



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI

FACOLTÀ DI ARCHITETTURA

Dipartimento di Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato di Ricerca Architettura e Pianificazione
Indirizzo Progettazione Architettonica ed Urbana
XXII Ciclo

**DEFINIZIONE E SVILUPPO DI UNO STRUMENTO DI AIUTO ALLA
PROGETTAZIONE PRELIMINARE ORIENTATA ALLA SOSTENIBILITÀ:
UN APPROCCIO RELAZIONALE**

Tesi di Dottorato di:
Antonio Serra

Relatore:
Prof. Francesco Spanedda

Coordinatore della Scuola:
Prof. Giovanni Maciocco

A.A. 2008/2009

INDICE

Abstract	>> pag.4
Introduzione	>> pag.6
CAPITOLO 1: DEPERIMENTO DI ENERGIE E RISORSE. INQUADRAMENTO	
1.1 Consumo energetico, deperimento delle risorse energetiche e inquinamento. Inquadramento	>> pag.8
1.2 Energia: intensità energetica, efficienza energetica	>> pag.11
1.3 Normative e politiche energetiche	>> pag.13
1.3.1 Normativa Europa	>> pag.15
1.3.2 Le normative degli stati membri: attuazione della Energy Performance of Buildings Directive	>> pag.16
1.3.2.1 Attuazione della EPBD in Danimarca	>> pag.16
1.3.2.2 Attuazione della EPBD in Francia	>> pag.18
1.3.2.3 Attuazione della EPBD in Germania	>> pag.19
1.3.2.4 Attuazione della EPBD in Spagna	>> pag.20
1.3.2.5 Attuazione della EPBD in Grecia	>> pag.21
1.3.3 Il caso italiano. Dalla 373/76	>> pag.22
1.4 Edilizia e società: la situazione italiana	>> pag.28
1.5 CONCLUSIONI	>> pag.30

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

CAPITOLO 2: TECNICHE E TECNOLOGIE NEL PROGETTO

- 2.1 Sviluppo tecnologico e sviluppo della società** >> pag.32
- 2.2 La tecnologia nell'architettura, la teoria di Reyner Banham** >> pag.37
- 2.3 Architettura e energia: supporti ambientali e gadgets** >> pag.43
- 2.4 Tecnologia e tecnica. Adeguatezza** >> pag.44
- 2.5 Strumenti di valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici** >> pag.45
- 2.6 Strumenti di simulazione energetica degli edifici** >> pag.48
- 2.7 Metodi di calcolo** >> pag.51
- 2.7.1 Metodo allo stato quasi - stazionario mensile (Monthly Quasi-Steady-State Method) >> pag.54
- 2.7.2 Metodo orario (Simple Hourly Method) >> pag.57
- 2.7.3 Aggiornamenti. Specifica tecnica UNI TS 11300 >> pag.60
- 2.8 CONCLUSIONI** >> pag.67

CAPITOLO 3: DEFINIZIONE DI PARAMETRI E PROCESSI. FINALITÀ E METODO

- 3.1 Mezzi e fini. Progetti e tecnologie. Contestualizzazione** >> pag.69
- 3.2 Finalità: sostenibilità** >> pag.71
- 3.3 Il progetto come processo** >> pag.72
- 3.4 Strumenti** >> pag.77
- 3.5 Requisiti. Grandezze. Variabili e costanti** >> pag.81
- 3.6 Flussi come processi: la definizione delle frontiere e l'operabilità** >> pag.83

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

3.7	<i>Simulazioni</i>	<i>>> pag.97</i>
3.8	<i>CONCLUSIONI</i>	<i>>> pag.106</i>

CAPITOLO 4: DEFINIZIONE DI UNO STRUMENTO DI AIUTO ALLA DECISIONE ALLA PROGETTAZIONE

4.1	<i>Progetto. Struttura del sistema</i>	<i>>> pag.108</i>
4.2	<i>Implementazione dello schema logico</i>	<i>>> pag.111</i>
4.3	<i>Definizione di alternative</i>	<i>>> pag.114</i>
4.4	<i>Ipotesi di costruzione del motore di calcolo e processo di valutazione</i>	<i>>> pag.119</i>
4.5	<i>CONCLUSIONI</i>	<i>>> pag.124</i>

	<i>CONCLUSIONI E SPUNTI DI RICERCA</i>	<i>>> pag.125</i>
--	---	--------------------------------

	<i>Bibliografia</i>	<i>>> pag.131</i>
--	----------------------------	--------------------------------

	<i>Webgrafia</i>	<i>>> pag.138</i>
--	-------------------------	--------------------------------

Abstract

Sustainable architecture is an approach to architectural design that minimizes resource consumption, utilizes natural energy, mitigates environmental damages, and improves human health.

These requests push the designer capacity to understand and to master techniques and technologies. Techniques are the tool to get targets always different, moving and adapting, technology is one of the means to get to the project, and in accordance with this, it has to be rational and contextual to the project. The building designed answers to processes are filters to specify and to decide solutions and for choosing technologies, not necessarily the latest, but appropriate at different scales, designed and oriented to the context.

This is achievable by projecting all flows as a way to combine visual aspects with relationships between the building and its context, overcoming the strict application of normative and energetic systems, and giving the possibility to think to the project with a holistic approach, discovering and planning relations between components.

All these topics have to be taken into account in the early stages of the design process. The research propose a decision support tools easy to use and that allows the evaluation of design decisions where conflicting objectives must be considered simultaneously, a dynamic tool that works in an interactive way, through processes of aging and comparison of choices.

MATLAB routines allow to work on partial optimizations, with opened mechanisms continuously evaluated by the operator. Different mechanisms are provided for improvement, some based on assigning weights, others on climate analysis and on scientific evidence in the field of architectural technology.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

INTRODUZIONE

All'indomani delle crisi petrolifere degli anni '70 il mondo industrializzato si trovò ad affrontare problemi a cui non era preparato, da un lato la difficoltà di approvvigionamento di fonti energetiche a prezzi contenuti, dall'altro i cambiamenti degli stili di vita che la crisi imponeva. Calo della occupazione e crescita dell'inflazione fermarono le economie dei paesi sviluppati e portarono i governi, tra l'altro, a sviluppare ricerche su fonti energetiche alternative al petrolio; questa spinta si esaurì intorno alla metà degli anni ottanta, quando il prezzo del greggio tornò a scendere.

All'inizio degli anni 70 diversi ricercatori del MIT – *Massachusetts Institute of Technology*, pubblicarono il libro *"I limiti dello sviluppo"*¹. Attraverso la costruzione di modelli matematici e informatici gli scienziati del MIT iniziarono a confutare il modello di crescita esponenziale che sino a quel momento era utilizzato per dar conto dei trend di sviluppo dei paesi industrializzati e come supporto teorico - ideologico a tale crescita.

In conclusione veniva affermato che quei trend di crescita di popolazione, industria, inquinamento, produzione di cibo e consumo di risorse avrebbero portato il pianeta al declino nell'arco di cento anni, se non si fosse intervenuti per creare condizioni di stabilità ecologica ed economica.

Seppure in maniera non esplicita questa ricerca introdusse il concetto di sostenibilità dello sviluppo ai diversi livelli, industriale, finanziario, sociale e ambientale.

Il concetto di sostenibilità fu in seguito esplicitato dal Rapporto Burtland (1987), dalle conferenze di Kyōto (1997), di Rio de Janeiro (1992) e di Johannesburg (2002): emersero aspetti più intimamente legati alle tematiche ambientali e alla capacità di carico dell'ambiente rispetto alle attività antropiche.

1. D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers, W.W. Behrens III, (1972), *Limits to Growth*, Potomac Associates, New York.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Aspetto di rilievo è l'approccio sistemico allo sviluppo sostenibile in cui le componenti ambientale sociale ed economica sono interrelate e caratterizzate da elevati livelli di sovrapposizione di cui le politiche devono tenere conto.

In particolare, a partire dal protocollo di Kyōto, si iniziò a rispondere a problematiche di natura ambientale, principalmente ai cambiamenti climatici, chiedendo la riduzione delle emissioni di gas serra nell'atmosfera attraverso il risparmio energetico e l'utilizzo di fonti energetiche alternative e rinnovabili.

Il problema del consumo di energia alle diverse scale e nei diversi settori è perciò legato all'esaurimento delle fonti fossili e all'inquinamento che da esso deriva, come misura di salvaguardia economica, sociale e ambientale.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

CAPITOLO 1: DEPERIMENTO DI ENERGIE E RISORSE. INQUADRAMENTO

1.1 Consumo energetico, deperimento delle risorse energetiche e inquinamento. Inquadramento

I consumi energetici in Italia, relativamente a diversi settori (industria, trasporti, civile), non si discostano particolarmente dall'andamento dei consumi dei maggiori paesi dell'Unione Europea².

Nell'arco degli anni 2006 – 2008 i consumi energetici italiani ripartiti nei settori industria, trasporti e civile hanno mostrato percentualmente un andamento abbastanza costante.

In questi anni i consumi dell'industria sono passati dal 28% al 26.5%, nel settore trasporti dal 30.6% al 31.3%, nel settore civile dal 31.1% al 31.5%, i restanti consumi sono ascrivibili ad altri usi.

In termini assoluti, sempre in Italia, si è passati da 145.7 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) del 2006 a 142.5 del 2008³ (Fonte: Ministero Sviluppo Economico).

Riferendosi al solo 2007 su dati percentuali i consumi finali di energia elettrica nel settore domestico sono in Italia pari al 22,2%, il 34.2% in Francia, il 27% in Germania, il 26.1% in Spagna, il 33.9% nel Regno Unito, il 28.7% come dato medio europeo⁴. In Italia, sul totale degli utilizzi del settore residenziale, il 68% è la quota parte di energia utilizzata per il riscaldamento, il 9% per l'acqua calda, il 5% per la cucina, il resto sono usi obbligati.

2. I dati riportati in questo paragrafo sono quasi interamente elaborazioni di dati ISTAT, reperibili sul sito <http://www.istat.it/censimenti>. Fonti diverse sono citate.

3. Fonte dati: Ministero dello Sviluppo Economico, sul sito <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/>

4. Fonte dati: Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, sul sito <http://www.autorita.energia.it>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

A partire dal 1990 e sino al 2006 i consumi nel settore civile italiano sono cresciuti del 23%, ma va notato che gli aumenti maggiori hanno riguardato quasi tutti i paesi dell'area del Mediterraneo, a Cipro l'aumento è stato del 65%, il 20% in Francia, il 50% in Grecia, il 46% in Portogallo, il 45% in Spagna.

A livello regionale nel settore residenziale gli aumenti nei consumi di energia elettrica più rilevanti (1990 - 2005) hanno riguardato il Trentino Alto Adige (32%), le Marche (29%) e l'Emilia Romagna (27%), mentre in Sardegna l'aumento è stato pari al 26%.

Se si considerano però tutti i consumi energetici del settore residenziale, cioè non solo quelli elettrici, e limitando l'indagine al periodo compreso tra il 1990 e il 2004, le regioni che hanno maggiormente incrementato i consumi sono Puglia, Basilicata e Calabria, con, rispettivamente il 32, 27 e 28%

Al 2004 per la Sardegna risulta una diminuzione del 13%, ma nelle previsioni 2005 (ultimo dato disponibile) si ha una parità rispetto al dato del 1990.

Come detto il problema del consumo energetico è strettamente legato alle emissioni di gas in atmosfera.

Nell'Europa a 15, negli ultimi sedici anni le emissioni di gas sono diminuite in maniera sostanziale, eccezion fatta per la CO₂: dal 1990 al 2006 le emissioni di anidride carbonica sono infatti cresciute del 3.27%, i paesi che meno sono riusciti a controllare queste emissioni sono il Portogallo (36%) e la Spagna (32%), mentre per l'Italia l'incremento è stato quasi dell'11%.

Sempre con riferimento all'Europa a 15 le emissioni di metano (CH₄) nello stesso periodo sono diminuite del 42%, in Italia quasi del 10% mentre in Germania si sono più che dimezzate.

L'ossido di carbonio CO è diminuito del 115% su scala europea, nel Regno Unito e in Germania di oltre il 200%, in Italia si è quasi dimezzato.

Anche le emissioni del protossido di azoto N₂O sono diminuite in Europa del 28%, in Italia del 8%, gli ossidi di azoto NO_x sono diminuite del 52% e del 83% in Italia, i biossidi di zolfo SO₂ sono crollate del 270% in Europa e del 360% in Italia, mentre l'andamento delle emissioni di composti organici volatili diversi dal metano (COVNM) sono diminuite del 6% in Europa e del 70% in Italia.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Va ricordato che il Protocollo di Kyōto regola non solo le emissioni di CO₂, N₂O, CH₄, ma anche quelle di esafluoruro di zolfo (SF₆), idrofluorocarburi (HFCs) e perfluorocarburi (PFCs).

Secondo l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* delle Nazioni Unite (IPCC) l'aumento delle temperature medie globali è dovuto all'aumento della concentrazione di gas serra di natura antropogenica nell'atmosfera.

Questo fenomeno è dovuto principalmente all'aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera, dovuto alla combustione di petrolio, gas naturale e carbone.

Negli anni analisi si sono ripetute e ricerche sui quantitativi rimanenti di gas petrolio e carbone, risorse destinate ad esaurirsi. Nel caso del petrolio le stime portano ad ipotizzare che il picco nella avverrà tra cinquanta anni, periodi più lunghi per il gas ed il carbone.

