

Paolo Tombesi, <https://orcid.org/0000-0001-8817-3931>

paolo.tombesi@epfl.ch

Faculté de l'environnement naturel, architectural et construit, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland

Tecnologia in quanto metodo di analisi

Se da una parte è inevitabile porsi delle domande sul ruolo della tecnologia nella costruzione, oggi questo equivale anche ad interrogarsi sul significato della parola stessa, nonché della sfera disciplinare di appartenenza. Nell'accezione anglofona e sassone, da cui deriva molta manualistica di riferimento, il termine è ancora prevalentemente utilizzato, *tout court* ed ecumenicamente, per descrivere l'insieme dei mezzi e metodi della costruzione, ovvero le tecniche di produzione, assemblaggio e funzionamento dei componenti dell'organismo edilizio, di solito senza riferimenti espliciti alle manufatture di provenienza o al loro livello di avanzamento. Più in generale, è il cono visivo degli studi sulla costruzione che sembra attestarsi su questa lettura, privilegiando la doppia connotazione materiale e immediatamente strumentale di 'tecnologia', indipendentemente dalla scala applicativa o dal grado di articolazione interno del sistema di lavoro corrispondente.

Viene da chiedersi, però, se l'identificazione della tecnologia con insiemi di tecniche per definizione aprioristiche rispetto al progetto e tutto sommato autoreferenziali sia funzionale alle sfide odierne della costruzione nonché ai compiti di coloro chiamati a gestirla ed indirizzarla. In un contesto come quello globale attuale, in cui l'attività edilizia è tanto importante dal punto di vista dello sviluppo socio-economico quanto critica da quello delle pressioni ambientali indotte, una domanda sorge infatti spontanea: è possibile rimanere ancorati ad una visione essenzialmente positivista della tecnologia – risposta diretta a serie di esigenze produttive scorporate da esiti che vadano oltre il manufatto edilizio in sé – oppure è necessa-

rio pensare alla possibilità di allargarne i confini concettuali, che la facciano diventare metodo di analisi e di riflessione più generali? In questo senso sembra utile soffermarsi sulle sue due componenti etimologiche – *tekne* (tecnica) e *logos* (discorso), ponendo però l'accento sulla seconda piuttosto che sulla prima. In tal modo, tecnologia verrebbe a significare, anche retoricamente, 'riflessione sulla tecnica'; il che, in uno scenario produttivamente avanzato, cioè con una molteplicità di tecniche a disposizione, avvicinerrebbe molto la natura di tale riflessione ad una definizione classica di 'economia', più precisamente quella avanzata dall'inglese Lionel Robbins nel 1932 – "la scienza che studia il comportamento umano in quanto relazione tra fini e mezzi limitati che hanno usi alternativi" (Robbins, 1932). Una tale sovrapposizione lessicale renderebbe perfettamente conto di una possibile, importante missione della tecnologia in quanto disciplina al giorno d'oggi, e cioè lo studio per una gestione efficace delle materie utilizzabili per costruire, non solo dal punto di vista edilizio ma anche da quello ambientale ed industriale. Di fatto, il considerare la giustapposizione di tali materie 'economicamente', in quanto risorse, produttrici di beni o portatrici di esternalità, potrebbe generare valutazioni realmente complesse della produzione a queste collegata, riguardanti l'oggetto costruito nella sua interezza storica, non solo in quanto fine naturale ma anche in quanto mezzo (o causa) per l'ottenimento di risultati altrettanto decisivi in contesti altri. La questione, a questo punto, è di metodo: esiste una base epistemologica appropriata per provare a fare questo? Se sì, quali sono le sue unità conoscitive di base?

TECHNOLOGY AS A DISCOURSE ON METHOD AND ON DESIGN

Technology as method of analysis

Although it is perhaps inevitable, prodding the role of technology in construction today may lead one to question the very meaning of the term – technology – as well as the disciplinary sphere it belongs to. Within English-speaking and German cultures, from which many of the reference literature manuals originate, the word is still prevalently used, *tout court* and ecumenically, to denote the ensemble of construction means and methods, i.e. all the techniques employed to produce, assemble and operate the components of the building organism. By-and-large without paying explicit reference to their supply chains or their degree of sophistication. More in general, it is the cone of vision of construction studies that seems to favour this view by privileging the double material and straight-out in-

strumental connotation of technology, irrespective of its applicative scale or the internal degree of articulation of the associated system of production. However, today it seems appropriate to ask if the identification of technology with sets of techniques by definition preceding and autonomous from project design, and self-referential after all, is functional to construction's contemporary challenges or the tasks of those in charge of managing and steering it. In a context such as the current global one, where building activity is as important to socio-economic development as it is critical in terms of the environmental pressures it induces, a question arises naturally: is it still possible to remain attached to an essentially positivist vision of building technology – inasmuch as direct response to production needs disconnected from any outcomes reach-

ing beyond the building artefact per se – or is it necessary to broaden its conceptual boundaries so as to turn it into a more general method of analysis and reflection? To this end, it seems useful to consider its two etymological components – *tekne* (technique) and *logos* (discourse), and place the emphasis on the latter rather than on the former. This way, technology would end up meaning, both literally and rhetorically, 'reflection on technique', which, in an advanced production scenario – with a plethora of techniques available – would make the nature of such reflection come very close to one of the classic definitions of 'economics', notably that offered by the British Lionel Robbins in 1932 – "the science which studies human behaviour as a relationship between ends and scarce means which have alternative uses" (Robbins, 1932). Such a lexical mix

Il progetto edilizio come base e tipo ideale

di per se, un'affermazione eclatante. È vero però che il rapporto tra progetto tradizionale e tecnologia non viene solitamente privilegiato nell'analisi della seconda, proprio in virtù dell'unicità realizzativa del primo, e quindi della sua supposta mancanza di generalizzabilità. La cosa cambia, però, prendendo a prestito le intuizioni del sociologo Max Weber (1864-1920) sulla nozione di 'tipo ideale' (Weber, 1949) e adattandole alla nozione di tecnologia suggerita nella sezione precedente. Se fare tecnologia vuol dire riflettere sulla combinazione di tecniche, il progetto diventa forzatamente il fulcro aggregativo di tutte quelle necessarie al suo sviluppo, assumendo quindi una funzione di catalizzatore dalla quale non ci si può esimere per valutare l'efficacia 'organica' delle decisioni prese (quindi ovviamente delle tecniche adottate). Come dimostrato dagli esperti in scienze della complessità, la caratterizzazione di un processo produttivo attraverso un numero sempre maggiore di elementi distintivi finisce per determinarne la rappresentatività rispetto all'ecosistema di appartenenza. Per capirci, se associamo la selezione di un sistema di pannellatura montata a secco ad un progetto specifico, non possiamo trarne grandi insegnamenti rispetto al contesto; ma se a questo aggiungiamo, per dire, informazione rispetto alla forza lavoro, macchine di sollevamento, tipologie abitative, strategie di isolamento ambientale e obblighi manutentivi, allora arriviamo ad un insieme di tecniche la cui selezione combinata fa del progetto un plausibile tipo ideale della situazione industriale esistente, riducendo la possibilità di arbitrio nelle scelte combinate esaminate.

would perfectly render a possible, important mission of technology as a discipline today, and that is the study of the efficient management of building materials, not simply from a construction perspective but also from environmental and industrial ones. Indeed, considering the juxtaposition of such materials 'economically', as resources, producers of durable goods, bearers of externalities, could generate truly complex evaluations of the connected production, concerning the built object in its historical entirety, not only as natural end of the application of technology but also as means towards (or cause for) the obtaining of equally decisive results in other contexts. The issue, at this point, is one of method: does an appropriate epistemological base exist to try and do it? If so, what are its fundamental knowledge gathering units?

