

# Politecnico Torino Doctorate School

Ph.D. in  
PRODUCTION SYSTEMS & INDUSTRIAL DESIGN  
XXV cycle - years 2010-2012  
supervisor: prof. arch. Luigi BISTAGNINO  
co-supervisor: eng. Marco SIMONETTI

**Systemic design approach  
applied to buildings.**

**Analysis and comparison of  
international case studies.**

candidate: Valeria MONTRUCCHIO  
matr. 169690



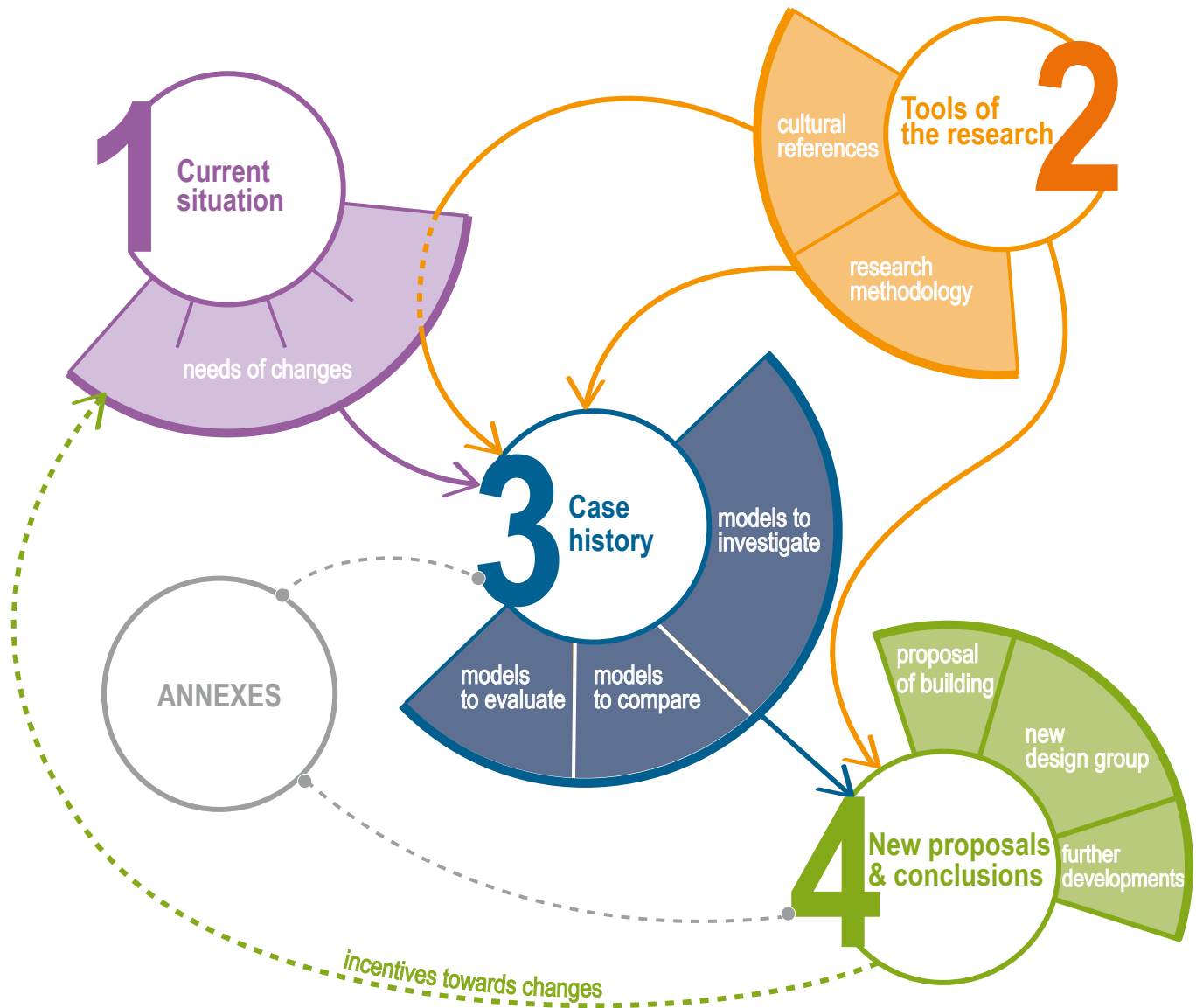


PhD thesis

**Systemic design approach applied to buildings.  
Analysis and comparison of international case studies.**

Candidate: Valeria MONTRUCCHIO





“ This doctoral thesis is structured across four main sections. **SECTION 1** explains the **current situation** of the building sector and highlights the needs of changes to face the environmental challenges. **SECTION 2** examines the **tools of the research**. In particular, the **current situation** is critically read through the **cultural references**, which are later on adopted as key-approaches to define the **SECTION 3**. The **research methods** are used directly to address the **case history** through models of investigation, comparison and evaluation.

The results obtained from the **SECTION 3**, and the **cultural tools** described in **SECTION 2** drive the dissertation towards the **SECTION 4**. **New proposals and conclusions** end the thesis with the suggestion of **new awareness** to analyse the building and a suggestion of a **new design group** to include within the building construction companies. Additionally **further theoretical and applied research developments** are described and discussed in **SECTION 4**, which thus provides **incentives to change** the **current situation** previously pointed out.

**ANNEXES** complete **SECTION 3** and offer an important basis to articulate the **SECTION 4**. ”

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Abstract (EN)</b> .....                                    | <b>09</b> |
| <b>Abstract (IT)</b> .....                                    | <b>11</b> |
| <b>I. Acknowledgment</b> .....                                | <b>15</b> |
| <b>II. Executive summary and rationale of the study</b> ..... | <b>17</b> |
| II.i How to read this thesis .....                            | 19        |
| II.ii Goals and purposes .....                                | 22        |
| II.iii Boundaries of the research .....                       | 25        |