Queste ipotesi sono sviluppate tenendo in considerazione gli attuali trend e le richieste via via crescenti di paesi come Cina, India, Brasile in rapido sviluppo e che richiedono, perciò, al mercato, sempre maggiori quantità di energia, secondo ritmi non più sostenibili per il pianeta.

Al 2004, a livello mondiale, le fonti rinnovabili fornivano circa il 7% dell'energia elettrica consumata.

In Europa (paesi OECD), dal 1990 al 2006 si è passati da una quota parte di energia prodotta da fonti rinnovabili pari al 5% per passare al 7.3%.

Nel 2006 l'Italia ha prodotto oltre 49 TWh di elettricità da fonti rinnovabili, con oltre il 60% proveniente da fonte idroelettrica, la restante quota parte proveniente data dalla somma di geotermico, eolico, solare, legna, biogas e RSU (rifiuti solidi urbani)

Considerando la UE – 15, l'Italia è il quarto produttore di elettricità da fonti rinnovabili, lontana dalle richieste dell'Unione Europea per il 2010, pari al 22% del totale di energia elettrica richiesta.

Va notato che, a causa della preponderanza dell'idroelettrico sulla produzione, l'Italia risente particolarmente delle variazioni stagionali di piovosità e

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

comunque, si è quasi raggiunto il massimo di energia ottenibile da questa fonte, inoltre allo stato attuale, nonostante quanto previsto dalla UE, l'Italia è l'unico paese che considera l'energia prodotta dai rifiuti solidi urbani con termovalorizzatore una fonte rinnovabile⁵.

1.2 Energia: intensità energetica, efficienza energetica.

I dati precedentemente esposti danno, in maniera riassuntiva, un quadro della situazione sul consumo energetico in Europa e in Italia. L'unione Europea ha in questi ultimi anni emanato numerose normative sul risparmio nei diversi campi, da quello industriale ai trasporti sino all'efficienza energetica degli edifici.

Il termine energia indica la capacità che ha un corpo di compiere lavoro. Concettualmente perciò descrive l'attitudine di un sistema a compiere lavoro, non tutta l'energia può essere trasformata in lavoro dipendentemente dall'efficienza del sistema stesso.

Un qualsiasi processo di trasformazione di energia (elettrica – termica, meccanica - elettrica) avviene con perdite.

Maggiore efficienza significa, in sostanza, maggiore capacità di avere lavoro, o stesso lavoro con meno energia, o calore, si pensi al caso degli impianti di riscaldamento domestici.

Sotto questo aspetto appare logico pensare che una delle misure maggiormente perseguibili, come in realtà accade, sia l'aumento di efficienza energetica.

Questo nel quadro d'insieme dovrebbe tradursi in minori consumi di energia, e perciò di materie prime, e minor inquinamento.

5. Solo in Italia l'energia prodotta dalla termovalorizzazione (incenerimento di rifiuti) viene considerata interamente rinnovabile. L'Unione Europea ha considerato rinnovabile la sola parte organica dei rifiuti, cioè la frazione biodegradabile, e il 20 Novembre 2003 si è così espressa: «La Commissione conferma che, ai sensi della definizione dell'articolo 2, lettera b) della direttiva 2001/77/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 settembre 2001, sulla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità, la frazione non biodegradabile dei rifiuti non può essere considerata fonte di energia rinnovabile [...] Per biomassa si intende la parte biodegradabile dei prodotti, rifiuti e residui provenienti dall'agricoltura (comprendente sostanze vegetali e animali) e dalla silvicoltura e dalle industrie connesse, nonché la parte biodegradabile dei rifiuti industriali e urbani».

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

L'economista Williams Stanley Jevons⁶ in un libro pubblicato nel 1865, studiò il sistema di produzione di energia inglese in quel periodo basata principalmente sul carbone.

Egli notò che migliorando l'efficienza dei processi di produzione del carbone non si ottenevano riduzioni nel consumo del carbone, anzi questi crescevano, cioè al migliorare delle efficienze di trasformazione del carbone in energia si aveva di pari passo un aumento della richiesta.

Questo fu spiegato ipotizzando che l'incremento di efficienza facesse calare il prezzo per produrre la stessa quantità di prodotto, e quindi aumentare la domanda di una quantità tale da determinare, comunque, una maggiore richiesta di materie prime⁷.

Nel libro uscito nel 2009 dal titolo *The Myth of Resource Efficiency, The Jevons Paradox*⁸, gli autori hanno studiato la situazione dell'economia americana in termini di miglioramento dell'efficienza di trasformazione delle materie prime, alla luce delle considerazioni di Jevons.

Si conclude che ancora oggi, spesso o molto spesso, si verifica lo stesso fenomeno, aumento delle efficienze che si accompagnano con aumenti dei consumi legati alla diminuzione dei prezzi, al punto che gli autori suggeriscono come soluzione il controllo dei prezzi, mantenuti alti, da parte dei governi.

Questa considerazione nasce dalla constatazione che l'uomo ha la tendenza a consumare sempre tutto quello che può. Questa analisi apre uno scenario differente, non più legato al progresso tecnologico e alle norme di contenimento dei consumi, ma che rimanda a un cambiamento degli stili di vita.

In termini macroeconomici l'efficienza energetica viene rapportata al Prodotto Interno Lordo di una nazione attraverso il parametro intensità energetica, che rappresenta l'unità di energia per unità di PIL.

Generalmente un'alta intensità energetica indica elevati costi per convertire energia in PIL, viceversa una bassa intensità energetica indica minori prezzi, e

6. W. Stanley Jevons, (1865), *The coal question*, London, Macmillan and Co.

7. Questo fenomeno è noto come "Paradosso di Jevons".

8. J.M. Polimeni, K. Mayumi, M. Giampietro, B. Alcott, (2009), *The Myth of Resource Efficiency, The Jevons Paradox*, Earthscan.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

quindi costi, per la conversione⁹. In sostanza questa grandezza è utilizzata per analizzare quanta energia può essere trasformata in denaro, o in generale, in ricchezza per il paese.

L'intensità energetica di un processo indica l'energia consumata per unità di output ed è l'inverso dell'efficienza energetica del processo, la quale indica l'output per unità di energia consumata.

Generalmente i paesi più ricchi ed industrializzati hanno bassa intensità energetica e elevati PIL pro capite, i paesi più poveri hanno, viceversa, alta intensità energetica e basso PIL pro capite.

Questo indicatore è strettamente correlato alle condizioni delle economie dei paesi e perciò al loro sviluppo, ma anche alle condizioni climatiche, alle estensioni e alle abitudini, non è perciò un buon indicatore dell'efficienza energetica o della sostenibilità degli usi energetici: paesi come il Canada per esempio hanno elevato rapporto energia / PIL dovuto all'estensione del paese, al clima freddo e all'industria di lavorazione delle materie prime, in Giappone il rapporto è basso per via del clima, le brevi distanze da percorrere e alla quasi inesistente presenza di industrie di lavorazione delle materie prime.

1.3 Normative e politiche energetiche

L'Unione Europea ha da tempo attivato azioni atte a ridurre le emissioni di anidride carbonica in un ampio quadro di politiche sull'energia.

Allo stato attuale l'Europa è largamente dipendente da approvvigionamenti esterni di petrolio e gas dai paesi produttori, come la Russia e quelli dell'area medio orientale e del nord Africa, elemento che è riconosciuto come presupposto di grande vulnerabilità del comparto e nell'intero quadro geo-politico.

In tal senso le istituzioni si sono mosse, anche attraverso l'adesione al protocollo di Kyōto¹⁰, implementando strategie e elaborando normative per combattere i cambiamenti climatici e ridurre gli apporti esterni di fonti energetiche

9. <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isdms2001/isd-ms2001economicB.htm>

10. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

incrementando l'utilizzo di fonti rinnovabili, anche come misura di promozione dell'occupazione.

Alla fine del 2006, attraverso il "Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica", l'Unione ha presentato una nuova politica energetica con i seguenti obiettivi¹¹:

- Realizzare un mercato interno dell'energia concorrenziale, integrato, interconnesso;
- Garantire la sicurezza dell'approvvigionamento energetico;
- Ridurre le emissioni di gas serra, attraverso la riduzione del consumo di energia, l'aumento dell'efficienza energetica, l'utilizzo di fonti rinnovabili;
- Sviluppare le tecnologie energetiche.

Entro il 2020 dovranno essere ridotti del 20% i consumi energetici, aumentate del 20% le quote di energie rinnovabili nel consumo energetico totale, ridotte del 20% le emissioni di gas serra e aumentate del 10% le quote di biocarburanti ottenuti da colture non alimentari¹².

Contemporaneamente sono state indicate le potenzialità di risparmio di energia primaria per i diversi settori:

- 27% nel settore domestico;
- 30% negli edifici del terziario;
- 26% nel settore trasporti;
- 25% nell'industria manifatturiera.

Una parte rilevante degli interventi riguardano gli edifici del settore terziario e il settore domestico, con una elevata quota parte di risparmio potenziale previsto. Gli edifici e le attività ad essi connesse sono cioè ritenute di rilevanza strategica per abbattere, anche in maniera consistente i consumi e le immissioni di gas serra, mediamente, in Europa, gli edifici consumano infatti quasi il 40% dell'energia primaria. Nel 1993 era stata emanata la direttiva 93/76/CE – SAVE per il risparmio energetico, a cui è succeduta la direttiva 2002/91/CE (Energy

11. http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l27067_it.htm

12. Per una disamina delle principali normative europee, nazionali e regionali nel campo dell'energia si veda il sito:

<http://www.ambientediritto.it/Legislazione/Energia/energia.htm#Legislazione%20Comunit%C3%A0%20Europea>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Performance Building Directive EPBD) sul rendimento energetico degli edifici, che doveva essere recepita da tutti gli stati membri.

Esistono inoltre altre direttive che riguardano gli aspetti energetici nell'edilizia: la progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia, la cogenerazione, l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici, i prodotti da costruzione e così via.

1.3.1 Normativa Europa

La direttiva 2002/91/CE EPBD¹³ fissa azioni ed interventi concreti, stabilendo l'obbligo per gli stati membri di dotarsi di strumenti per il controllo e la valutazione della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle condizioni climatiche locali, degli apporti gratuiti interni e dell'efficienza degli impianti al fine di contenere consumi e costi. Le linee guida della normativa individuano gli elementi che gli stati membri, nell'atto della emanazione delle proprie normative, devono considerare:

- un quadro generale per la metodologia di calcolo del rendimento energetico - Energy Performance¹⁴;
- i requisiti minimi per gli edifici di nuova costruzione;
- i requisiti minimi nel caso di ristrutturazione di edifici di grande metratura e sottoposti ad importanti ristrutturazioni;
- la certificazione energetica degli edifici;
- l'affissione e l'informazione pubblica dei parametri della certificazione;
- l'ispezione periodica degli impianti termici e di condizionamento.

L'attestato di rendimento energetico deve essere messo a disposizione in fase di costruzione, compravendita o locazione di un edificio, riportando "i dati di

13. <http://www.epbd-ca.org/>;

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27042_en.htm

14. Quantità di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi, tra gli altri, il riscaldamento, il riscaldamento dell'acqua, il raffreddamento, la ventilazione e l'illuminazione. L'Energy Performance è espresso da diversi descrittori che devono tenere conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'esistenza di sistemi di generazione propria di energia, del clima degli ambienti interni.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

riferimento che consentano ai consumatori di valutare e raffrontare il rendimento energetico dell'edificio" e "raccomandazioni per il miglioramento del rendimento energetico in termini di costi-benefici".

In questo senso è evidente l'intenzione dell'Unione Europea di favorire, anche in termini economici, la realizzazione di edifici a basso consumo, resi maggiormente appetibili ai compratori. Il metodo di calcolo del rendimento energetico degli edifici comprende differenti aspetti: le caratteristiche termiche dell'edificio (murature esterne e divisioni interne, isolamento ecc.), gli impianti (riscaldamento, produzione di acqua calda, condizionamento aria e ventilazione, illuminazione), la posizione e l'orientamento degli edifici, i sistemi solari passivi e protezione solare, la ventilazione naturale, la qualità climatica interna, incluso il clima degli ambienti interni progettato, in funzione della destinazione d'uso e della dimensione degli edifici stessi e delle condizioni climatiche.

1.3.2 Le normative degli stati membri: attuazione della Energy Performance of Buildings Directive

Alcuni paesi dell'Unione Europea hanno iniziato un percorso di certificazione energetica degli edifici e di contenimento dei consumi prima della entrata in vigore della norma EPBD¹⁵, emanando in seguito normative di recepimento e di adeguamento degli strumenti di calcolo alla norma europea.

1.3.2.1 Attuazione della EPBD in Danimarca

Le norme danesi, precedentemente al 2006, anno del recepimento della EPBD¹⁶, imponevano attraverso i regolamenti edilizi l'etichettatura energetica degli edifici e misure di controllo dei consumi degli impianti termici. Al recepimento della norma europea, sotto responsabilità della Danish Energy Agency e della Danish National Agency of Enterprise and Construction, sono stati abbassati i limiti di fabbisogno energetico degli edifici e resi più stringenti i controlli sugli impianti.