Che il progetto faccia da nucleo operativo fondamentale dell'industria edilizia non costituisce,

The building project as base and ideal type

To say that projects provide the basic operative kernel of the building industry does not constitute, by itself, a ground-breaking statement. It is true, however, that the relationship between projects as conventionally thought of and technology is not usually privileged in the analysis of the latter, exactly in light of the production uniqueness of the former and, thus, their evident lack of generalisability. Things change, though, if we borrow the insights behind the notion of 'ideal type' as proposed by the sociologist Max Weber (1864-1920), and adapt them to the notion of technology suggested in the previous section. If 'technologising' means reflecting on the combination of techniques, then the building project becomes *de facto* the aggregative fulcrum of all those neces-

La disposizione del progetto ad essere letto tecnologicamente in questo modo è facilmente dimostrabile attraverso degli esempi correnti.

Tecnologia come ragionamento sugli assi di collaborazione

Il primo è quello relativo alla definizione degli assi di collaborazione, cioè quegli assi privilegiati di intesa tra attori diversi del processo edilizio che determinano alleanze di 'push-and-pull', vale a dire coalizioni di lavoro dove tutti hanno interesse ad introdurre la stessa soluzione tecnica. È facile dimostrare che al progetto afferiscono quattro domini decisionali: quello relativo alla forma, quello relativo al processo di trasformazione o assemblaggio, quello relativo alle prestazioni richieste, e quello relativo ai materiali e componenti utilizzati. In condizioni normali, ognuno di questi domini è controllato per definizione da una determinata componente industriale con investimenti ed interessi precisi in materia: professionisti per la forma, costruttori per il processo, fornitori per i materiali, e utenti (e/o ricercatori) per la definizione delle prestazioni. L'adozione di una qualsiasi tecnica funzionale alla realizzazione del progetto dipende dai vantaggi ascrivibili ad ognuno di questi blocchi, nonché dalla loro capacità a far prevalere o ad adattare la propria posizione nel caso in questione. L'ipotesi è quella che ogni mercato della costruzione, in termini geografici o di specializzazione del prodotto, risponda a dei rapporti di potere specifici tra le quattro componenti (qui semplificate ma suscettibili di articolazioni molto più cogenti), e che questa gerarchia determini la natura delle tecniche privilegiate nello sviluppo del progetto. Per fare un esempio, in caso di edifici generici a

sary to its development, hence taking on a catalyst function which cannot be ignored when assessing the 'organic' efficacy of the very decisions made (and thus the techniques chosen). As demonstrated by experts in complexity science, the characterisation of a production process through an ever increasing number of distinctive elements ends up determining its ability to represent the original ecosystem. To clarify, if we associate the selection of a dry-assembled panelised system to a specific project, we may not be able to draw much information about the context; but if we add information concerning, say, labour force structure, lifting equipment, residential typology, strategies of environmental insulation, and maintenance norms, then we reach a cluster of techniques, the conjoined selection of which reduces the chance of arbitrariness in

the combinatory choices examined, thus making the project a plausible ideal type of the existing industrial situation.

The feasibility of technologically reading the building project this way can be demonstrated with practical examples.

Technology as reflection on collaboration axes

The first example is related to the definition of collaboration axes, i.e. the axes of privileged agreement between different actors with the building process, which determine 'push-and-pull' alliances, or work coalitions wherein all the participants have an interest in introducing the same technical solution. It is not difficult to prove that four decision-making domains are at work within the building project: one related to form; one related to processes of material transformations

01 | Le quattro componenti dell'ecosistema 'costruzione' (a sinistra), con gli assi 'natural' di collaborazione per interventi a basso costo o speculativi, e per interventi a forte contenuto simbolico o di grande valenza architettonica (a destra). Nel primo caso è il gestore della costruzione a controllare il processo; nel secondo caso il progettista. (Materiale preparato per il corso *Technologie du Bâti V*, EPFL, 2020)

*The four components of the ecosystem 'construction', with the 'natural' axes of collaboration for low-cost or commercial projects (left), and for projects with high symbolic content or architectural value (right). In the first case, it is the construction manager that controls the process; in the second, it is the designer. (Documentation prepared for the subject *Technologie du Bâti V*, EPFL, 2020)*

basso costo o speculativi, l'asse decisionale tecnico naturalmente da privilegiare è quello che unisce processo di assemblaggio e materiali; forma e prestazione sono una conseguenza di scelte a monte. Nel caso di edifici istituzionali a forte valenza simbolica (e disponibilità di capitale) sono di solito tecniche collegate alla forma e prestazioni associate a prevalere, cui devono adattarsi processi realizzativi e scelta dei materiali o dei sistemi. Si potrebbe continuare con altri esempi sempre più idiosincratici e precisi, ma il senso non cambia (Fig. 1).

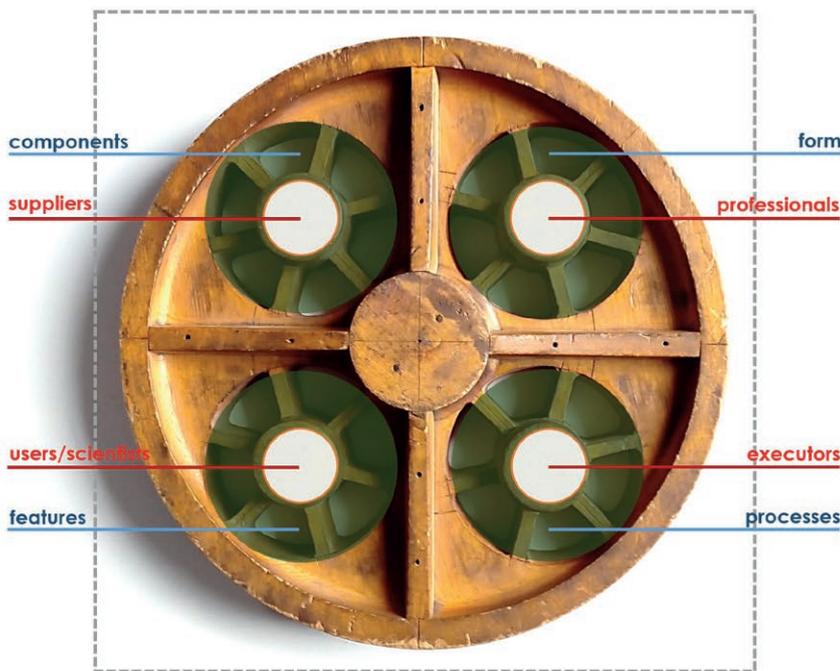
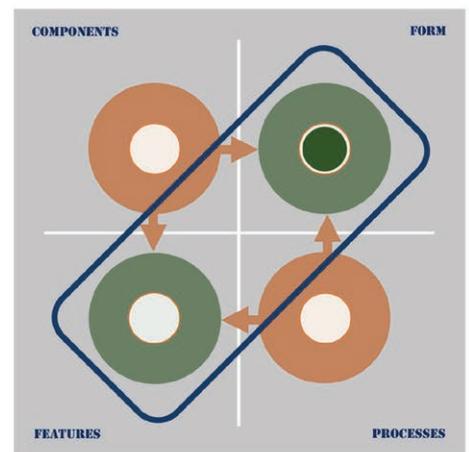
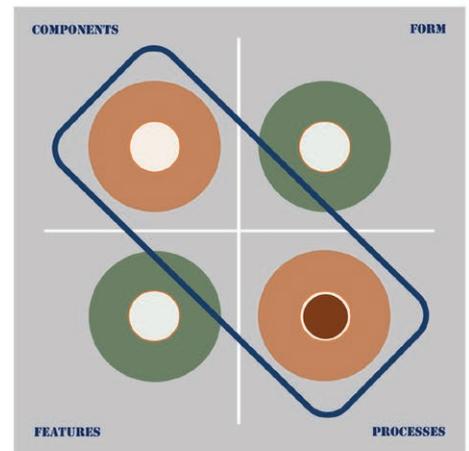
Questa semplificazione è utile 'tecnologicamente' per diverse ragioni. In primis perché rende immediatamente tangibili le fondamentali differenze operativo-ideologiche tra sottosettori della costruzione – raramente discusse nelle loro valenze tecniche. In secondo luogo perché ci permette di apprezzare a priori la probabilità che determinate decisioni tecniche vengano adottate o sviluppate appieno all'interno di un progetto, non solo in relazione al contesto industriale ma anche all'esperienza presumibile degli attori coinvolti. Si può anche fare il ragionamento

