni, G. M., Lloyd, D., Choi, H., Clark, N., Pirog, A., Lees, J. and Porch, A. (2019), "Bioluminescence of *Vibrio fischeri* – Bacteria respond quickly and sensitively to pulsed microwave electric (but not magnetic) fields", in *Journal of Biomedical Optics*, vol. 24, issue 5, article 051412, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1117/1.JBO.24.5.051412 [Accessed 11 October 2025].