15. www.buildingsplatform.org

16. www.ebst.dk

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Per il calcolo del consumo energetico negli edifici è stato realizzato il software Be06. Il motore di calcolo è reso disponibile per essere utilizzato da altri software in modo da assicurare corrispondenza di risultati. Si tiene conto dei ponti termici, dei guadagni solari, della ventilazione naturale, del recupero di calore, del condizionamento e degli impianti in generale e così via.

Per i nuovi edifici in recepimento della EPBD è stata emanata la BR08, di fatto una norma riassuntiva di strumenti normativi esistenti: con un breve periodo di transizione la norma richiede per il permesso a costruire una riduzione dei consumi minima certificata, rispetto a quanto previsto prima della data di entrata in vigore della legge, del 25%.

Gli obiettivi di riduzione dei consumi riguardano l'energia fornita per l'utilizzo degli edifici riscaldati a temperatura maggiore di 15°C, differenziando abitazioni ed altri edifici.

Per le abitazioni i consumi devono essere pari a $70 + 2200/A$ [kWh/m² year]

Nel settore non domestico: $95 + 2200/A$ [kWh/m² year], A è la superficie calpestabile lorda.

Esistono inoltre due classi di efficienza per consumi minori del 50% e del 75% rispetto a un edificio normale. Sono richiesti limiti nelle trasmittanze delle pareti e nei rendimenti degli impianti. Il permesso ad abitare è dato solo in seguito alla reale verifica dei consumi e alla loro rispondenza a quanto certificato in fase di calcolo.

Per edifici esistenti e in caso di ristrutturazione vengono imposti limiti alle trasmittanze di muri perimetrali coperture e finestre. Per i condomini e edifici non abitativi se il costo della ristrutturazione dei muri esterni o degli impianti è superiore al 25% del valore dell'edificio, devono essere applicate misure di risparmio energetico "cost efficient", cioè misure che portino il 33% di profitto calcolate con un tempo di ritorno dell'investimento sulla vita media dell'edificio. Gli edifici, nuovi o sottoposti a ristrutturazioni importanti e in caso di vendita o locazione, sono dotati della etichetta energetica. Il requisito minimo per l'abitabilità nelle nuove abitazioni è la classe B. Esistono 7 classi, dalla A alla G, la classe A è quella degli edifici a basso consumo, con due sottoclassi, 1 e 2.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Il governo danese prevede di ridurre ulteriormente i consumi energetici degli edifici in un percorso in due tappe, 2010 e 2015, con riduzione previste rispetto a quanto richiesto attualmente, del 25% e del 50%.

1.3.2.2 Attuazione della EPBD in Francia

L'attuazione della EPBD in Francia¹⁷ è sotto la responsabilità del Ministero per l'Energia, l'Ecologia, lo Sviluppo Sostenibile e il Territorio

Le procedure di calcolo, basate sulla prEN 13790, sono state introdotte alla fine del 2005 dal regolamento in materia di edifici di nuova costruzione, e in seguito aggiornate per il recepimento della EPBD nel luglio 2006. Per edifici nuovi, distinguendo per tipologia di edificio e destinazione d'uso, le norme francesi fissano valori limite di trasmittanza per muri, coperture, finestre e solai, requisiti minimo di isolamento, massime temperature interne estive e consumi di energia massimi per metro quadrato.

Sono fissati, dipendentemente dalla zona climatica, consumi massimi di energia primaria per riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria distinguendo tra fonti fossili e energia elettrica.

Nella procedura di calcolo si tiene conto dell'influenza del clima, e anche dell'orientamento dell'edificio, dei sistemi passivi, delle protezioni dal irraggiamento diretto, dei guadagni termici interni, dei sistemi solari attivi, dell'illuminazione naturale.

I requisiti minimi prestazionali per gli edifici esistenti sono stati emanati nel 2007 e riguardano le nuove componenti negli edifici in caso di ristrutturazione o ampliamento.

Tali componenti sono le caldaie che non utilizzano fonti rinnovabili, gli impianti di climatizzazione, i sistemi per la produzione dell'acqua calda sanitaria, le finestre, gli impianti per produrre energia da fonti rinnovabili, l'isolamento delle pareti e dei muri, i sistemi di ventilazione e illuminazione, per cui vengono imposti requisiti non dissimili da quelli per i nuovi edifici.

17. <http://www.logement.gouv.fr>; <http://www.rt-batiment.fr>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

L'etichetta energetica certifica il consumo energetico dell'abitazione o dell'edificio e l'impatto del consumo per l'effetto serra, è obbligatoria per abitazioni e edifici non residenziali, in caso di vendita dell'intero immobile o di sue parti. Esistono sette classi per gli edifici residenziali e 9 classi per i non residenziali.

1.3.2.3 Attuazione della EPBD in Germania

In Germania gran parte delle richieste della EPBD erano già in vigore dal 2002 (EnEV 2002), attraverso l'ordinanza per il risparmio energetico, e su di essa si basa il calcolo dei requisiti di risparmio energetico per i nuovi edifici, per le ristrutturazioni, indipendentemente dalle dimensioni degli edifici. La prima normativa risaliva al 1984, quella per le ispezioni alle caldaie al 1978.

La norma di recepimento¹⁸ della EPBD è la Energieeinsparverordnung – EnEV 2007, Ordinanza per l'isolamento termico e il risparmio energetico negli edifici, essa ha semplicemente colmato alcuni vuoti, come la certificazione obbligatoria in caso di affitto o vendita, per edifici pubblici e le ispezioni alle unità di trattamento aria.

Sono fissati limiti di isolamento degli edifici, l'efficienza e la manutenzione degli impianti di riscaldamento, per la produzione di acqua calda sanitaria e di ventilazione, la contabilizzazione dei consumi per impianti per le singole unità abitative.

In Germania, il raffreddamento è più comune negli edifici non residenziali che nelle abitazioni. Per tali edifici, anche al fine di considerare gli aspetti del raffreddamento e l'illuminazione artificiale, è stato creato un sistema che non fissa limiti all'energia primaria ma rapporta i consumi ad un edificio fittizio avente stessa geometria, orientamento e utilizzo di quello analizzato a cui si associa un consumo teorico come parametro massimo da non superare.

La certificazione energetica è obbligatoria per gli edifici nuovi e per quelli in cui sono state fatte importanti ristrutturazioni. Per gli edifici di nuova edificazione sono fissati requisiti in funzione del rapporto superficie – volume e se dotati di

18. www.bbr.bund.de; www.dena.de; www.enev-normen.de

impianti centralizzati per la produzione di acqua calda dalla superficie calpestabile. Per gli altri edifici si può scegliere tra la certificazione basata sulla richiesta di energia o una in cui il parametro è dato dal consumo degli ultimi tre anni.

È stato introdotto recentemente, per gli edifici non residenziali, un nuovo metodo di calcolo, articolato in dieci parti, in accordo con la norma DIN V 18599: si tratta di un approccio olistico che tiene conto dell'involucro dell'edificio, degli impianti e dell'illuminazione. Probabilmente il metodo troverà applicazione anche per le abitazioni nelle prossime modifiche alla normativa.

Esistono due procedure per la certificazione degli edifici, uno basato sulla domanda calcolata e l'altro sul consumo calcolato. La certificazione sarà introdotta per passi nel caso di vendita ed affitto degli edifici e per istituzioni che forniscono servizi pubblici. Per il settore residenziale è obbligatoria dal gennaio 2009, per i non residenziali dal luglio 2009.

Nel caso di ristrutturazioni è possibile scegliere due strade: il rispetto dei limiti di trasmittanza come richiesti dalla norma oppure dimostrare che l'edificio non eccede più del 140% i consumi di un edificio nuovo di riferimento. Se si ingrandisce l'edificio di più di 50m² bisogna rispettare interamente le richieste valide per i nuovi edifici.

1.3.2.4 Attuazione della EPBD in Spagna

La EPBD è stata recepita in Spagna tra il 2006 e il 2007 con tre Reggi Decreti, il Codice Tecnico per gli Edifici (CTE - Código Técnico de la Edificación), le procedure di base per la certificazione delle performance energetiche nei nuovi edifici e il regolamento per gli impianti termici (RITE)¹⁹.

Il codice per gli edifici prescrive i requisiti energetici minimi per i nuovi edifici in funzione della zona climatica (5 zone) e copre:

- Massimi valori di trasmittanze U per i diversi elementi;
- Fattori solari;

19. <http://www.codigotecnico.org/>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

- Efficienze minime per gli impianti;
- Efficienze minime per l'illuminazione artificiale;
- Minimo contributo dell'illuminazione naturale;
- Minimo contributo solare per la produzione di acqua calda sanitaria;
- Minimo contributo da impianti fotovoltaici.

Esistono due metodologie di elaborazione, una semplificata e una elaborata per la quale è fornito il software LIDER²⁰.

I limiti imposti per gli edifici esistenti sono gli stessi richiesti per le nuove edificazioni, nel caso di ristrutturazioni di edifici con superficie maggiore di mille metri quadrati o se l'intervento riguarda più del 25% dell'involucro esterno.

La certificazione energetica è obbligatoria per tutti gli edifici nuovi il cui permesso di costruzione sia stato richiesto dopo il 31 ottobre 2007, e vale per tutte le destinazioni d'uso, negli edifici pubblici deve essere esposta all'esterno nel caso in cui essi superino una superficie maggiore di mille metri quadrati. Per gli edifici esistenti è in via di approvazione una nuova procedura. Anche per la certificazione esistono due procedure, una semplificata e una seconda realizzabile con il software CELENER. I parametri sono il consumo energetico per il riscaldamento e il raffrescamento e le emissioni di CO₂.

1.3.2.5 Attuazione della EPBD in Grecia

In Grecia la EPBD è stata recepita nel 2008 sotto responsabilità del Ministero dello Sviluppo e dell'Ambiente e si applica per le richieste di edificazione arrivate dal 2009²¹.

Devono essere rispettati:

- Limiti di trasmittanza,
- Limiti di isolamento
- Limiti di consumi rapportati alla superficie calpestabile;
- Efficienze di caldaie e impianti di climatizzazione.

20. http://www.codigotecnico.org/fileadmin/Ficheros_CTE/Programas/iLIDER_070611.EXE

21. <http://www.parliament.gr/ergasies/nomodetails.asp?-lawid=585>;

<http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>, www.cres.gr/greenbuilding; www.ypan.gr

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

e valgono sia per i nuovi edifici che per le ristrutturazioni.

La certificazione energetica prevede sette classi dalla A alla G con tre classi A (A+, A, A-) per stimolare la realizzazione di edifici ad alta o altissima efficienza energetica.

Una parte importante delle analisi riguarda l'efficienza dei sistemi di condizionamento, essa ha concluso che dovrebbero essere utilizzati solo sistemi di classe A o al limite di classe B per grandi impianti, queste considerazioni entreranno probabilmente nelle norme, inizialmente per gli edifici pubblici.

1.3.3 Il caso italiano. Dalla 373/76

La guerra del Kippur tra Israele e i Paesi Arabi portò all'interruzione delle forniture di petrolio proveniente dal Medio Oriente e dal nord Africa verso i paesi occidentali, evidenziando la dipendenza di questi da un'area geografica instabile dal punto di vista geopolitico e la scarsità di risorse naturali per la produzione di energia dell'Europa, nello specifico, e dei paesi maggiormente industrializzati.

Si adottarono misure di contenimento dei consumi energetici, in Italia si impose la circolazione degli autoveicoli con targhe alterne e il blocco del traffico nelle domeniche. Nel settore edilizio venne emanata la Legge n. 373 del 1976.

Punti cardine della normativa erano la limitazione della potenza termica degli impianti e l'obbligo di isolamento termico degli edifici per trasmissione dipendentemente dalle condizioni climatiche.

Questa legge, sebbene per molte parti disattesa, soprattutto per i meccanismi di attuazione che davano ai tecnici comunali la verifica delle prescrizioni, ebbe il merito di porre l'attenzione su problematiche nuove e di cui, fino a quel momento, era difficile comprendere la portata, soprattutto sull'isolamento dei muri e sugli sprechi legati agli impianti.

L'attenzione a queste problematiche nel campo dell'edilizia, in Italia, si è concretizzata in seguito in maniera maggiormente strutturata, nella legge 10 del 1991: *“Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia d'uso*

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo della fonti rinnovabili di energia".

La 10/91 pose l'Italia all'avanguardia rispetto alle tematiche relative ai consumi energetici e alle emissioni di gas serra individuando una serie di azioni dirette alla promozione del risparmio energetico, all'utilizzo di fonti rinnovabili, e un sistema di incentivazione per una serie di interventi di miglioramento del comportamento energetico dell'edificio, quali coibentazione, installazione di generatori di calore ad alto rendimento, di pompe di calore, di impianti fotovoltaici, di sistemi di illuminazione ad alto rendimento e così via. Inoltre, prevedeva misure (e nuove norme) per contenere il consumo di energia negli edifici, pubblici e privati, anche nel caso di patrimonio edilizio esistente. Era prevista una Relazione Tecnica redatta dal progettista, e una Certificazione Energetica dell'edificio, per le quali sarebbero dovute essere emanati dei decreti appositi.

I ritardi nella predisposizione dei decreti di attuazione resero di fatto questa legge inapplicata. Il 26 agosto 1993 fu promulgato il DPR n.412: *"Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art.4, comma 4, della L.9 gennaio 1991, n.10"*.

Il decreto suddivide il territorio italiano in zone climatiche e ogni comune viene inquadrato attraverso i gradi giorno, inoltre viene data una classificazione generale degli edifici per categorie, i valori massimi delle temperature ambiente, i requisiti e il dimensionamento degli impianti termici, il rendimento minimo dei generatori di calore, la termoregolazione e la contabilizzazione, i valori limite superiori del fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale, i limiti di esercizio degli impianti termici.