inverso. Nel caso in cui si volessero privilegiare delle collaborazioni specifiche, è necessario identificare le tecniche vantaggiose a tale collaborazione. Se poi si volessero raggiungere determinati risultati, è bene selezionare sul mercato attori adusi al lavoro richiesto nonché alle collaborazioni industriali implicite.

Tecnologia come messa a punto della matrice socio-tecnica del progetto

Ovviamente il successo di una coalizione tecnica dipende anche dal modo di definire e portare avanti la divisione sociale del lavoro al suo interno. In questo senso, la caratterizzazione macro-industriale appena avanzata – professionisti, costruttori, fornitori e pianificatori – ha bisogno di una granularità più spinta, che renda conto tanto del tipo di sforzo lavorativo che dell'intensità necessaria, soprattutto in relazione al lavoro svolto dagli altri.

Per inquadrare ciò, supponiamo che di un progetto completo riuscissimo a tracciarne la storia (attraverso disegni, corri-



01 |

spondenza, contratti, registri di cantiere, testimonianze orali), e fossimo quindi in grado di individuare sia le decisioni che le azioni conseguenti (vale a dire l'abaco delle scelte) nei vari ambiti (programma, forma, prestazioni, materiali, erezione, manutenzione, eccetera). In questo caso potremmo valutare (ovviamente in chiave euristica) tanto il grado di unicità di tali azioni rispetto alla pratica corrente (indici di innovazione), quanto la loro incidenza sul sistema di lavoro complessivo del progetto (indici di impatto). A quel punto, potremmo guardare al risultato raggiunto da tali scelte rispetto ad obiettivi precisi (gestione di cantiere, amministrazione di contratti, controllo dei tempi, assicurazione della qualità, montaggio, e via discorrendo), riconoscendo, sulla base empirica del lavoro svolto, le responsabilità dei vari attori coinvolti nel processo decisionale (Tombesi, 2008; 2012).

Il quadro così delineato si presta a molte domande, rispetto per esempio alla necessità di innovare in determinate aree piuttosto che altre, all'intensità ed impatto di alcune dimensioni di lavoro, alla distribuzione e frequenza degli attori nella matrice delle scelte e nel loro successo, e così via. Il valore di questo tipo di analisi è nella sua capacità a rilevare schemi ricorrenti e differenze. Sarebbe illuminante, per esempio, studiare caratteristiche e coefficiente di ripetitività della stessa matrice nei lavori pubblici dell'architetto Calatrava in giro per il mondo; oppure la differenza tra la matrice di questi lavori e quelle risultanti dallo sviluppo dei progetti finanziati dalla lotteria inglese, molto attenta agli aspetti pianificatori e procedurali. O, ancora, la differenza tra la matrice di un progetto pubblico in un contesto economicamente avanzato e dello stesso tipo di progetto in condizioni di sottosviluppo economico.

or assembly; one related to expected performance; and one related to materials and components in use. Under normal conditions, each one of these domains is controlled by definition by an 'industrial block' with specific investments and interests in the matter at hand: professionals for the form, contractors for the process, suppliers for materials, and users (or researchers) for performance. The adoption of whichever technique is functional for the project's implementation depends on the advantages ascribable to any of these blocks, as well as on the latter's ability to make their respective positions prevail or adapt in the case in question. The idea is that every construction market, be it geographic or product specialisation-related, entails specific power relationships between the four components (here simplified but open to much more detailed

considerations). Such hierarchies determine the nature of the techniques to be favoured in the development of the project. To give an example, in the case of generic, price-sensitive or speculative buildings, the technical decision-making axis naturally to be privileged is the one connecting assembly process and materials. Indeed, form and performance are the consequence of these prior fundamental choices. In the case of institutional buildings with strong symbolic connotations (and capital availability), techniques associated with form or eventual performance are more likely to prevail, with the selection of building processes and materials/systems following suit. One could continue with other examples, ever more idiosyncratic and precise, but the meaning remains the same (Fig. 1). This simplification is 'technologically'

Già questo tipo di conoscenza 'sottocutanea' delle strutture gestionali del progetto ha un suo valore nel creare consapevolezza critica rispetto all'applicazione sociale della tecnica. Ma è il passo successivo ad affermarne l'importanza teorica. Un'analisi di questo tipo, infatti, permette almeno di dedurre, ed eventualmente risalire alle cause contestuali dei modelli di comportamento rilevati, rendendo possibile, quando necessario, la messa in cantiere di politiche correttive.

Tecnologia come analisi geografica dei fattori di produzione

Per quanto collegate all'idea di contesto, le linee di analisi tecnologica accennate non entrano direttamente nel merito del consumo di risorse generato dalle scelte di progetto. A pensarci, però, la base di dati necessari a definire la matrice di cui sopra può essere utilizzata per comporre l'atlante di approvvigionamento dei fattori di produzione che convergono sul cantiere. Questo è un modo efficace per visualizzare e valutare le dinamiche di impatto ambientale del progetto effettivo, collegandole comunque tanto alle decisioni prese che alla struttura industriale sul territorio. Immaginiamo infatti che per tutti i componenti di un progetto si possano stabilire le distanze tra luogo di estrazione delle materie prime e posa in opera finale, designando altresì le modalità di trasporto, la geografia degli stadi di trasformazione, la quantità di manodopera richiesta nelle varie fasi, la logica di acquisizione, nonché la posizione nel percorso critico del cantiere (Fig. 2). Seguendo questo schema otterremmo una cartografia esplicativa di un'eventuale analisi del ciclo di vita (certamente con i suoi apporti alle emissioni di anidride carbonica e al consumo di energia grigia) che però, a dif-

useful for several reasons. Firstly, because it makes the fundamental operational-ideological differences that exist between construction sub-sectors, which are rarely discussed in their technical dimensions, immediately tangible. Secondly, because it enables us to evaluate, beforehand, the probability that certain technical decisions will be adopted or fully developed within a given project, not only in relation to the industrial context but also in relation to the experience of the actors involved. We can also reverse the argument. If we wanted to favour specific types of collaborations, we should first identify the techniques advantageous to such collaborations. If we then wanted to accomplish specific results, we should select on the market actors used to the work demanded as well as to the implicit industrial collaborations.