| FOCUS: Design as connector .....                              | 27        |

## CURRENT SITUATION

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>Chapt. 1 Current situation</b> .....       | <b>33</b> |
| 1.1 Sustainability applied to buildings ..... | 35        |
| 1.2 Inspiration from nature .....             | 36        |

## ANNEXES

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| <b>V. Annex 1 Case studies</b> .....                            | <b>223</b> |
| 1. <i>Established phase:</i>                                    |            |
| Lavazza Nuvola – offices - TURIN, ITALY .....                   | 224        |
| 2. <i>Transitional phase:</i>                                   |            |
| Council House 2 (CH2) (AUSTRALIA) .....                         | 228        |
| EastGate Centre (AFRICA) .....                                  | 233        |
| Malta Stock Exchange (MALTA) .....                              | 236        |
| Centre for Sustainable Energy Technologies (CSET) (CHINA) ..... | 240        |
| Institut National de l'Energie Solaire (INES) (FRANCE) .....    | 245        |
| Hammarby Sjöstad (SWEDEN) .....                                 | 249        |
| EcoVillage Understenshöjden (SWEDEN) .....                      | 255        |
| BedZED – eco-district (UNITED KINGDOM) .....                    | 258        |
| 100K€ house (ITALY) .....                                       | 261        |
| 3. <i>Systemic phase:</i>                                       |            |
| Mauritz Glaumann's House (SWEDEN) .....                         | 271        |
| Laggaberg School (SWEDEN) .....                                 | 274        |
| <b>V. Annex 2 Technical plants</b> .....                        | <b>281</b> |
| <b>V. Annex 3 Spreadsheets</b> .....                            | <b>303</b> |

ANNEXES

## TOOLS OF THE RESEARCH

45 ..... **Chapt. 2 Research design methodology**

51 ..... **Chapt. 3 Cultural references**

52 ..... 3.1 The Systemic Design approach

57 ..... 3.2 The Urban Metabolism theory

61 ..... 3.2.1 The Metaphor of the Pump

62 ..... 3.3 The EcoCycleDesign method

## CASE HISTORY

71 ..... **Chapt. 4 Case study analysis**

71 ..... 4.1 Criteria of the research

72 ..... 4.2 The case history

79 ..... 4.3 Representation of the cases

89 ..... 4.4 The three pivotal cases

90 ..... • IntesaSanpaolo tower (Italy)