Nel dicembre 1993 è arrivato il decreto (DM 13 dicembre 1993) per la predisposizione della relazione tecnica prevista dalla 10/91: *"Approvazione dei modelli tipo per la compilazione della relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991 n.9, attestante la rispondenza alle prescrizioni in materia di contenimento del consumo energetico degli edifici"*.

Il decreto introdusse modelli tipo per la compilazione della relazione tecnica facendo una distinzione per diverse tipologie di intervento e opere:

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

- Opere relative ad edifici di nuova costruzione o a ristrutturazione di edifici (con riferimento all'intero sistema edificio – impianto termico);
- Opere relative agli impianti termici di nuova installazione in edifici esistenti e opere relative alla ristrutturazione degli impianti termici;
- Sostituzione di generatori di calore.

Inoltre imposte valori limite per la trasmittanza termica, per il coefficiente volumico di dispersione termica per trasmissione (Cd) e per il numero di volumi d'aria ricambiati in un ora.

Con il DM 27 luglio 2005, norma concernente il regolamento di attuazione della legge 9 gennaio 1991 n.10 (articoli 4, commi 1 e 2), recante: *“Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia d'uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”* vennero definiti i criteri generali tecnico costruttivi e le tipologie per l'edilizia sovvenzionata e convenzionata, per l'edilizia pubblica e privata, anche riguardo alla ristrutturazione degli edifici esistenti, al fine di favorire ed incentivare l'uso razionale dell'energia, il contenimento dei consumi energetici nella produzione o nell'utilizzo di manufatti.

Per gli edifici di nuova costruzione i consumi di energia primaria vanno minimizzati attraverso l'utilizzo ottimale di materiali componenti e sistemi per raggiungere adeguati livelli di isolamento termico e di inerzia termica, attraverso il controllo della radiazione solare incidente sulle superfici trasparenti, l'aumento dell'efficienza energetica degli impianti, la riduzione delle dispersioni dell'impianto di distribuzione dell'acqua calda ecc.

Nella relazione tecnica, in cui il progettista deve dimostrare la rispondenza delle scelte progettuali in termini di materiali, componenti e sistemi, durabilità nel tempo delle soluzioni costruttive adottate, rispetto alle esigenze di contenimento dei consumi di energia e di miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio o porzione di esso, deve essere fornita la caratterizzazione termica di materiali e dei componenti dell'edificio attraverso la determinazione del valore di trasmittanza e di inerzia termica (attenuazione e sfasamento termico). Limitatamente agli edifici di nuova costruzione indipendentemente dalla destinazione d'uso, il progettista deve verificare la sussistenza di alcuni requisiti quali: il valore del coefficiente di dispersione

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

termica per trasmissione C_d il quale non deve essere superiore a un valore tabellato, il tasso di rinnovo dell'aria da assumersi pari a 0.25 V/h, il valore di trasmittanza termica in funzione del tipo di struttura e della zona climatica. Una parte piuttosto limitata riguarda le misure da adottarsi per il contenimento dei consumi di energia estivi.

Nell'agosto 2005, attraverso il Decreto 192/2005, l'Italia ha recepito la EPBD.

In particolare, il decreto pose l'attenzione sugli impianti, pretendendo più efficienza, sugli involucri e sui componenti finestrati che dovranno essere più isolati termicamente: nella fattispecie il decreto individuò la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate e l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche, senza però chiarire i criteri generali per la certificazione energetica, anzi prevedendo un documento sostitutivo, l'attestato di qualificazione energetica, e rimandando ancora una volta a decreti attuativi e a successive norme.

La norma prevede un doppio percorso di verifica: il calcolo del fabbisogno annuo di energia primaria oppure il calcolo della trasmittanza termica U delle strutture (opache e trasparenti) e del rendimento energetico globale medio stagionale. Il fabbisogno annuo di energia primaria, calcolato secondo una serie di norme UNI, andava confrontato con valori tabellati variabili in funzione dei gradi giorno e del rapporto S/V , superficie che delimita verso l'esterno il volume riscaldato sul volume lordo delle parti di edificio riscaldate.

Il secondo metodo impone limiti di trasmittanza, in funzione di zone climatiche definite da range di variazione dei gradi giorno, delle strutture verticali inclinate, delle strutture orizzontali opache, delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi e dei vetri, e il rispetto di valori di rendimento degli impianti, tralasciando il calcolo del fabbisogno annuo di energia primaria.

La necessità di apportare correzioni al 192/2005 portarono l'Italia a emanare il Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311. Esso estese l'obbligo di certificazione energetica (pur senza spiegare come redarla) dipendentemente dalle superfici utili e con una cadenza temporale di applicazione, e impose limiti maggiormente restrittivi, anche in termini di tempo di applicazione, ai valori delle trasmittanze e del fabbisogno di energia, escludendo ancora una volta dal calcolo i fabbisogni per il condizionamento estivo, ma limitandosi a imporre limiti

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

di massa superficiale per garantire elevata inerzia termica²². Venne così riconosciuta l'importanza della massa muraria in termini di inerzia, pur rimanendo non risolta la questione del posizionamento del materiale coibente e del rapporto tra superfici opache e trasparenti.

Il 30 maggio 2008 è arrivato il *D.Lgs. n. 115*, "Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE".

Il decreto, tra l'altro, assegna all'ENEA la funzione di Agenzia nazionale per l'efficienza energetica, e fissa le norme da utilizzare per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, le UNI TS 11300, inoltre per la certificazione energetica fissa alcune disposizioni da seguire in attesa di successivi decreti.

Con il Decreto Ministeriale 26 giugno 2009 sono entrate in vigore le Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

Nella certificazione sono indicate le performance energetiche dell'edificio attraverso una sorta di cruscotto, una targa energetica in cui vengono indicate la prestazione energetica globale²³, la prestazione per il raffrescamento²⁴, la prestazione per il riscaldamento²⁵, la prestazione per l'acqua calda²⁶, la prestazione energetica raggiungibile²⁷. Per gli immobili di quadratura superiore a 200mq diviene obbligatoria l'indicazione delle performance dell'involucro in relazione alla climatizzazione estiva. Sono individuate otto le classi energetiche, dalle lettere dalla A alla G, con l'introduzione di una classe A+, la classe minima da raggiungere dal 2010, per le nuove costruzioni, è la C.

22. Per tutte le zone climatiche, esclusa la zona F, nel caso di irradiazione sul piano orizzontale maggiore di 290 W/m², pareti, strutture opache verticali, orizzontali ed inclinate devono avere una massa superficiale maggiore di 230 kg/m².

23. Indice prestazione energetica globale: energia totale utilizzata dall'edificio per m² di volume climatizzato.

24. Indice prestazione energetica per la climatizzazione estiva: energia utilizzata per raffrescare l'edificio per m² di volume climatizzato.

25. Indice prestazione energetica per la climatizzazione invernale : energia utilizzata per riscaldare l'edificio per m² di volume climatizzato.

26. Indice prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria: energia utilizzata per la produzione di acqua calda sanitaria per m² di volume climatizzato.

27. Cioè il miglioramento della prestazione energetica conseguente alla realizzazione degli interventi di riqualificazione che presentano un tempo di ritorno degli investimenti inferiore a 10 anni.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Rimane confermato il doppio percorso di verifica.

Il DM 26 giugno 2009 si applica alle Regioni e Province Autonome ancora sprovviste di propri strumenti di certificazione energetica. Non sono tante le Regioni che allo stato attuale hanno emanato apposite direttive di recepimento della EPBD, e comunque anche per esse sono previsti tavoli di concertazione per il riallineamento delle direttive al decreto stesso.

Già da tempo ormai la Provincia Autonoma di Bolzano adotta il sistema "Casa Clima".

Si tratta di un vero e proprio sistema di certificazione energetica degli edifici. La "classe C" (70 kWh/m²y) è lo standard minimo da rispettare per gli edifici di nuova costruzione.

Il metodo Casa Clima, è sostanzialmente basato su tre aspetti: la coibentazione dell'intero involucro edilizio compresi gli infissi (valori limite di trasmittanza da rispettare dipendentemente dal tipo di chiusura), l'ottimizzazione del guadagno solare passivo mediante ampie finestre o vetrate nella facciata rivolta a sud, la ventilazione controllata con recupero di calore.

Anche la regione Lombardia si è da tempo (Gennaio 2007) dotata di una propria normativa per il risparmio energetico e la certificazione energetica degli edifici con il sistema CENED, mentre la regione Umbria sta predisponendo un sistema di Certificazione di sostenibilità ambientale degli edifici, ispirato al protocollo Itaca.

La valutazione dell'edificio si attua mediante la compilazione di 22 schede tecniche, ognuna inquadra differenti aspetti di tipo ambientale ed energetico dell'edificio da classificare, con cinque macro-aree di valutazione:

1) Qualità del sito: Livello di urbanizzazione del sito - Accessibilità al trasporto pubblico - Distanza da attività culturali e commerciali.

2) Consumo di risorse: Trasmittanza termica dell'involucro edilizio - Energia primaria per il riscaldamento - Controllo della radiazione solare - Energia netta per il raffrescamento - Energia termica per acqua calda sanitaria - Energia elettrica - Materiali da fonti rinnovabili - Materiali riciclabili/recuperabili - Materiali locali per finiture - Acqua potabile per usi indoor.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

3) Carichi ambientali: - Emissioni previste in fase operativa - Acque meteoriche captate e stoccate - Permeabilità del suolo.

4) Qualità ambientale indoor - Ventilazione - Temperatura dell'aria - Illuminazione naturale - Isolamento acustico involucro edilizio.

5) Qualità del servizio - Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici - Qualità del sistema di cablatura.

La somma dei punteggi ottenuti nelle cinque aree di valutazione, determina il punteggio finale del fabbricato il quale determina l'appartenenza dello stesso in una delle cinque classi di certificazione, dalla A+, per gli edifici maggiormente performanti, alla classe D.

1.4 Edilizia e società: la situazione italiana

Il patrimonio edilizio italiano è di 4 miliardi di metri cubi, di questi il solo residenziale è pari a circa 27 milioni di abitazioni, per il 56% del totale, di cui circa 9 milioni mono o bifamiliari, il 28% delle superfici utilizzate è destinato al terziario, il 10% al settore produttivo e il 4% ad altri usi²⁸.

Il 54% dei lavori effettuati sono dedicati alla manutenzione, su questa percentuale, il 36% è destinato alla riqualificazione e alla manutenzione straordinaria. Secondo dati del 14° censimento ISTAT, sui 27 milioni di abitazioni, quasi 4 milioni sono costruite prime del 1919, in totale più di 16 milioni sono state costruite prima del 1971, poco più di due milioni sono state costruite dopo il 1991²⁹. Il 4% del totale è costituito da social housing. Circa il 40% delle stanze si trova in edifici che hanno più di 40 anni. Il tasso di sostituzione è molto lento, è stimabile che al 2010 oltre la metà del patrimonio abitativo avrà più di 50 anni.

Il 70% delle abitazioni occupate è di proprietà della famiglia che le occupa, il 20% degli alloggi è in affitto, mediamente le case di proprietà hanno 4.7 stanze, quelle in affitto 3.7. La dimensione media dell'abitazione di residenza è di circa 104

28. Elaborazione ENEL da fonte CENSIS, sul sito

http://www.enel.it/attivita/ambiente/energy/politiche16_hp/politiche16/

29. Dati ISTAT sul sito <http://www.istat.it/censimenti/popolazione/>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

metri quadrati, 114 per case occupate dal proprietario, 77 se in affitto. Nel 20% dei casi si hanno a disposizione più di 120 metri quadrati: mediamente un italiano ha a disposizione circa 39 metri quadrati di spazio residenziale.

In Italia il numero di anziani è in continua crescita sul totale della popolazione, attualmente ci sono circa 1.3 anziani (età > 65 anni) per ogni giovane (<14 anni), questo è sostanzialmente dovuto all'allungamento della durata della vita media e alla bassa natalità.

Le famiglie sono sempre più piccole (2.6 componenti nel 2002 a fronte dei 3.6 del 1961) e in percentuale, il 22% dei nuclei familiari sono costituiti da coppie senza figli, il 9% da un genitore e un figlio, oltre il 50% vive in nuclei di massimo due componenti, il 60% dei giovani con età compresa tra 18 e 34 anni vive nella famiglia di origine.

In Europa gli investimenti nel residenziale sono diminuiti del 3% nel 2008 e si prevedono, a fine 2009, maggiori decrescite, con una probabile diminuzione del 14% in Italia.

A cavallo del 2000 la produzione edilizia è cresciuta più del PIL del paese, nel 2005 ha subito una flessione dello 0.3%. Il settore residenziale continua con un trend positivo, con un picco al 2006 del 4.6%, sono invece calate le opere del genio civile (1.1%), le opere non residenziali pubbliche (5.5%) e l'edilizia non residenziale (3.9%)³⁰.

Il comparto delle ristrutturazioni assorbe quasi il 60% degli investimenti negli edifici con una tendenza alla crescita piuttosto sostenuta.

Secondo il rapporto ENEA 1999, "La situazione energetico - ambientale del paese"³¹, mediamente gli edifici italiani consumano mediamente circa 160 kWh/m²y, di questi 160 circa 125 servono al riscaldamento e alla produzione d'acqua calda.