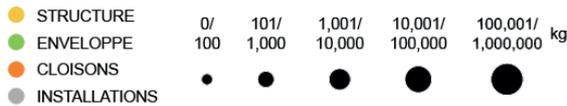
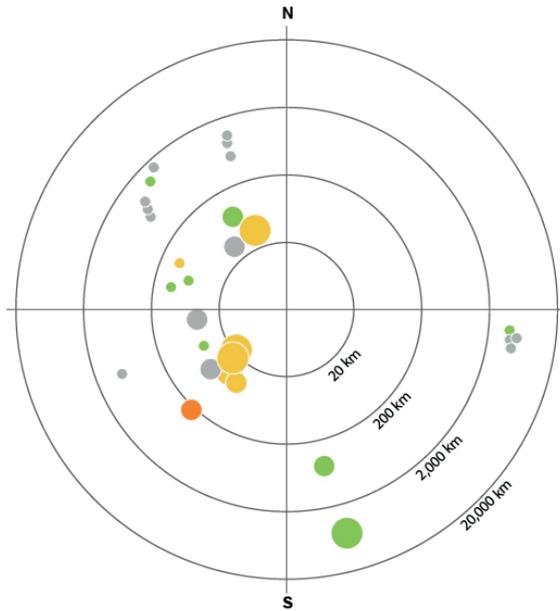
Technology as setup of the socio-technical matrix of the project

Obviously, the success of a technical coalition also depends on how the social division of labour is defined and carried out within it. In this sense, the macro-industrial characterisation just introduced – professionals, contractors, suppliers and planners – needs a higher degree of granularity, conveying both types of work efforts and their required intensity, particularly in relation to the work done by others. To imagine this, let us suppose that, for a given project, we can map out the history (through drawings, correspondence, contracts, site memos, oral testimonies), and are thus capable of identifying the decisions made as well the consequent actions (that is, the abacus of choices). In this case we could evaluate (evidently heuristically) the degree of uniqueness of such

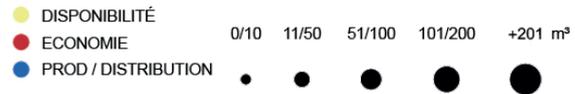
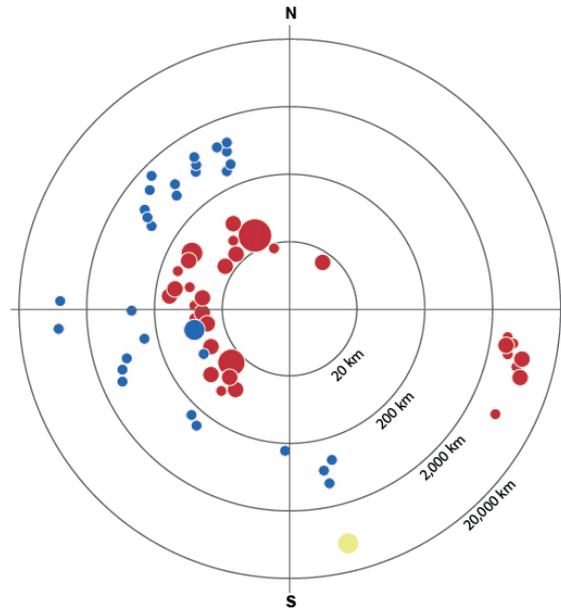
02| Geografia dei materiali utilizzati nella costruzione del padiglione Australiano alla Biennale di Venezia (DCM, 2015), con il cantiere idealmente al centro del diagramma e quattro fasce logaritmiche di distanza ad indicare la laguna (20km), il Nord-Est (200km), l'Europa (2,000km) e il mondo (20,000km). La distribuzione dei materiali sul territorio segue la posizione cardinale in relazione al cantiere. Il primo diagramma riporta divisione per sistemi principali della costruzione e pesi; il secondo volumi e logiche di approvvigionamento; il terzo stati di arrivo a pié d'opera; il quarto incidenza della forza lavoro sul cantiere. (Materiale preparato per il corso *Technologie du Bâti VI*, EPFL, 2021)

Geography of the materials used in the construction of the Australian pavilion at the Venice Biennale (DCM, 2015), with the site ideally at the centre of the diagram and four logarithmic distance bands indicating the lagoon (20km), the North-East (200km), Europe (2,000km) and the world (20,000km). The distribution of materials over the territory follows their cardinal position in relation to the site. The first diagram reports materials' subdivision by main systems and their weight; the second indicates volumes and procurement logics; the third differentiates between materials' states of arrival on site; the fourth incidence of the labour force. (Documentation prepared for the subject *Technologie du Bâti VI*, EPFL, 2021)

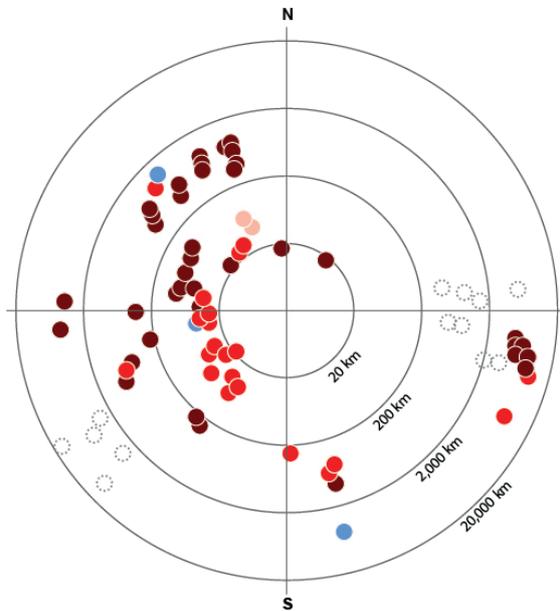
02 | SYSTÈMES ET POIDS



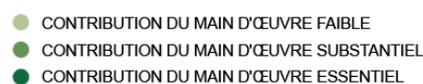
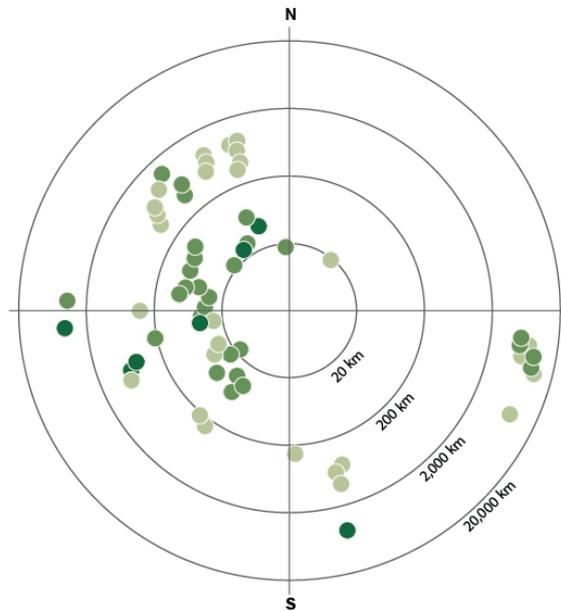
LOGIQUES ET VOLUMES