108 ..... • St. Mary's Credit Union (Ireland)

122 ..... • GreenZONE (Sweden)

135 ..... 4.4.1 Interaction range analysis

136 ..... • IntesaSanpaolo tower (Italy)

140 ..... • St. Mary's Credit Union (Ireland)

144 ..... • GreenZONE (Sweden)

155 ..... 4.4.2 Cross analysis

156 ..... • Electric energy consumption

158 ..... • Thermal energy demand

## NEW PROPOSALS & CONCLUSIONS

163 ..... **Chapt. 5 The new proposal of building**

163 ..... 5.1 Qualitative evolution of technical plants

173 ..... 5.2 New proposal of building

189 ..... **Chapt. 6 The new design group**

189 ..... 6.1 Relevance of a multidisciplinary design group

193 ..... 6.2 Proposal of a new design group

201 ..... **Chapt. 7 Conclusions**

205 ..... 7.1 Contribution to knowledge

205 ..... 7.2 Further researches

207 ..... 7.3 Follow-up

211 ..... **III. Glossary and acronyms**

212 ..... **IV. Reference and web-reference**





## Abstract (EN)

This thesis starts from the assumption that **design** is becoming more and more like a **platform** connecting various fields of **knowledge**. In particular in this thesis the design discipline is adopted to investigate issues concerning buildings (from architecture to technical plants) in order to reach a minimization of resource depletion and a reduction of costs. The decision to focus this study on the built environment field is due to two main factors: the huge environmental impact which has derived from the building industry and the interest in the systemic approach demonstrated by the research sponsor Gozzo Impianti S.p.A., one of the largest building construction companies and technical plants in Piedmon, Italy.

As matter of fact in developed countries greenhouse gases emissions related to the life cycle of buildings account for about 40% of the total emissions (HM Government 2011, Regeringen 2011, European Commission 2011). Furthermore, referring to the figure about the residential and tertiary electricity consumption in the EU27 countries, buildings are responsible for almost the 30% of the total consumption (European Commission 2007).

To face the current environmental challenges and at the same time the economic crisis, the Gozzo Impianti S.p.A. farseeing identified as a keystone the cooperation with the department of Architecture and Design (Politecnico di Torino), research group of Systemic Design. Thanks to this collaboration, in fact, the building components are analysed in an integrated way, highlighting connections and fields of intervention so far not fully investigated.

According to that, this whole thesis borrows methodologies and key concepts from the theory of the systems, with a particular focus on the Systemic Design approach (Bistagnino 2011) used as evaluation method during the entire work. The Systemic Design, from here SD, has its roots in the design field and dues its broad character to its basic principles focused on the understanding of **systems**, and the **interactions** among their components. Hence this dissertation investigates the building in an overall manner, by basing the analysis on fluxes of matter (i.e. air and water) and energy (i.e. for air conditioning and domestic hot water) that daily flow through it. Specifically the term **“building”** here refers to the sum of the architectural envelope and the technical plants, while the term **“building system”** has a wider connotation and extends the boundaries of the building to the near boundary. Thanks to that approach, the quantitative analysis of buildings impact is completed with the qualitative dimension, focusing the thesis on how buildings contribute and affect the surroundings in terms of environmental emissions.

Nowadays the issue of sustainability has increasingly become an integral part of the built environment field. Indeed the purpose of the thesis is to make a breakthrough towards low emissions buildings, starting from the analysis of the “building system” and from the role and expertise proper of the professionals involved in the entire process.