Questo dato non appare sorprendente anche considerato la grande quantità di edifici costruiti prima degli anni settanta, cioè prima che la legge 308/82 imponesse l'applicazione di misure per evitare dispersioni e il miglioramento

30. Dati CRESME sul sito <http://www.cresme.it/>

31 . <http://www.enea.it/com/enea/rapporto99/indice.html>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

degli impianti termici, e considerato anche che tale legge fu largamente disattesa per evidenti problemi applicativi, come già detto.

Inoltre si deve considerare che anche le normative che seguirono non sempre furono applicate correttamente, è viceversa probabile che i loro effetti saranno visibili tra qualche tempo, quando la loro applicazione sarà diffusa e pratica comune e la certificazione energetica diverrà motivo di maggior valore degli edifici stessi.

1.5 CONCLUSIONI

I dati esposti inquadrano il settore dell'edilizia come uno dei settori che maggiormente consuma energia nel panorama internazionale. In Italia la situazione è probabilmente più complicata a causa di un patrimonio edilizio piuttosto vecchio e a causa del ritardo sulle normative, anche quelle di recepimento della EPBD.

Il problema è teoricamente affrontabile da due punti di vista. Il primo la riduzione dei consumi legati all'utilizzo delle abitazioni, il secondo l'utilizzo di fonti rinnovabili. Le norme oramai abbastanza stringenti impongono limiti di consumi e sovvenzionano l'utilizzo di fonti rinnovabili, quali il fotovoltaico e il solare termico.

Va inoltre tenuto conto della società in evoluzione verso cui queste richieste si rivolgono, non solo case vecchie, ma persone più anziane, società in cui la famiglia come classicamente considerata è cambiata, famiglie monogenitoriali a cui si devono associare schemi abitativi nuovi, grandi case con richieste di confort elevate, abitudini sociali e culturali profondamente radicate.

Necessità che spesso configgono, come la richiesta sempre crescente di comfort difficilmente conciliabili con la diminuzione dei consumi, costi di intervento elevati, scelte politiche che difficilmente riescono a tenere in conto tutte queste necessità, un patrimonio edilizio che conserva grandi quantità di energia grigia potenzialmente utilizzabile e richieste di abitazioni isolate nel verde..

Su questi temi si innestano le risposte del progetto di architettura.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Non si tratta solamente di seguire indicazioni di normative o di trovare artefatti tecnologici che rendano un edificio maggiormente efficiente, ma di capire quali siano gli strumenti necessari al progettista per affrontare contemporaneamente tutte queste problematiche.

La progettazione deve perciò avere come riferimento una visione olistica, la capacità di rispondere ai requisiti di sostenibilità ambientale in modo integrale, adottando strumenti metodologici in grado di determinare gli effetti ambientali delle scelte progettuali alla scala temporale del ciclo di vita dell'edificio.

Adottare significa internalizzare, devono cambiare gli strumenti e le conoscenze degli strumenti e delle loro potenzialità, le richieste delle norme come punto di partenza, come limite da superare, le tecnologie come strumento da integrare con riflessioni sul nuovo tipo di abitazione, sugli utilizzatori finali dell'artefatto, sulle direzioni delle società, le singole richieste, senza perdere di vista la dimensione globale del problema.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

2 TECNICHE E TECNOLOGIE NEL PROGETTO

2.1 *Sviluppo tecnologico e sviluppo della società.*

La tecnologia definisce lo studio dell'insieme dei procedimenti tecnici (piuttosto che la pratica materiale delle tecniche) e dei loro rapporti con le scienze .

Le tecniche si presentano all'architettura come materiali, come lo sono la storia dell'architettura, la condizione sociale, quella geografica, tutti materiali a cui la progettazione deve far assumere un'organizzazione orientata a risolvere il problema architettonico del quale questi stessi materiali contribuiscono a proporre alcune condizioni.

Nel momento in cui l'architettura cessa di essere la punta avanzata della tecnica fa della tecnica uno stile, metafora dell'idea stessa di tecnica come progresso.

E nello stesso tempo anche metafora della propria volontà di divenire organica nonostante la propria inattualità tecnologica, con l'idea della tecnologia produttiva come unico valore.

Il risultato è l'estetizzazione della tecnica stessa, il suo spostarsi verso i confini dell'immagine di una tecnica non dedicata, polimorfa e sempre in attesa del futuro.

Si tratta di metafora più che di effettivo contenuto tecnologico, e questo aumenta e non diminuisce l'effetto sul linguaggio architettonico, linguaggio le cui forme sembrano voler imitare i tracciati di bioingegneria o le immagini della virtualità, o più semplicemente le tecnologia avanzate che gli sono improprie.

Vittorio Gregotti nel libro *“Architettura, Tecnica, Finalità”*³² descrive in questo modo il rapporto tra tecnologia e tecnica, affermando che l'architettura, e perciò l'architetto (Architekton – chi dirige il processo di costruzione) debbano essere la

32. V. Gregotti, (2002), *Architettura, tecnica, finalità*, Editori Laterza, Bari.

punta della tecnica, laddove questo non avvenga la tecnica, e di rimando la tecnologia, diventa stile, metafora, e tecnologicamente inattuale.

L'architettura come stile (metafora – estetizzazione) di tecnologia avanzata mostra il suo lato meno avanzato: la tecnologia è *insieme* contenente tecniche (materiali) e non solo, e *sottoinsieme* di *mezzi operabili* dal progettista.

Il progetto, come punta avanzata della tecnica, è la capacità di scegliere le tecniche adatte, scelta come atto conseguente alla conoscenza.

Secondo Emanuele Severino³³ è possibile definire la tecnica come la coordinazione dei mezzi per produrre un determinato fine: l'uomo, centro cosciente di potenza, è capace di coordinare i propri mezzi per realizzare i suoi scopi, attraverso la tecnica, l'uomo cioè è un essere tecnologico.

La tecnica è sviluppo estremo di coordinazione tra mezzi e fini, è l'inveramento dell'uomo, ciò che può portare l'essere – uomo al suo massimo dispiegamento.

Non bisogna pensare alla tecnica come uno strumento utilizzato per aumentare la produttività, in questo senso si parla di gestione ideologica della tecnologia: le ideologie (contrastanti) si servono delle tecnologie e perciò puntano alla massima efficienza delle tecnologie stesse, la tecnologia diventa scopo indipendentemente dalle ideologie.

Si è soliti pensare che forti trasformazioni tecnologiche determinino cambiamenti rilevanti nelle società, come è successo per la rivoluzione industriale o per l'avvento dei nuovi media, in una sorta di legame deterministico. È possibile declinare il determinismo in due differenti modi:

- Il *determinismo sociologico* sostiene che sono state le varie esigenze sociali a portare allo sviluppo della tecnologia.
- Il *determinismo tecnologico* afferma che sia stata la tecnologia a portare ad un mutamento della società; la tecnologia è perciò il motore dei cambiamenti sociali.

Per lungo tempo ha prevalso la concezione che la storia potesse essere guidata dalla tecnologia, cioè che un processo storico termina con lo sviluppo di una data

33. Breve elaborazione di concetti sviluppati da Emanuele Severino, alcuni spunti ripresi dal sito <http://www.emsf.rai.it/>

innovazione e che sono unicamente le trasformazioni tecnologiche a determinare il mutamento sociale.

Altre teorie hanno analizzato in modo più articolato il rapporto tra tecnologia e società, proponendo la teoria di derivazione sociologica del modellamento sociale della tecnologia³⁴ (Social Shaping of Technology - SST).

Contrariamente al determinismo tecnologico, la società, in funzione di una data situazione e di fattori sociali contingenti, riprogetta il cambiamento. Secondo Jonathan Fleck³⁵ il processo di innovazione tecnologica e quello della sua diffusione sono correlati e dipendenti delle esigenze della società: cioè una tecnologia si sviluppa dipendentemente dalle richieste, dalle necessità e dalle negoziazioni di una società in un certo momento storico. Se la tecnologia risponde alle richieste essa non sarà più sottoposta all'influenza della società e entra nei meccanismi di mercato senza più mutare.

L'ideologia, per Mackay e Gillespie³⁶, è una forza capace di agire su tutte le fasi del modellamento sociale della tecnologia, e può avere una codifica funzionale, che ammette le pressioni sociali come forza generatrice della forma tecnologica ma ne legittima la forma finale col concetto di funzionalità, e una codifica simbolica che si riferisce solo ai significati che la tecnologia incorpora o che potrebbe assumere.

Anche il marketing in questo gioca un ruolo fondamentale, perché attraverso il marketing si costituisce la domanda di tecnologia e perché esso è una delle forme possibili con cui si manifesta il modellamento sociale³⁷. Inoltre spesso la tecnologia viene utilizzata in modo differente dalla destinazione d'uso per cui è stata progettata³⁸.

34. R. Williams, D. Edge, (1996), *The social shaping of technology*, Research Policy, vol. 25, issue 6.

35. J. Fleck, (1987), *Innofusion or diffusation? The nature of technological development in robotics*, Edinburgh University Department of Business Studies, Working Paper Series 87(1).

36. H. Mackay, G. Gillespie, (1992), *Extending the social shaping of technology approach: ideology and appropriation*, Social Studies of science, n. 22.

37. D. MacKenzie, J. Wajcman, (1999), *Introductory Essay in The Social Shaping of Technology: Second Edition*. Open University Press: Buckingham.

38. H. Mackay, G. Gillespie, *Ibidem*.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Con la nascita di un nuovo settore, quello della sociologia della conoscenza scientifica, (Sociology of Scientific Knowledge - SSK) verso la fine degli anni 80, si tentava di definire quali fossero i fattori sociali che entravano in gioco nel processo di costruzione sociale della tecnologia. Uno dei primi approcci che ha spostato l'attenzione sugli utenti, è stato quello relativo alla teoria della costruzione sociale della tecnologia³⁹ (Social Construction of Technology - SCOT), che assume che una tecnologia può avere tante forme quanti sono i gruppi sociali che partecipano al dibattito creatosi intorno ad essa.

Gli artefatti possono essere creati in modi differenti, avere caratteristiche diverse ed evolvere in maniera differente, dipendentemente dalle circostanze sociali in cui si sviluppano (*flessibilità interpretativa*), come prodotto della negoziazione tra gruppi, ogni gruppo esprime necessità specifiche che tenta di incorporare nell'artefatto.

I gruppi sono *gruppi sociali rilevanti*, condividono, per lo stesso artefatto, lo stesso set di significati di interpretazioni e di necessità: al loro interno l'interazione avviene sul significato e la definizione di una certa tecnologia, finché si giunge al consenso, che è perciò consenso sociale e non sull'ottimizzazione tecnologica.

Il progetto continua sino a che i conflitti si risolvono e l'artefatto non crea più problemi a nessun gruppo sociale rilevante, si arriva alla *chiusura e alla stabilizzazione*.

La chiusura può avvenire in due modi:

- la chiusura retorica: i gruppi dichiarano che non ci sono più problemi e non è necessaria nessuna ulteriore progettazione;
- la chiusura per ridefinizione: i problemi non risolti sono ridefiniti in modo che non pongano più problemi ai gruppi (*this is not a bug, this is a feature*).

La flessibilità interpretativa si riduce attraverso il raggiungimento di un consenso tra i gruppi pertinenti che partecipano al dibattito, il background delle interazioni tra gruppi, le loro relazioni con altri gruppi, le regole di queste interazioni e i

39. W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. J. Pinch, (1987), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

fattori che contribuiscono alle differenze di potere rimangono quasi del tutto invisibili. Il *technological frame*, o quadro tecnologico, è la struttura cognitiva condivisa e sociale che definisce un gruppo sociale e costituisce l'interpretazione comune dei suoi membri di un certo artefatto.

Essa include obiettivi, teorie correnti, regole empiriche, artefatti esemplari che tacitamente o esplicitamente strutturano il pensiero dei membri del gruppo, il *problem solving*, la formazione di strategie e l'attività di progettazione,

La cornice tecnologica può promuovere alcune azioni e scoraggiarne altre, al suo interno non tutto è possibile (aspetti strutturali o collegati alla tradizione) ma le rimanenti possibilità sono chiare e disponibili a tutti i membri del gruppo.

Sono state mosse molte critiche agli autori della SCOT, sotto diversi punti di vista:

- nella visione dei gruppi sociali rilevanti i gruppi stessi sono tutti presenti nel progetto, la SCOT non tiene cioè conto dell'assimetria tra gruppi;
- ad alcuni gruppi può essere impedito di partecipare al design process;
- alcuni gruppi possono essere degli insiemi di sottogruppi per i quali esiste un solo speaker
- il processo di un artefatto può essere prevalente con conflitti tra gruppi differenti o interni ad un singolo gruppo;
- l'interazione di gruppi differenti non sempre porta al consenso;
- la società non è strutturata secondo gruppi chiusi e definiti (*agency centered*)

Rispetto a quelli della SCOT i teorici del Social Shaping forniscono un orientamento più completo ed articolato ma nello stesso tempo metodologicamente più indeterminato ed astratto allo studio delle tecnologie a partire dall'adozione del concetto di modellamento sociale rispetto a quello di costruzione. Tuttavia va riconosciuta loro la capacità di estendere lo sguardo oltre il campo stretto dell'innovazione e di inserire l'artefatto tecnologico in un contesto spazio-temporale più ampio, che contempla un numero di variabili maggiore se paragonati al modello di Bijker.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

2.2 *La tecnologia nell'architettura, la teoria di Reyner Banham.*

Reyner Banham, nel libro *“Ambiente e tecnica dell'architettura moderna”*⁴⁰ analizza i “supporti energetici” e tecnologici attraverso il confronto degli approcci della cultura europea e di quella nord americana dagli inizi del 900. L'analisi di Banham parte da una metafora: una tribù selvaggia che raggiunge, alla sera, un campeggio e trova il terreno cosparso di legna.