OPÉRATIONS ET CHAÎNE



TRAVAIL



ferenza delle solite tabelle di calcolo, ci permetterebbe di entrare nel merito delle scelte 'tecnico-territoriali'. Perché quel materiale da quel luogo? Perché quel metodo di montaggio? Perché quella finitura? Perché quel sistema? In questo caso, la geografia diventerebbe non solo la base per una riflessione sulle conseguenze della progettazione ma anche la documentazione fisica di un'organizzazione industriale e dei mercati da questa determinati. Per esempio, uno studio condotto dal mio laboratorio ha concluso che la differenza tra l'atlante produttivo di una piccola scuola elementare in Svizzera e di una in Portogallo, entrambe con filiere di approvvigionamento molto locali, consiste nella maggiore contiguità geografica e socioeconomica della prima ai produttori di impiantistica avanzata (e quindi ai loro indici dei prezzi) nonché all'utilizzazione di sistemi prefabbricati di struttura e di facciata. All'interno di un raggio chilometrico ancora più ridotto, la scuola portoghese fa uso molto maggiore di semilavorati finiti in cantiere (Fig. 3). Come nella sezione precedente, c'è un modo *ex-post* ed uno *ex-ante* di relazionarsi a questa informazione. Possiamo semplicemente riceverla per capire meglio il progetto e le sue variabili produttive, oppure possiamo utilizzarla per leggere il territorio e valutarne le esigenze di strutturazione futura rispetto alla domanda edilizia stimata o ipotizzata.

Tecnologia come valutazione delle alternative

del progetto che è proprio degli studiosi della tecnica. Anzi, lo stesso tipo di ragionamento e di informazione di cui sopra può

Va detto che la valorizzazione di questa prospettiva allargata non significa rinunciare allo scrutinio tettonico del tessuto

actions vis-à-vis current practice (innovation indexes), as much as their incidence on the overall system of work in the project (indexes of impact). At this point, we could look at the results obtained by the choices in question against precise indicators (site management, contract administration, schedule control, quality assurance, assembly, etcetera), whilst acknowledging, on the empirical basis of the work carried out, the responsibilities of the actors involved in the decision-making process (Tombesi, 2008; 2012).

The framework thus defined lends itself to multiple questions, concerning, for example, the need to innovate in certain areas rather than others, the intensity and impact of certain dimensions of work, distribution and frequency of the actors in the matrix of choices and their success, and so forth. The value of this type of analysis is in

its capacity to survey and detect recurring patterns and differences. It could be enlightening, for instance, to study characteristics and repetition coefficient of the same matrix in the public works developed by architect Calatrava around the world; or the difference between the matrix of such works and those coming out of the development of projects financed by the British lottery, very strict when it comes to the planning and procedural aspects of the work. Or else, the difference between the matrix of a public project in an economically advanced context and that of the same type of project under conditions of economic underdevelopment. This type of 'subcutaneous' knowledge of project management structures already has a value in creating critical awareness with respect to the social application of techniques. But it is the next step that affirms its

servire a collegare tecnica delle costruzioni, disegno architettonico e valutazione di impatto ambientale, entrando addirittura nel merito delle scelte linguistiche. Prendiamo un esempio piccolo ed eclatante ma per questo chiaro: il recente padiglione australiano alla Biennale di Venezia (2015), caratterizzato dal forte sbalzo strutturale della sala espositiva prospiciente il rio che attraversa il parco. Qui ci si può soffermare tecnicamente sulla struttura mista in calcestruzzo ed acciaio che definisce la scatola, oppure sulla stratigrafia della doppia parete dell'involucro. Ma si può anche entrare nella dimensione tecnologica discussa fino ad adesso soffermandosi, per esempio, sulle quantità di risorse utilizzate per le varie parti dell'edificio, con l'eventuale riscontro in emissioni. Qui la parte del leone la fanno i micropali di fondazione in calcestruzzo, con un'altezza interrata di 18 metri per un volume espositivo di 7, resi necessari dallo sbalzo in facciata date le condizioni del terreno paludare (Fig. 4).

Questo dato, ineccepibile se considerato strutturalmente, diventa un elemento di riflessione se considerato nell'insieme del progetto come parte dell'ambiente ed intervento su di esso. Che valore ha lo sbalzo architettonico rispetto al suo contributo al riscaldamento climatico? Quali avrebbero potuto essere le alternative statiche, compositive ed energetiche, anche all'interno del vocabolario dei progettisti incaricati? Le domande, due tra molte, sono ovviamente pleonastiche, data la dimensione infinitesimale della questione nel caso specifico. Ma diventano fondamentali se integrali all'etica operativa di ogni progetto sul territorio, che però, per affermarsi in quanto tale, ha bisogno di basi teoriche.

theoretical relevance. Such an analysis, in fact, enables one at least to deduct, and eventually trace back, the contextual causes of the behavioural patterns recorded, thus making it possible, when and if needed, to implement adjustment measures.

Technology as geographic analysis of the factors of production

Their connection with the idea of context notwithstanding, the lines of technological analysis suggested thus far do not directly enter the discussion of the consumption of resources generated by project-related choices. Thinking about it, though, the database required to define the previous matrix can be used to compose the atlas describing the procurement geography of the factors of production converging on the construction site of the project. This is an efficient way to visualise and evaluate

the dynamics of environmental impact of the actual project, by connecting them to the decisions made at project level as well as the industrial structure at territorial level. Let us imagine, in fact, that for all the components of a building project we can calculate the distances between sites of extraction of the raw materials and final assembly on site, also designating the modes of transport, the geography of transformation stages, the amount of labour force required in the various phases, the acquisition rationale of materials and components and, last but not least, their position in the critical path of the construction site (Fig. 2). By following this scheme we would obtain a cartography explicative of an eventual analysis of the building's life cycle (certainly with its contributions to CO2 emissions and grey energy), which, however, and unlike the usual calcula-