The doctoral study starts from the following research-questions:

1. *How should relationships between building and technical plants evolve to face the challenges of sustainability?*
2. *How can the minimization of resource depletion be reached according to the reduction of consumption?*
3. *How should a construction and technical plant company change its team and activity to face environmental issues, according to the current economic crisis?*

In order to answer to these questions, this dissertation connects that knowledge proper of the

architectural realm (particularly with regard to the building envelope) with that of the engineering field (particularly about the study of the technical plants in the building) to highlight common features by using essential and direct communication language oriented to all the stakeholders of the process. Central core of this treatise is the case history, analysed through standard tool of environmental evaluation (e.g. CO<sub>2</sub> emissions, and building footprint) and instruments created *ad hoc* (e.g. the Energy to Solar Radiation Index, ESRI, factor, and the output/input traceability). For instance the creation of **essential models** that communicate the function of the building and its components makes it possible to assess the building environmental impact, and to facilitate the comparison among different typologies of buildings. These models address the need of bringing different skills together towards a common goal that includes the environmental elements in the design of the building and moreover considers it as an “**overall system**”.

In its final part, the thesis re-elaborates the considerations arose from the case study analysis and suggests a **proposal of building** adaptable to different contexts. Moreover, the systemic and wider character of the study sets out the basis for the acquisition of a **new awareness** based on collaboration and integration among elements and actors of the system, aiming to the suggestion of a platform that connects actors and technical solutions towards the reduction of building emissions. Eventually the overarching purpose is the definition of a **new multidisciplinary design group** applicable on behalf of the companies involved in the constructive process.

Through the application of a systems oriented perspective, the current definition of sustainability in architecture, which tends to focus on energy efficiency, is finally overtaken in favour of a vision of the building as a “**living organism**” that includes the use of passive solutions, comfort and health of the inhabitants, energy conservation, cooperation among actors involved in the process and connections with the surrounding.

Overall this illustrated and structured dissertation applies the systemic approach to the “building system”, recommending a configuration of the construction company as a **platform** and **hub** for collecting all the **actors** involved in the building process, and allowing a **virtuous dialogue** and exchange among them.

## Abstract (ITA)

Questa tesi di dottorato parte dall'assunto che la disciplina del design si sta configurando sempre di più come una **piattaforma** di connessione tra diversi tipi di **conoscenza**. In particolare in questo trattato il design è utilizzato per investigare le problematiche inerenti gli edifici (dalla forma architettonica agli impianti tecnici), con l'obiettivo di raggiungere una diminuzione nell'uso delle risorse e un abbassamento dei consumi.

La decisione di orientare la tesi sull'ambiente costruito è principalmente dovuta a due fattori: l'imponente impatto ambientale che deriva dal settore delle costruzioni e l'interesse verso un approccio di tipo sistemico dimostrato dall'azienda finanziatrice della ricerca, la Gozzo Impianti S.p.A. (una tra le maggiori imprese di costruzioni edili e impiantistiche in Piemonte, Italia).

È noto che nei paesi sviluppati le emissioni di gas serra causate dal ciclo di vita degli edifici ricoprono circa il 40% delle emissioni totali (HM Government 2011, Regeringen 2011, European Commission 2011), e che, con riferimento ai dati sul consumo elettrico del settore residenziale e terziario registrati nei paesi EU27, gli edifici sono responsabili di circa il 30% del consumo europeo elettrico totale (European Commission 2007).

Pertanto, per affrontare le attuali sfide ambientali ed economiche, la Gozzo Impianti S.p.A. ha identificato nella cooperazione con il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino, e in particolare nel gruppo di ricerca del Design Sistemico, una possibile chiave di svolta. Grazie a questa collaborazione i componenti dell'edificio sono stati studiati in maniera integrata, mettendo in luce collegamenti e aree di intervento fino ad ora non completamente indagati.

In linea con questo approccio, la tesi si articola attorno a metodologie e concetti chiave presi in prestito dalla teoria dei sistemi, concentrandosi sull'approccio del Design Sistemico (SD) utilizzato come metodo di valutazione. Il SD affonda le sue radici nell'area del design e deve il suo carattere aperto ai cinque principi che ne stanno alla base, orientati allo studio del sistema e all'interazione tra i componenti. Partendo da questi concetti la tesi investiga l'edificio in maniera complessiva, basandosi sullo studio dei flussi di materia (aria e acqua) ed energia (per la ventilazione e la produzione di acqua calda sanitaria) che fluiscono attraverso esso. In particolare il termine "**edificio**" si riferisce qui all'insieme della forma esterna dell'edificio e dei suoi impianti tecnici; mentre il termine "**sistema edificio**" ha una connotazione più ampia ed estende i confini anche al contesto vicino.