Esistono due modi per utilizzarla: costruire una tenda per ripararsi oppure fare un fuoco, scegliere tra una *soluzione strutturale* o una *soluzione energetica*.

Nella maggior parte dei casi le civiltà occidentali hanno fatto affidamento sulla soluzione strutturale, costruendo edifici massicci capaci di soddisfare le loro esigenze ambientali, fisiche e psicologiche, perdendo però una serie di esperienze e di risposte culturali proprie delle popolazioni nomadi in rapporto al controllo dell'ambiente.

Si è così affermata, nella tradizione dell'architettura, la convinzione che solo attraverso *strutture* massicce fosse possibile creare spazi idonei all'attività umana.

La comparsa delle società tecnologiche nell'emisfero nord del pianeta e la loro localizzazione nelle zone prossime all'equatore ha posto una serie di problematiche che solitamente sono state risolte con soli interventi sulle strutture. La struttura massiccia, con elevata massa ed inerzia, configura quello che Banham definisce il *modello conservativo* del controllo dell'ambiente, intendendo la sua capacità di conservare le condizioni interne.

Nei climi tropicali esigenze molto diverse hanno fatto sì che si sviluppasse il *modello selettivo* capace di mediare con le condizioni esterne, cioè di utilizzarle direttamente all'interno dell'edificio e che quindi non fosse semplicemente una barriera tra interno ed esterno.

Tra questi il *modello rigenerativo*, che utilizza il supporto energetico, di fatto comune ad entrambi i modelli nella società tecnologica: nel 1882 l'introduzione della corrente elettrica per uso domestico per la prima volta evidenziò come il

40. R. Banham, (1978), *Ambiente e tecnica dell'architettura moderna*, Editori Laterza, Bari.

controllo ambientale potesse essere risolto attraverso soluzioni rigenerative e non solo attraverso soluzioni strutturali.

Questa soluzione si è principalmente sviluppata nel nord America, dove le abitazioni erano costruite spesso con materiali leggeri e le disponibilità di energia erano maggiori. In realtà le soluzioni adottate negli Stati Uniti non furono molto più avanzate rispetto a quelle europee, ma probabilmente in America le tecnologie furono utilizzate meglio, con maggiore convinzione e sfruttando un'esperienza maggiore.

Esiste un certo intervallo di tempo tra lo sviluppo di una certa tecnologia, e il tempo necessario affinché i progettisti ne prendano pienamente coscienza, secondo una prassi improntata alla praticità e alla cautela.

Il potenziale tecnologico ha continuamente preceduto il momento architettonico.

Agli inizi del 1900 erano ormai abbastanza conosciuti i dispositivi per il controllo dell'ambiente, in architettura emergevano due diversi problemi: il primo riguardava le modifiche che gli impianti imponevano agli edifici, ad esempio in termini della loro giusta collocazione, il secondo riguardava le modifiche costruttive che venivano facilitate dalla loro introduzione, ad esempio in termini di peso delle strutture.

Nell'Europa a cavallo tra gli anni venti e trenta, nel momento della massima espressione del Movimento Moderno, si afferma un linguaggio architettonico di completa rottura col passato, e si gettano le basi dell'International Style, anche attraverso l'operato dei CIAM (*Congrès Internationaux d'Architecture Moderne*).

L'International Style intendeva dettare canoni comuni per l'architettura universale, cioè validi a progettare in ogni luogo ed ad ogni latitudine.

In questi anni le ricerche progettuali più significative possono individuarsi nel movimento de Stijl in Olanda, nel lavoro d'avanguardia di Le Corbusier e nei vari apporti tedeschi, dalla tradizione industriale ed artigianale ai grandi progetti di case popolari di Francoforte e Stoccarda, alla celebre scuola del Bauhaus, la scuola d'arte, architettura e design, che ricercava l'integrazione tra il "fare" della tradizione artigianale e la moderna tecnologia industriale.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Negli anni venti emergono, tra gli altri, tre grandi figure dell'architettura: Le Corbusier, Ludwig Mies van der Rohe e Walter Gropius.

Negli Stati Uniti i fondamenti del movimento moderno, teorizzati da Le Corbusier nel suo scritto, "*Verso un'architettura*"⁴¹, si scontrano con quella che viene definita *architettura organica* di Frank Lloyd Wright, che non cerca principi prestabiliti e sempre validi ma trova nella lettura del luogo e delle sue componenti spaziali e temporali i suoi fondamenti, in Europa Alvar Aalto è l'esponente di spicco di queste posizioni.

Le Corbusier definì la casa come la macchina per abitare, riconoscendo il supporto tecnologico come fondamentale per l'abitare: In tutte le abitazioni, in qualsiasi parte del mondo esse si trovino, compito dell'architetto è realizzare case in cui ci siano sempre 18°C, in estate e in inverno. In questo consiste il benessere.

Egli definì cinque punti:

- Architettura: costruire un riparo;
- Riparo: mettere una copertura sopra le pareti;
- Copertura: Coprire un vuoto e offrire dello spazio libero;
- Illuminare il riparo: fare finestre;
- Finestra: coprire un apertura.

Tra gli aspetti che caratterizzano gli edifici di Le Corbusier ci sono le grandi finestre a nastro che riempiono interamente le facciate. Le prime case che progettò e realizzò erano orientate verso nord, questo limitava il calore assorbito dalle grandi vetrate, viceversa *Ville Savoye*, il *Pavillon Suisse* e la *Cité de Refuge* hanno le facciate principali in vetro orientate verso sud.

Il sito della *Cité de Refuge* non permetteva disposizioni differenti, ma negli altri casi non esistevano vincoli particolari.

Le strutture sono leggere, gli edifici alti e sottili, le tamponature perdono di importanza rispetto agli elementi portanti, retrocedono, quasi spariscono: pareti

41. Le Corbusier, (ed. it. 2002), *Verso una Architettura*, Longanesi, Milano.

vetrate e murature senza massa significavano necessità di controllo delle temperature. Per risolvere questi aspetti Le Corbusier si affidò a due tecnologie: la *respiration exacte* e le *mur neutralisants*, cioè la ventilazione forzata e il doppio vetro con aria calda o fredda che circola tra i due involucri.

Realizzò così la *Cité de Refuge*. Questo edificio funzionava bene durante l'inverno, le grandi vetrate esposte a sud consentivano un grande guadagno termico diurno e consentivano discrete condizioni di comfort, ma i problemi sorsero d'estate.

L'edificio si comportava come una serra, accumulava calore, l'assenza dell'impianto di raffreddamento nel sistema di ventilazione (per ragioni di economia) e le murature leggere senza inerzia termica non permettevano, volutamente, nessun filtro tra le condizioni esterne e le condizioni interne,

Le condizioni migliorarono solo quando si realizzarono delle finestre apribili e si utilizzò il *brise soleil*, inventato da Le Corbusier stesso.

Negli Stati Uniti la tendenza alla modernizzazione dell'architettura è particolarmente forte nella Scuola di Chicago, termine con cui si identificano due generazioni d'ingegneri e tecnici attivi durante la ricostruzione della città distrutta dall'incendio del 1871, che realizzano per primi un nuovo tipo di costruzione, il grattacielo. Alla scuola appartiene Louis Sullivan nel cui studio si forma Frank Lloyd Wright, che sarà uno degli architetti le cui idee eserciteranno la maggiore influenza, sia in America che in Europa.

Lontano da approcci essenzialmente formali quali quelli europei, Wright si colloca su posizioni nettamente distinte e distanti.

Avendo a che fare con abitazioni che spesso, per questioni economiche, erano da realizzarsi con strutture leggere, si accorse che il problema del comfort interno dipendeva dal modo in cui il problema veniva affrontato, mettendo in relazione diretta equipaggiamento meccanico, condizioni ambientali di contorno, piante e sezioni con esigenze estetiche.

Questo è per esempio evidente nella *Casa Baker*, una delle ultime case *Prairie* completate da Wright.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La pianta è cruciforme, perciò non particolarmente articolata, il tetto basso e spiovente sovrasta leggermente le mura laterali, mentre sul lato sud sporge maggiormente in modo da ombreggiare, nel periodo estivo, un grande bow window con una seduta interna che consente di godere del panorama esterno.

La maggior parte della luce però non proviene da questa grande apertura ma da una grande striscia vetrata che porta la luce nel soggiorno da tutti i lati.

Il riscaldamento non è affidato al grande caminetto, che è poco più di un elemento di arredo, ma da un sistema di riscaldamento ad acqua bollente che scorre dentro tubature che corrono lungo il perimetro della stanza nascoste sotto un rivestimento in legno fino ad un radiatore posto in corrispondenza del sedile della finestra, fatto a stecche, per consentire la circolazione dell'aria calda, in prossimità del punto termicamente più complicato, la grande finestra.

Un altro aspetto importante del progetto è la ventilazione estiva.

Il bow window può essere aperto così come le due finestre del lato opposto, il lato nord, consentendo la ventilazione completa della stanza. Altre due finestre, poste in alto, in corrispondenza della balconata e esattamente sotto il soffitto nel punto più alto della casa consentono l'espulsione dell'aria calda laddove questa si raccoglie, in corrispondenza dell'intradosso della copertura, che è leggera e non permette un adeguato isolamento.

Wright in questo progetto, e in generale nelle sue realizzazioni, dimostra come l'utilizzo e l'installazione di servizi meccanici non significhi semplicemente trovare il modo migliore per ubicarli, ma farli lavorare in parallelo con la struttura in modo che il risultato superi la somma dei singoli contributi, introducendo così un'idea di complessità.

Nel soggiorno di casa Baker, pianta e sezione, calore artificiale e luce naturale, pieno vuoto e oggetto lavorano insieme per assicurare un clima interno uniforme, ogni singolo dettaglio serve per diverse funzioni, ogni singola funzione è servita da più unità dell'impianto.

Gli edifici dialogano con gli spazi esterni, talvolta chiudendosi ad essi se le condizioni ambientali lo impongono, come nell'edificio *Larkin*.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La tecnologia utilizzata non è una soluzione pensata ex post, nè impone le forme della struttura, è parte del metodo di lavoro dell'architetto.

La casa che diventa una macchina per abitare, soprattutto dal punto di vista del benessere ambientale, è un concetto legato ad un approccio deterministico, sia per la fissità della temperatura considerata (18 gradi⁴²), e nella insufficienza delle applicazioni tecnologiche che dovevano permettere il raggiungimento di questo standard.

Per Le Corbusier esiste un uomo tipo, moderno, che ha ovunque le stesse necessità, e l'architetto risponde attraverso le stesse regole, le stesse strutture, le stesse dimensioni delle finestre, le stesse tecnologie di controllo del clima.

Nelle realizzazioni di Wright l'attenzione al contesto e alle interazioni dell'edificio con esso si combinano nelle forme dell'architettura.

L'utilizzo sapiente degli impianti, le conoscenze ingegneristiche e le sue capacità di comporre questi aspetti nella costruzione devono spostare l'attenzione non tanto verso gli aspetti formali delle sue case, ma verso i motivi che mossero le sue scelte.

Non esiste una configurazione prestabilita valida sempre: se la struttura deve essere leggera in un clima in cui caldo e freddo sono parimenti importanti divengono essenziali la ventilazione naturale, e perciò la dimensione e la collocazione delle finestre, e quella degli impianti, non come interventi separati ma organicamente concepiti nella struttura.

Se l'ambiente esterno è inquinato l'edificio si deve chiudere ad esso, l'aria per il condizionamento deve essere presa dove è più pulita, in alto, e portata in basso per essere distribuita.

Wright ebbe la capacità di tessere tutti questi elementi nel progetto.

42. Le condizioni di comfort dipendono da molte grandezze, tra queste la temperatura. In questo senso bisogna ricordare l'opera del fratello Olgyay, razionalisti nell'impiego di strumenti scientifici nel controllo della progettazione e inseriti nel dibattito dell'architettura organica con il loro approccio sole – aria.

2.3 Architettura e energia: supporti ambientali e gadgets

È opinione comune pensare che i problemi ambientali in generale, e quello del consumo energetico in particolare, possano essere risolvibili unicamente attraverso le tecniche, frammentando le problematiche in singole componenti non interagenti tra loro e fornendo rispetto ad esse risposte univoche.

La perdita della complessità, in una sorta di approccio riduzionista e determinista, svincola il problema dalle cause che lo generano e determina scelte la cui semplice sommatoria difficilmente si dimostra rispondente alle reali necessità.

Singole soluzioni inoltre possono risultare non adatte o sbagliate rispetto agli altri aspetti del problema: in questo senso è necessario riconsiderare un approccio olistico in contrapposizione a quello risolutivo lineare, in cui non si perdano le relazioni tra i singoli aspetti o singole (e complesse) componenti.