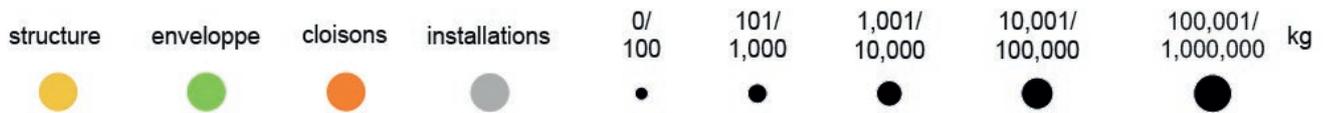
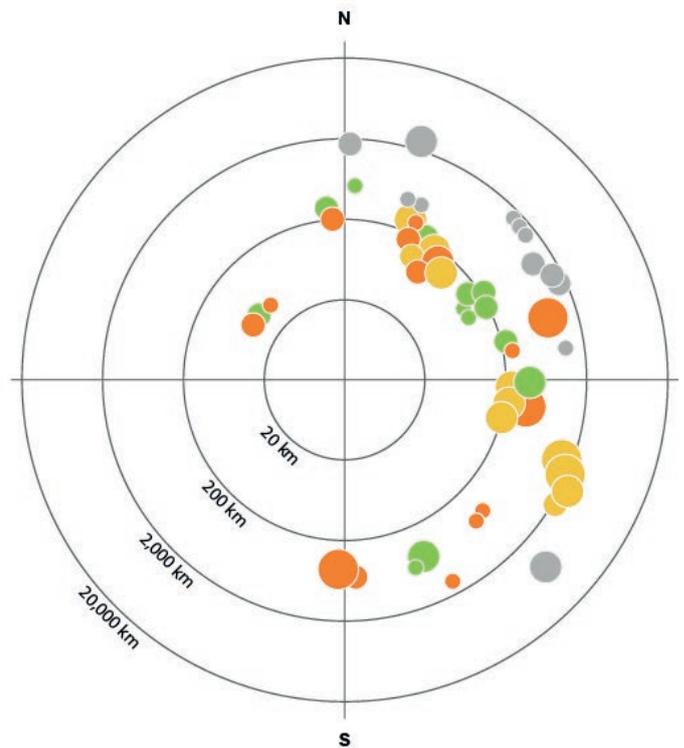
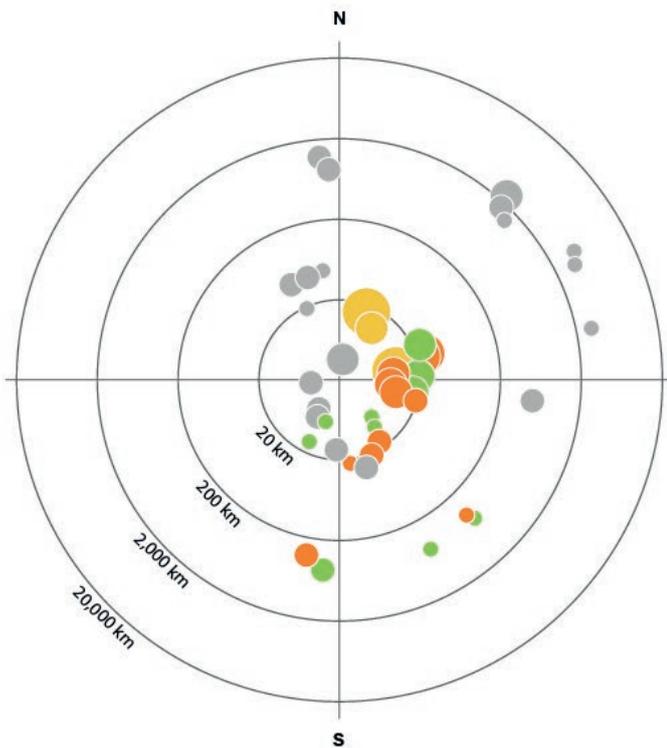
03| Origine geografica dei materiali utilizzati nella costruzione della scuola elementare di Orsonnens in Svizzera (TEd'A, 2014) e in quella di Matosinhos in Portogallo (aNC, 2013), organizzati per sistemi principali della costruzione e per pesi. L'organizzazione dei diagrammi segue quella indicata nella figura 2. (Materiale preparato per il corso *Technologie du Bâti VI*, EPFL, 2021)
 Geographic origin of the materials employed in the construction of the primary school in Orsonnens, Switzerland (TEd'A, 2014), and in that of Matosinhos, Portugal (aNC, 2013), organized by main construction systems and weight. Diagram organization follows the indications of figure 2. (Documentation prepared for the subject *Technologie du Bâti VI*, EPFL, 2021)

03|

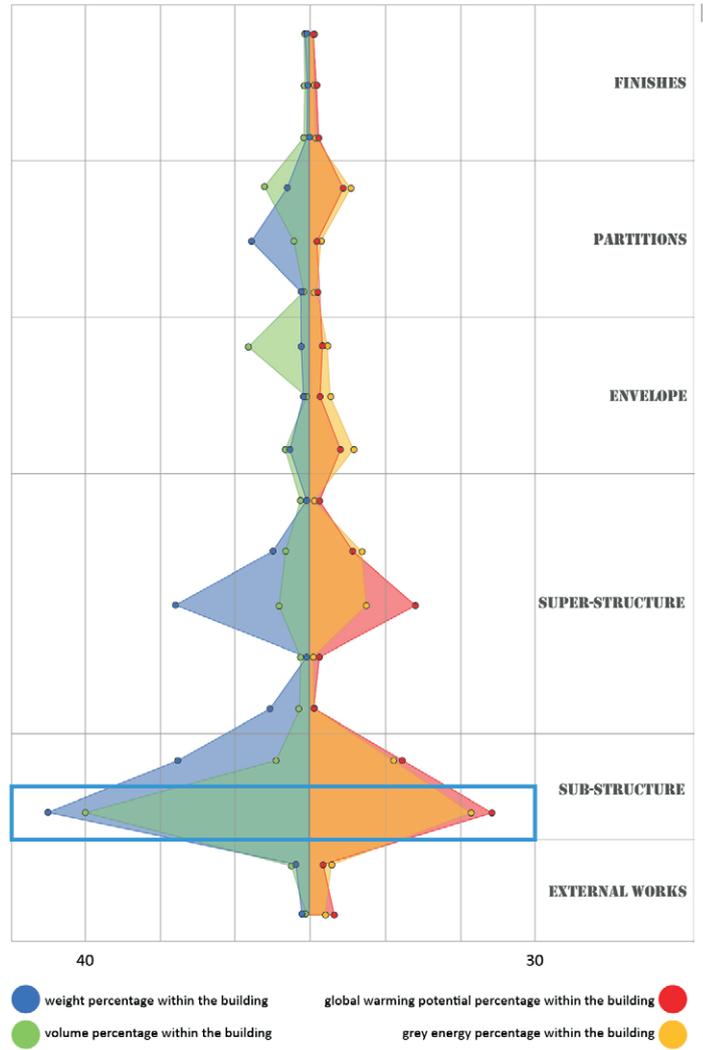
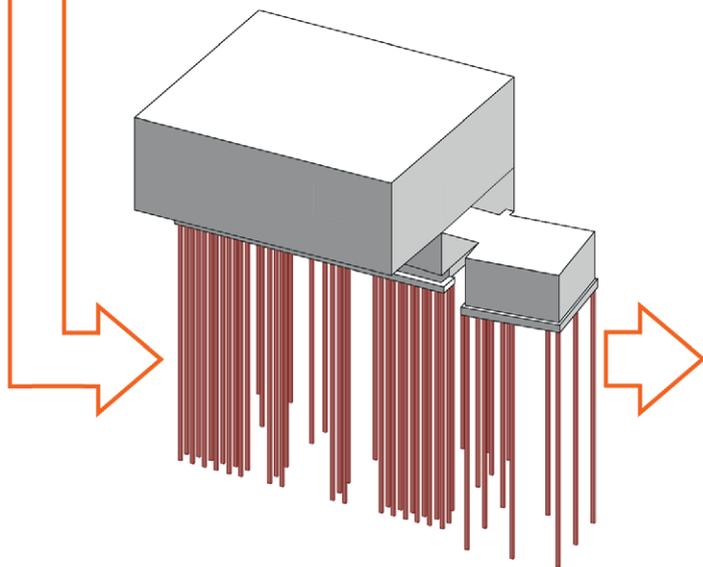
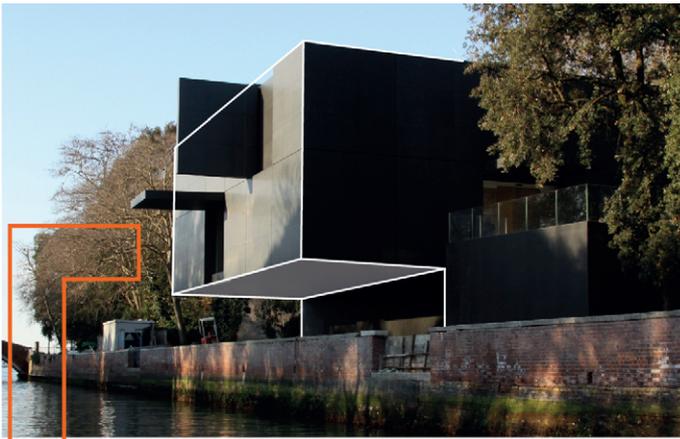