L'analisi quantitativa dell'impatto delle architetture è perciò completata con la dimensione qualitativa, focalizzando l'attenzione su come queste influiscano sul contesto in termini di emissioni ambientali.

La ricerca pone le basi sulle seguenti riflessioni:

1. Come dovrebbero evolvere le relazioni tra l'edificio e i suoi impianti tecnici, per affrontare le sfide legate alla sostenibilità?
2. È possibile ottenere una riduzione nello sfruttamento delle risorse e allo stesso tempo ridurre i consumi dell'edificio?
3. Come si dovrebbe modificare il gruppo di lavoro e l'attività all'interno di un'impresa edile e impiantistica, per poter affrontare le tematiche ambientali e l'attuale crisi economica?

Per rispondere a queste domande, la tesi mette in connessione le conoscenze proprie dell'architettura (soprattutto riguardo all'involucro dell'edificio) con quelle proprie dell'ingegneria (riferite allo studio degli impianti tecnici utilizzati nell'edificio) in modo da portare alla luce caratteristiche comuni attraverso l'uso di un linguaggio di comunicazione essenziale e diretto, orientato a tutti gli attori coinvolti nel processo.

Cuore centrale della ricerca è l'analisi di casi studio, indagati attraverso strumenti standard di valutazione ambientale (emissioni di CO<sub>2</sub> e impronta dell'edificio) e strumenti creati *ad hoc* (ESRI - Indice di Energia per Radiazione Solare, e tracciabilità di output e input). Ad esempio, la creazione di **modelli essenziali** che comunicano il funzionamento dell'edificio e dei suoi componenti rende possibile la valutazione del suo impatto ambientale e facilita la comparazione tra differenti tipologie costruttive. Questi modelli rispondono alla necessità di convogliare competenze differenti verso un obiettivo comune che includa i fattori ambientali nel progetto dell'edificio, considerato un "sistema complessivo".

Nella parte finale la tesi rielabora le considerazioni sorte dall'analisi dei casi studio e suggerisce una **proposta di lettura** dell'edificio da adattare a differenti contesti. Il carattere sistemico e olistico dello studio forma, inoltre, le basi per l'acquisizione di una **nuova consapevolezza**, basata sulla collaborazione e l'integrazione tra gli elementi del sistema, e arriva a suggerire una piattaforma che connetta attori e soluzioni tecniche verso una riduzione delle emissioni. Obiettivo finale è la definizione di un **nuovo gruppo multidisciplinare** applicabile all'interno delle industrie coinvolte nel processo di costruzione.

Nel complesso, attraverso l'applicazione del pensiero sistemico, l'attuale definizione di sostenibilità in architettura, che tende per lo più ad essere focalizzata sull'efficienza energetica, viene superata in favore di una visione dell'edificio come "**organismo vivente**" in evoluzione con il contesto di riferimento. Si suggerisce infine la configurazione dell'impresa di costruzione come una **piattaforma** in grado di connettere gli **attori** coinvolti nel processo di costruzione edile, che permetta un **dialogo virtuoso** e uno scambio di conoscenze tra di essi.

**References**

- Bistagnino, L. (2011) *Systemic Design - Design Sistemico, 2nd edn.* Bra (CN): Slow Food Editore
- Buchanan, R. (1992) "Wicked Problems in Design Thinking", *Design Issues* 8, (2) 5-21. Cambridge, USA: The MIT Press Journal
- European Commission, Joint Research Centre (2007) *Electricity Consumption and Energy Trends in the Enlarged European Union, Status Report 2006.* Luxemburg: European Commission
- European Commission (2011) *Energy Efficiency plan 2011*, Luxemburg: European Commission
- HM Government (2011) *Carbon Plan.* London: Department of Energy and Climate Change
- Margolin, V. (1996) "Global Expansion or Global Equilibrium? Design and the World Situation." *Design Issues* 12, (2) 22-32. Cambridge, USA: The MIT Press Journal