Un esempio nell'architettura: l'impiego di forti spessori di materiale isolante riduce le dispersioni di calore, ma contribuisce all'emissione di CO₂ necessaria per produrre le maggiori quantità di coibente termico; la ricerca di terreni perfettamente esposti consente di ottimizzare i guadagni solari ma d'altro canto amplifica l'impermeabilizzazione del suolo, lo spreco di terreno e lo sprawl urbano⁴³.

“Gli eco-gadgets non fanno eco-architettura: pannelli solari e riscaldamento solare passivo, serre integrate nelle abitazioni, facciate verdi e isolamento termico oggi non sono abbastanza per il vero edificio sostenibile. Sono semplici ottimizzazioni di singole caratteristiche ed elementi – per quanto centrali – e non un unicum di principi di progettazione orientati in senso ambientale. Essi hanno a che fare più con il singolo edificio piuttosto che con l'insediamento, aspetto molto più importante”⁴⁴.

43. F. Spanedda, A. Serra, (2007), *Energy refurbishment in the city center of Osilo, Sardinia (Italy)*, Virtual Conference on Sustainable Architectural Design and Urban Planning, AsiaSustainabilityNet.upc.edu

44. R. Kaltenbrunner, (2002). *Auf dem Weg zum nachhaltigen Bauen? - Über die "unscharfe Relation" von Ökologie, Architektur und gesellschaftlichem Wandel, IzR -Informationen zur Raumentwicklung, 1/2, pp. 1-10.*

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Questa addizione di “gadgets” risulta talvolta inefficace perché trascura, in nome di ottimizzazioni parziali, il fatto che l'ambiente costruito è fondato sull'interrelazione tra molteplici aspetti, alcuni dei quali resistono o sfuggono ai miglioramenti tecnologici.

La tecnologia può fallire sotto due aspetti:

- a) perché il progettista sceglie la tecnologia sbagliata: deve essere invece prestata grande attenzione alla tecnologia che si sceglie, le tecnologie sviluppate in climi freddi e secchi spesso non sono adeguate nei climi caldi ed umidi;
- b) perché la tecnologia giusta è usata nel modo sbagliato dagli utenti: nella società contemporanea esistono molteplici modi di vita, e perciò molteplici modalità di occupazione degli spazi e dei tempi, differenti dagli usuali, spesso non prevedibili e influenzati dalle culture locali.

Occorre quindi elaborare un punto di vista in grado di misurarsi con la complessità dell'ambiente costruito. Le basi di questo approccio dovrebbero riposare sia sull'attitudine alla sintesi propria delle discipline del progetto sia sul metodo analitico dell'ingegneria, combinando intuizione e misura. La sola conoscenza analitica non può anticipare il futuro né mediare tra richieste tra loro contraddittorie; d'altra parte l'immaginazione non può essere efficace senza accurate valutazioni.

2.4 Tecnologia e tecnica. Adeguatezza

La crisi ambientale ha portato ad uno rapido sviluppo di tecnologie, ma se inizialmente il rapporto tra sviluppo scientifico, sviluppo tecnologico e necessità reali ha portato sul mercato prodotti che in determinati intervalli di tempo potevano essere assorbiti nella pratica dell'architettura, negli ultimi anni il progresso tecnologico ha perso contatto con la scienza divenendo maggiormente autoreferenziale, superando il reale grado di assimilazione della prassi progettuale.

Oggi sono le singole componenti che sono certificate sostenibili. Lavatrici e frigoriferi come pannelli prefabbricati e mattoni, fanno il muro sostenibile, o la copertura sostenibile, perché consentono trasmittanze come da norma, lo

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

sfasamento termico come richiesto etc. Per sommatoria si ottiene la sostenibilità.

Affidare alle componenti tecnologiche, siano esse impianti, strutture o altro, la sostenibilità, significa concepire il progetto come una sequenza di eventi tecnologici, rinunciando a tradurre questa in spazi, in qualità, non interrogarsi su come cambia il modo di vivere. Perdere di vista complessità e relazioni.

In altre parole il progetto progetta la sostenibilità, e utilizza strumenti, conoscenze, tecniche, tecnologie, stili, tutti facenti parte dell'architettura. Il progetto è il fine. La tecnologia è un mezzo. Se cambia il fine devono cambiare i mezzi, gli strumenti. La sostenibilità ha dimensione globale, non può che essere così, ma si declina localmente, la si affronta localmente. Ciò non significa avere un atteggiamento regressivo, nostalgico, o di chiusura rispetto all'innovazione, significa viceversa potenziare il bagaglio, utilizzare tutti gli strumenti a disposizione, senza chiusure ideologiche.

Farsi carico della complessità, allora significa anche riportare la progettazione al dialogo con le tecniche e con la sperimentazione tecnologica, conoscere razionalmente come atto progettuale conscio.

Non è più importante se è high tech o low tech, è importante se è adatta oppure no.

Bisogna allora chiedersi come si fa a capire se la tecnologia è adeguata. Molti paesi hanno sviluppato diverse metodologie di verifica delle prestazioni ambientali ed energetiche che forniscono indicazioni, su diversi piani, della bontà dell'approccio scelto.

2.5 Strumenti di valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici

Gli strumenti di valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici permettono una valutazione ampia degli impatti degli edifici sull'ambiente, principalmente attraverso due meccanismi, raggiungendo requisiti minimi su diversi aspetti con valori di *soglia* o in funzione di un *punteggio* ottenibile dal grado di rispetto dei parametri fissati.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Uno dei primi metodi elaborati per i prodotti è l'analisi del ciclo di vita (Life Cycle Assessment - LCA) che ha come obiettivo quantificare, lungo l'intero ciclo di vita del prodotto, il suo impatto sull'ambiente, considerando tutto il processo dall'estrazione delle materie prime, il trasporto e la trasformazione, sino alla sua dismissione.

Il *Life Cycle Thinking*, di cui l'LCA è parte, è applicato oggi negli strumenti di valutazione ambientale degli edifici sotto un aspetto qualitativo generale, si tratta quasi sempre di strumenti volontari che considerano l'edificio come un insieme di prodotti, e di azioni per la messa in opera di tali prodotti.

Un approccio differente è quello basato sugli eco – bilanci, che verifica la compatibilità ambientale in rapporto alle risorse, ai materiali, all'energia impiegate e rispetto al contesto fisico e sociale di inserimento.

Gli aspetti generali considerati sono:

- Impatto ambientale delle materie prime tenendo conto anche del trasporto al sito di progetto;
- Impatto ambientale del cantiere;
- Consumi energetici sulla vita utile dell'edificio (con cui però si sovrappone la certificazione energetica obbligatoria ormai in tutta Europa);
- Impatto ambientale relativo alle procedure di smantellamento/ dismissione/ demolizione dell'edificio;
- Smaltimento dei materiali;

Uno dei primi sistemi elaborati e punto di riferimento è il BREEAM inglese⁴⁵. BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) è stato elaborato dall'organismo BRE (Building Research Establishment) a partire dagli anni 90.

45. Altri sistemi sono: Klima: aktiv, Austria; Haute Qualité Environnementale (HQE), Francia; Protocollo Itaca, CasaClima, SB100, GBC, Italia; Nordic Ecolabelling, Danimarca, Finlandia, Svezia, Norvegia, Islanda; Resolution MAH/1390/2006 (1389/2006), Spagna; Minergie, Svizzera; LEED Rating Systems (GBC), USA; Green Star, Australia; CASBEE, Giappone.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Gli obiettivi individuati all'inizio erano diversi: fare in modo che pianificatori, progettisti e utenti potessero essere in grado di rispondere alla domanda di edifici ambientalmente corretti, e quindi di stimolare il mercato, accrescere la consapevolezza dell'importanza che gli edifici rivestono in relazione all'effetto serra, alle piogge acide e al buco nello strato di ozono, stabilire finalità e standard valutati in modo autonomo al fine di minimizzare le eventuali distorsioni; ridurre l'impatto ambientale a lungo termine

È un sistema a base volontaria molto diffuso nel Regno Unito tanto che è stato utilizzato per più del 25% di nuovi edifici per uffici. Il certificato rilasciato esprime il livello di performance dell'edificio, 4 classi, dal livello 1 (pass) al livello 4 (excellent), assegnate attraverso l'attribuzione di punteggi ai parametri per ciascuno delle categorie:

- energia [consumo di energia / emissioni di CO2]
- trasporti [accessibilità a mezzi pubblici]
- inquinamento [aria / acqua]
- materiali [certificazione ecologica dei prodotti impiegati]
- acqua [risparmio idrico]
- uso del suolo [valore ambientale del sito]
- salute e benessere [inquinamento indoor]
- management del processo

Per quanto riguarda l'assegnazione dei punteggi a ciascun parametro, si va da un minimo di 0 punti a un massimo di 10 e non sono assegnati pesi.

Il BREEAM inizialmente era stato pensato per edifici commerciali, in seguito il BRE ne ha adattato lo schema a diverse tipologie edilizie, per comprendere uffici, supermercati, unità industriali e alle nuove abitazioni. In particolar modo, la versione per gli edifici residenziali si chiama ECOHOMES.

Il sistema BREEAM appartiene alla prima generazione di questi strumenti, pensati e sviluppati per condizioni locali e perciò non utilizzabili in paesi diversi.

Un network di studi e centri di ricerca di 24 nazioni diverse a partire dal 2006 ha sviluppato un metodo internazionale, il GBC, Green Building Challenge, poi evoluto in SBC Sustainable Building Challenge.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Da GBC/SBC è stato sviluppato il SBTool, il software che gestisce il protocollo per la certificazione: esso permette di valutare un edificio in tutte le fasi del ciclo di vita.

Nel 2002 in Italia il protocollo ITACA ha adottato il sistema GBC/SBC come riferimento per la valutazione e la certificazione, iSBE Italia ha il ruolo di supporto tecnico-scientifico.

I criteri di valutazione sono organizzati in aree tematiche (Sito, Consumo delle Risorse, Carichi Ambientali, Qualità Ambientale Indoor, Qualità del Servizio, Aspetti Socio Economici) e in livelli gerarchici. Il punteggio viene assegnato in funzione della prestazione rispetto al criterio. Il valore zero è il "benchmark", ovvero rappresenta la performance minima accettabile determinata, in riferimento alle norme tecniche e alla legislazione vigente oppure alla prassi costruttiva standard. Il sistema gestisce sia dati numerici sia valutazioni qualitative. Nella scala dei punteggi il 3 rappresenta la migliore pratica costruttiva disponibile, il 5 l'eccellenza, -1 rappresenta una prestazione inferiore allo standard industriale e alla pratica costruttiva. I punteggi ottenuti rispetto a ogni criterio vengono pesati e aggregati per determinare quello complessivo dell'edificio che varierà anch'esso da -1 a +5. La complessità di un processo di valutazione è variabile e dipende principalmente dalla natura dell'edificio e dalla sua destinazione d'uso⁴⁶.

Per consentire lo sviluppo nei diversi paesi e di riferirsi a condizioni locali il sistema permette di stabilire il peso di ogni parametro.

2.6 Strumenti di simulazione energetica degli edifici

Nell'analisi delle prestazioni energetiche degli edifici è ormai consueto l'uso di programmi capaci di descrivere e simulare il comportamento degli edifici, o meglio, un loro modello, sotto molteplici punti di vista.

Un modello è una descrizione matematica semplificata di un sistema o di un processo, usata per aiutare calcoli e predizioni⁴⁷, la simulazione è il tentativo di

46. <http://www.sbcitalia.org/certificazione.html>

47. Oxford English Dictionary (2008).

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

predire aspetti partendo dal modello stesso e di imitare i processi interni del processo e non semplicemente i risultati.

Gli strumenti di simulazione energetica rientrano nella categoria degli EEDDSS (Energy and Environmental Design Decision Support Systems), di cui fanno parte anche:

- Linee guida o regole pratiche per la progettazione;
- Metodi di calcolo fisico tradizionali;
- Metodi di correlazione

Linee guida o regole pratiche non danno dati sulle prestazioni degli edifici ma consigli su come raggiungere alcune prestazioni target. Un esempio è il programma Best Practice del Regno Unito, un insieme di pubblicazioni e regole per l'energy efficient design.

Gli EEDDSS basati sui metodi di calcolo fisico tradizionali hanno l'obiettivo di prevedere un certo processo fisico in un edificio, ad esempio la perdita di calore conduttivo attraverso l'involucro. Esistono software di calcolo come ad esempio JPA – U value, che calcola il valore della trasmittanza di una costruzione a seconda dei materiali utilizzati e del loro spessore. Una limitazione di questi metodi è il numero ristretto di processi fisici che è possibile analizzare contemporaneamente. Il consumo di energia per esempio dipende non solo dalle perdite di calore per conduzione, ma anche dalla ventilazione, dai guadagni dovuti all'irraggiamento e così via.

I metodi di correlazione permettono di fare previsioni considerando le interazioni tra questi processi. Le correlazioni sono identificate eseguendo routines parametriche multiple con programmi avanzati di simulazione: il progettista specifica alcuni parametri e il programma fornisce indicazioni di come l'edificio si comporta rispetto a tali parametri.

Gli strumenti di simulazione permettono la verifica della prestazioni degli edifici: in questi strumenti si crea un edificio virtuale in cui l'utente può specificare, in dettaglio, i parametri che influenzano le performance, con previsioni che sono il più vicino possibile alla realtà. Alcuni di questi programmi permettono di eseguire valutazioni dinamiche di un edificio, mentre altri possono simulare un aspetto particolare, come i software CFD - Computational Fluid Dynamics o i

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

programmi di simulazione dell'illuminazione. Alcuni strumenti di simulazione considerano i diversi fenomeni contemporaneamente e li valutano in una lettura combinata, si tratta di software di simulazione dinamica, come ESP-r, EnergyPlus, Transys ecc.