École primaire à Matosinhos, Portugal

École primaire à Orsonnens, Suisse



04| Padiglione Australiano alla Biennale di Venezia (DCM, 2015). Visualizzazione della relazione tra l'oggetto del volume espositivo, le conseguenti necessità di fondazione e l'impatto percentuale del materiale impiegato per quest'ultime su peso, volume e costi ambientali dell'edificio. (Materiale preparato per il corso *Technologie du Bâti VI*, EPFL, 2021)
 Australian pavilion at the Venice Biennale (DCM, 2015). Visualization of the relationship between the cantilever of the exhibition volume, the consequent foundation requirements, and the percentage impact of the material employed to respond to the latter in terms of weight, volume and environmental costs of the building. (Documentation prepared for the subject *Technologie du Bâti VI*, EPFL, 2021)



tion tables, would enable us to question the logics of 'technical-territorial' choices. Why a material from that location? Why that method of assembly? Why that finish? Why that system? This way, geography would become not only the basis for a reflection on the consequences of design but also the physical documentation of an industrial organization and the markets defined through it. For example, a study conducted by my laboratory FAR has concluded that the difference between the production atlas of a small elementary school in Switzerland and one in Portugal, both with very local supply chains, consists in the stronger geographic and socio-economic contiguity of the former with advanced mechanical service suppliers (and their cost indexes) as well as the use of prefabricated systems for the structure and the façade. Within an even smaller kilometre radius, the Por-

tuguese school makes much larger use of semiprocessed materials finished on site (Fig. 3). Same as with the previous section, there is an *ex-post* and an *ex-ante* way of absorbing this information. We can simply accept it, to understand the project and its production variables better, or we can use it to read the territory and reflect on its future restructuring needs on the basis of estimated or hypothesised building demand.

Technology as evaluation of alternatives

It is worth mentioning that support for a broader perspective on technology does not mean renouncing the tectonic scrutiny of the building fabric, which is a typical focus of the scholars of building techniques. Quite the opposite, in fact, as the same type of reasoning and information referred to earlier can be exploited to link

construction technique, architectural design, and environmental impact analysis, getting even into a discussion about language choices. Let us take a small yet striking (and thus clarifying) example: the recent Australian pavilion at the Venice Biennale (2015), characterised by a deep structural cantilever of the exhibition hall along the 'rio' that cuts across the park. Here we can technically dwell on the mixed concrete-steel structure that defines the box of the building, or the stratigraphy of the double external envelope. But we could also enter the technological dimension discussed thus far by contemplating, for instance, the amounts of resources used for the various parts of the building, with their eventual return in emissions. Here, the lion's share is created by the concrete foundation micropiles, with a below-ground height of 18 metres to support

an above-ground exhibition volume of 7 metres, required by the outward projection of the façade, given the conditions of the soft marsh-like soil (Fig. 4). This datum, impeccable when considered structurally, becomes an element for reflection if considered against the project as a whole – as part of the environment and intervention upon it. What is the value of the architectural cantilever vis-à-vis its contribution to climate change? What could its structural, compositional, energy-related alternatives have been, even inside the vocabulary of the architects in charge? These questions, two amongst many, are obviously pleonastic given the minuscule dimension of the question in the specific case. Yet they can become fundamental if made integral to the operative ethics of every project on that very territory, which, however, needs a theoretical base to affirm itself.

05 | Gabriele Fontana, *Projet de Diplôme Le projet d'architecture derrière son processus de construction, une reconstitution du Rolex Learning Center de l'EPFL, EPFL, 2018*. Comparazione tra il progetto originale di SANAA realizzato sulla base delle decisioni in corso d'opera (SANAA) e una restituzione ideale dello stesso nel caso in cui i problemi economico-ambientali sorti durante il completamento dell'edificio fossero stati previsti ed inseriti nell'iter progettuale (EPFL student thesis).

Gabriele Fontana, Projet de Diplôme Le projet d'architecture derrière son processus de construction, une reconstitution du Rolex Learning Center de l'EPFL, EPFL, 2018. Comparison between the original design by SANAA as realized on the basis of the decisions made during construction (SANAA) and an ideal restitution of the same in the event the economic-environmental problems emerged during the process had been foreseen and inserted in the design proposal (EPFL student thesis).

Tecnologia come base di progetto 'ambientale'

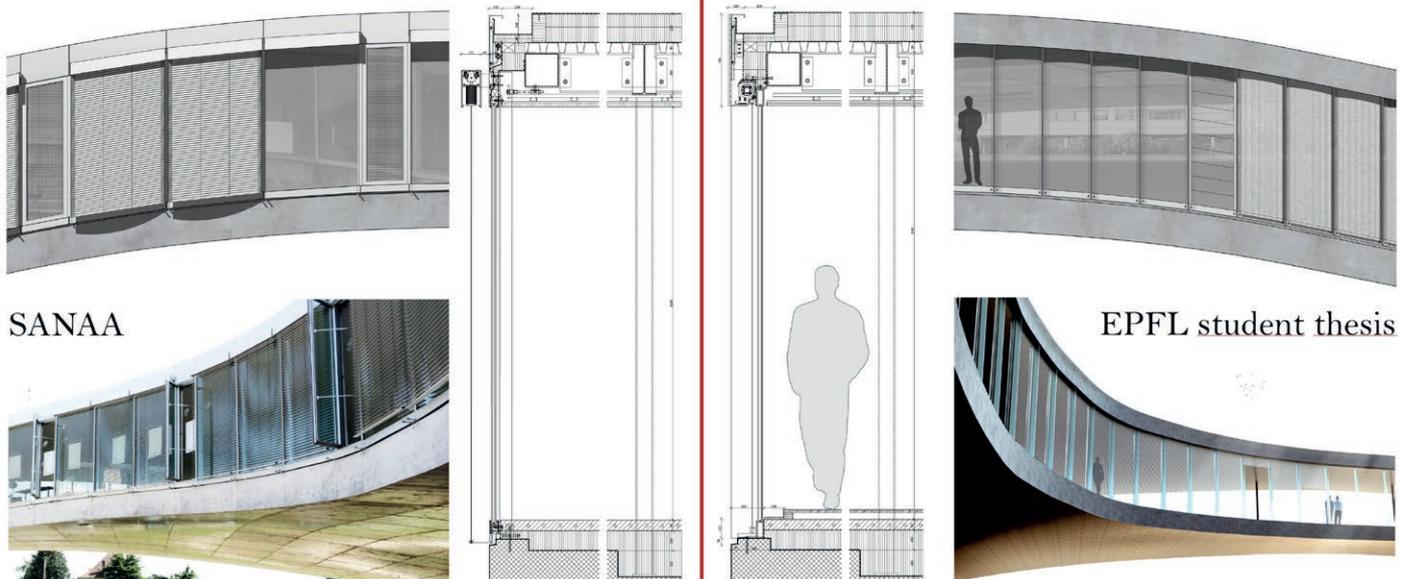
Anche al netto della didascalicità utilizzata per introdurre i tipi di analisi suggerite, quello che emerge dalla loro eventuale applicazione è la possibilità effettiva di pensare e trattare la tecnologia come dominio di riflessione tecnica e critica sugli spazi disponibili o necessari al progetto. Le modalità di lettura di quest'ultimo in quanto paesaggio aperto alla tecnica (piuttosto che definito da questa) hanno il merito di emanciparne la discussione da 'quello che è' a vantaggio di 'quello che potrebbe essere', traendo beneficio da nuovi modi di concettualizzare il costruito, nuovi modi di pensare su come intervenire, nuovi modi di comparare esperienze fino ad oggi scollegate in quanto ragionevolmente uniche, e nuovi modi di comprenderne gli aspetti intrinseci (Fig. 5).

Tecnologia, quindi, non come qualcosa di successivo alla fase ideativa del lavoro, semplicemente strumentale alla sua messa in opera; bensì come quadro socio-tecnico ed integrato di riferimento a monte, sulla base del quale individuare i cardini critici del progetto, nonché le strategie possibili e/o preferibili per il suo soddisfacimento. Se sviluppato in modo propositivo, l'esercizio di una tale disciplina si configura come attività autonoma, e quindi a modo suo progettuale, cui spetta il compito di delineare o addirittura 'disegnare' la composizione del paesaggio industriale adatto agli scopi prefissi. In questo senso, lo sviluppo di un'analisi tecnologica nei termini suggeriti sarebbe di fatto da considerare come un atto di pianificazione strategica mirato al raggiungimento di una configurazione del sistema produttivo in edilizia che risponda ad esplicite esigenze

programmatiche (coprendo lo spazio dalla manifattura al riuso, passando per lo sviluppo fondiario).

Un tale punto di vista permette di collegarsi con una certa serendipità ad una genealogia specifica del concetto di tecnologia sin qui accennato, e cioè quella afferente agli scritti profetici di Lewis Mumford, il quale, negli anni '30 del ventesimo secolo, sosteneva la necessità di privilegiare un politecnicismo 'creativo', dove tecniche diverse venivano selezionate e combinate per fornire una soluzione ai problemi, complessi, della condizione umana (Mumford, 1934). Un tale politecnicismo era, secondo Mumford, da preferire al monotecnicismo scientifico, tecnocratico, abiologico, dell'America industriale, dove la tecnologia veniva sviluppata a proprio uso e consumo (Mumford, 1970). Se l'evoluzione personale del Mumford 'studioso' svela indirettamente gli sviluppi possibili di questa posizione, particolarmente nel passaggio dalla critica dei paradigmi tecnologici all'articolazione di una teoria dello sviluppo urbano e regionale che di tali paradigmi ne palesa le conseguenze, la storia odierna conferma non solo l'attualità del suo percorso intellettuale ma anche la pregnanza della profezia in esso contenuta, ovvero il riconoscere che il modo di gestire la tecnica costituisce la base ineludibile per strutturare cultura e politiche del territorio. Si potrebbe dire che la sfida abilitante è proprio quella – ed inevitabilmente interna alla tecnologia: porre gli strumenti oggi disponibili al servizio di un'afflato critico che ne interpreti e condizioni l'uso.

05 |



REFERENCES

- Mumford, L. (1934), *Technics and Civilization*, Brace & Company, Inc., Harcourt, New York.
- Mumford, L. (1970), *Pentagon Of Power: The Myth Of The Machine*, Vol. II, Harcourt Brace Jovanovich, New York.
- Robbins, L. (1932), *An Essay on the Nature and Significance of Economic Science*, Macmillan, London.
- Tombesi, P. (2008), "Out of what? Locating the underpinnings of theory", *Building Research & Information*, Vol. 36, n. 6, pp. 668-673.
- Tombesi, P. (2012), "What do we mean by building design?", in Marble, S. (Ed.), *Digital Workflows in Architecture: Design – Assembly – Industry*, Birkhauser, Berlin, pp. 184-199.
- Weber, M. (1949) "Objectivity' in social science and social policy", in *The Methodology of the Social Sciences*, The Free Press of Glencoe, Illinois, pp. 49-112.

Technology as basis for the 'environmental' project

Even net of the degree of simplicity adopted in introducing the types of analyses suggested, what emerges from their eventual application is, indeed, the possibility of thinking about and treating technology as a domain of technical and critical reflection over the spaces available to or needed by the building project. The reading of the latter as a landscape open to techniques (rather than defined by them) has the merit of emancipating its discussion from 'what it is' to 'what it could be', hence benefitting from updated ways of conceptualising what gets built, new ways of thinking on how to intervene on it, new ways of comparing experiences until now considered separate as ostensibly unique, and new ways of understanding its most intrinsic aspects (Fig. 5). Technology, thus, not

as something following the conceptual phase of the work and simply functional to its materialisation; rather, as a socio-technical, integrated framework upstream, on the basis of which the critical junctures of the project can be identified, together with the possible and/or preferable strategies to adopt for its accomplishment. If developed propositionally, the exercise of such a discipline can configure itself as an autonomous activity, hence design-based in its own way, which responds to the task of delineating, when not 'designing', the composition of the industrial landscape suited to the objectives set in place. In this sense, developing a technological analysis according to the terms suggested could be considered as an act of strategic planning aimed at achieving a configuration of the production system in building that suited explicit programmatic needs

(bridging the gap from manufacture to reuse, even passing through land improvement). Such a viewpoint allows a somehow serendipitous connection to a specific genealogy of the concept of technology put forth in this text, i.e. deriving from the prophetic writings of Lewis Mumford, who, in the 1930s, championed the need to privilege a 'creative' polytechnicism, where diverse techniques would be selected and combined to provide a solution to the complex problems of the human condition (Mumford, 1934). Such understanding of polytechnicity was, according to Mumford, preferable to the scientific, technocratic, abiological monotecnicism of industrial America, where technology was being developed for its own sake and advantage (Mumford, 1970). The personal evolution of the Mumford 'scholar' indirectly reveals the possible develop-

ments of this position, particularly in the transition from his critique of technological paradigms to the articulation of a theory of urban and regional development, which discloses the consequences of such paradigms. But it is today's history that confirms not only the currency of his intellectual journey but also the poignancy of the prophecy it contained, i.e. the recognition that the way in which we manage techniques constitutes the unavoidable foundation on which territorial culture and policies get structured. One could say that the enabling challenge is exactly this, and inevitably internal to technology: to place the instruments available today at the service of a critical afflatus that could interpret and condition their use.