ESP-r è un software libero, rilasciato con licenza General Public Licence (Gnu), basato su soluzione di equazioni di bilancio di massa e di energia con il metodo delle differenze finite, a partire da condizioni al contorno fornite come dati di input

Il programma è composto da tre moduli: il Gestore di progetto (Project Manager), il Simulatore (Simulator) e l'Analizzatore dei risultati (Results Analyser).

Nel Project Manager si inseriscono gli input: tipo di costruzione e stratigrafia dei materiali, tasso orario di occupazione, schemi di impianto, sistema di controllo e dati tecnici, condizioni climatiche.

Il software dispone di una serie di database aperti, dai quali cioè è possibile selezionare informazioni precompilate oppure aggiungerne di nuove.

Si costruisce il modello dell'edificio a cui vengono assegnate le caratteristiche precedentemente definite, Il Project Manager sottopone tutti i dati d'input ad una serie di controlli. il Simulatore effettua la previsione della domanda di energia del sistema edificio/impianto.

Per ciascuna delle zone, superfici chiuse, viene applicato un insieme di equazioni risolutive indipendenti. Successivamente le soluzioni per le singole zone vengono armonizzate tra loro imponendo condizioni di congruenza, consentendo il raggiungimento di una soluzione globale

È possibile svolgere analisi termiche, acustiche, illuminotecniche, etc. in maniera contemporanea. L'Analizzatore dei risultati consente la visualizzazione e l'analisi degli output forniti dal simulatore

ESP-r, come gli altri strumenti di simulazione dinamica, ottimizza perciò per gradi e fornisce soluzioni e analisi globali coniugando differenti aspetti legati all'energia, i consumi, le temperature, le condizioni di comfort raggiungibili e così

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

via, coniugando molteplici aspetti, le condizioni ambientali, i pattern di occupazione interna, le strutture e gli impianti.

Si tratta di un approccio olistico, gli aspetti di cui si è detto vengono considerati e analizzati contemporaneamente (figura 1).

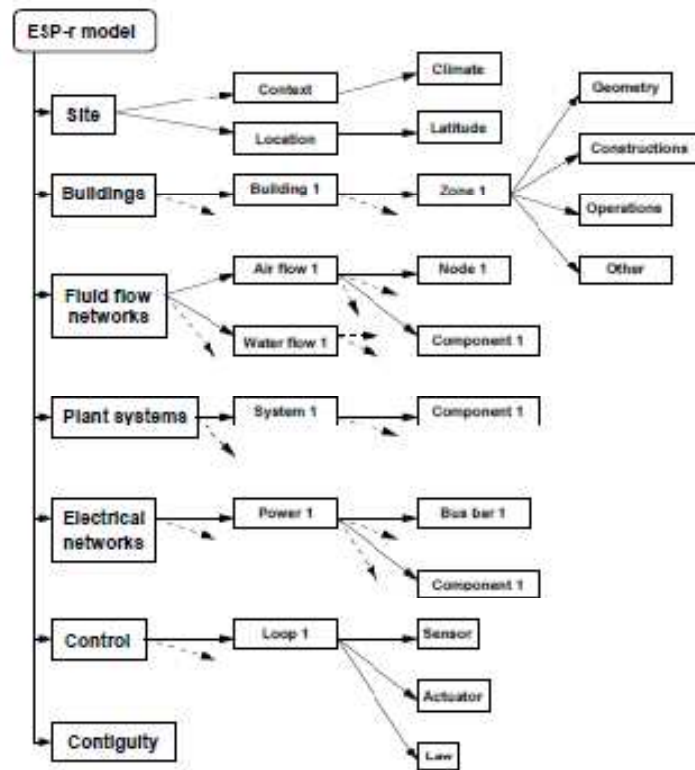


Figura 1 - Rappresentazione schematica della struttura del software di simulazione ESP-r

2.7 Metodi di calcolo

La simulazione è inclusa nei metodi che possono essere utilizzati per determinare il consumo di energia per il riscaldamento e il raffreddamento degli edifici come previsto dalla normativa EPBD (figura 2) . È la prima volta che la simulazione dettagliata può essere utilizzata per i calcoli dei rendimenti energetici sulla base dei regolamenti in Europa, garantendo la parità di condizioni tra i diversi metodi sviluppati nel quadro dei regolamenti edilizi.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

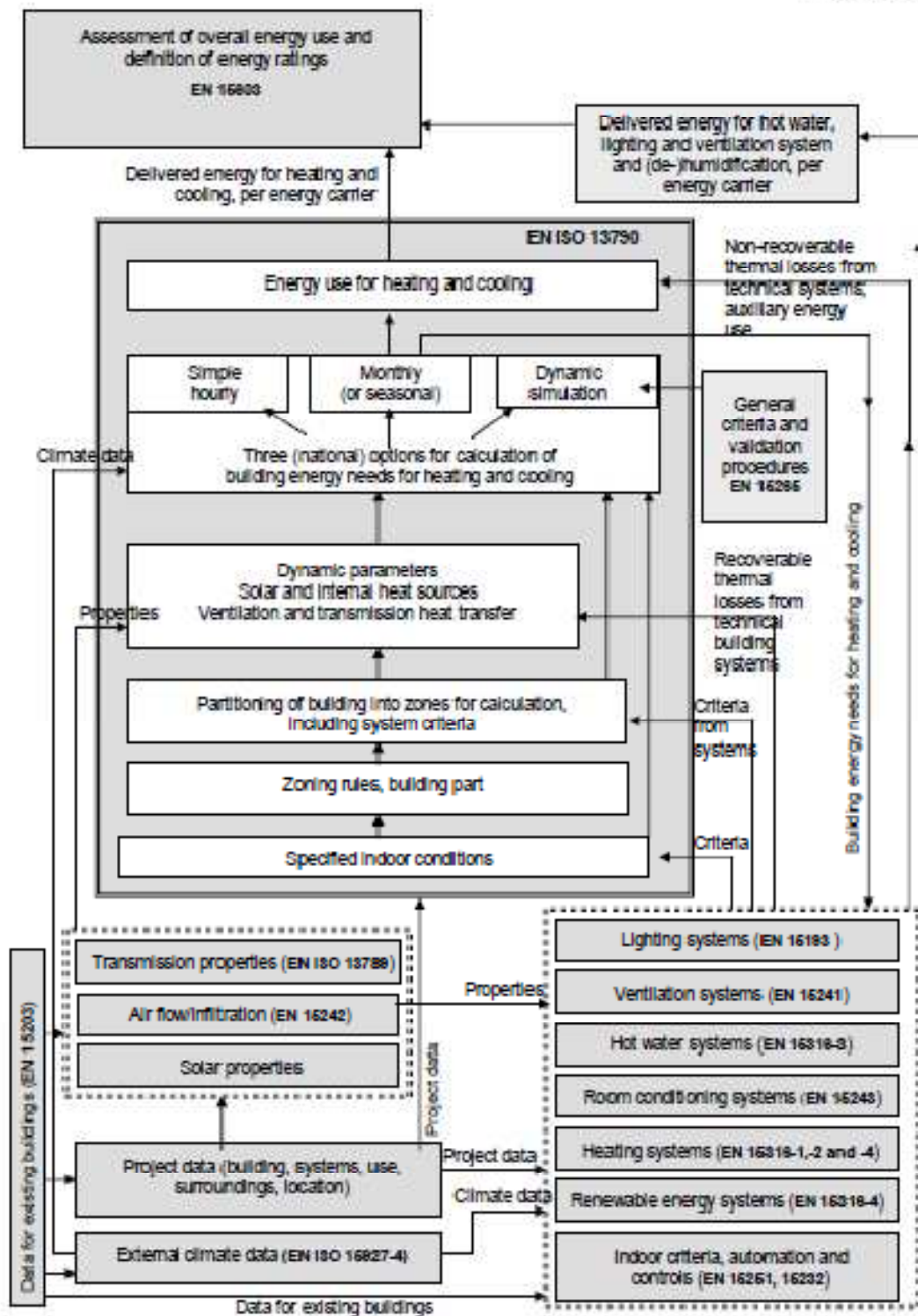


Figura 2 - Struttura degli standards che supportano la EPBD (fonte: prEN ISO/DIS13790, 2007)

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La necessità di garantire stime e valutazioni dell'energia spesa per il riscaldamento e il raffreddamento ha portato allo sviluppo di metodi di calcolo alternativi a quelli che erano stati sviluppati prima dell'entrata in vigore della EPBD, spesso regole di calcolo pratiche in funzione della tipologia e della destinazione d'uso degli edifici.

Una semplice alternativa è il metodo di calcolo allo stato stazionario (*steady state method*), che assume, per il calcolo dei guadagni e delle perdite di calore, le condizioni esterne ed interne costanti senza tenere conto delle variazioni climatiche e le risposte dovute all'assorbimento del calore da parte delle masse murarie a causa della massa termica, ad esempio. Alcuni esempi di metodi di calcolo allo stato stazionario sono brevemente descritte in questo capitolo.

La necessità di tener conto delle interazioni dinamiche coinvolte nell'ambiente edificato ha aumentato la popolarità e l'utilizzo di metodi di calcolo dinamici o transitori.

La PrEN ISO / DIS 13790 Standard (2007) è una delle principali norme CEN che è stata aggiornata per supportare l'attuazione della EPBD nei paesi europei. Essa mira a suggerire metodi per il calcolo dell'energia utilizzata negli edifici per riscaldamento e il raffreddamento su base annua, consente l'utilizzo di programmi di simulazione dettagliata e prevede due metodi .

I metodi semplificati previsti nella 13.790 utilizzano il metodo allo stato quasi - stazionario mensile (*quasi-steady state monthly method*) e il metodo semplice orario. Vi è anche un metodo allo stato quasi stazionario stagionale ma segue procedure analoghe a quelle del metodo mensile. Una descrizione completa di questi metodi è data nella 13.790 Standard.

Il metodo di calcolo solitamente utilizzato dai software è per zona singola o per più zone attraverso l'accoppiamento delle zone, cioè con una serie indipendente di calcoli per singola zona.

Anche se la descrizione del calcolo multi-zona con accoppiamento tra zone è incluso nelle appendici degli Standard 13.790, il suo impiego è raccomandato solo in situazioni particolari a causa della complessità di calcolo e per la grande quantità di dati necessari.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

I programmi di simulazione dettagliati, come i programmi di simulazione dinamici, hanno una struttura che permette di default di prendere in considerazione l'interazione termica fra zone.

2.7.1 Metodo allo stato quasi - stazionario mensile (Monthly Quasi-Steady-State Method)

Questo metodo tenta di calcolare il bilancio termico degli spazi su un periodo mensile o stagionale e utilizza, per considerare gli effetti dinamici, fattori di utilizzo dei guadagni e delle perdite introducendo fattori di correlazione.

Per il riscaldamento, il fattore di utilizzazione per i guadagni interni e solari tiene conto del fatto che solo una parte dei guadagni viene utilizzato per diminuire i fabbisogni energetici per il riscaldamento, la parte restante porta ad un aumento indesiderato di temperatura al di sopra del set point. In questo approccio, nell'equilibrio termico vengono ignorate le fonti di calore non utilizzate, ma questo è bilanciato dal fatto che viene ignorato, allo stesso tempo, il calore dovuto alla trasmissione e alla ventilazione dagli spazi in cui c'è stato tale aumento di temperatura.

L'effetto dell'inerzia, in caso di riscaldamento intermittente o di semplice spegnimento, è considerato modificando la temperatura di set point o modificando i fabbisogni di calore.

Il fabbisogno energetico per il riscaldamento e il raffreddamento sono calcolati sommando, rispettivamente, il fabbisogno mensile di energia per il riscaldamento e il raffreddamento.

Il fabbisogno energetico mensile per il riscaldamento e per singola zona è determinato dalla equazione (1)

$$Q_{N,H} = Q_{L,H} - \eta_{G,H} \cdot Q_{G,H} \quad (1)$$

Dove, per singola zona e per ciascun mese vale:

$Q_{N,H}$ fabbisogno energetico per riscaldamento [MJ]

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

$Q_{L,H}$ calore trasferito totale (perdite) per riscaldamento [MJ]

$\eta_{G,H}$ fattore di utilizzo dei guadagni, adimensionale

$Q_{G,H}$ calore totale (guadagni) da fonti di riscaldamento [MJ]

Il fattore di utilizzo dei guadagni $\eta_{G,H}$ è una funzione del rapporto tra guadagni/perdite γ_H e del parametro a_H che tiene conto della costante di tempo dell'edificio τ [h], cioè dell'inerzia:

$$\gamma_H = Q_{G,H} / Q_{L,H}$$

$$\text{Se } \gamma_H \neq 1 : \eta_{G,H} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}} \quad (1a)$$

$$\text{Se } \gamma_H = 1 : \eta_{G,H} = \frac{a_H}{a_H + 1} \quad (1b)$$

Per il raffrescamento, considerando trasferimenti di calore per ventilazione e trasmissione, il fattore di utilizzo delle perdite tiene conto del fatto che solo una parte di tale calore è utilizzato per diminuire il fabbisogno di raffreddamento, la quota parte non utilizzata è quella che si ha nei periodi in cui non ha effetto sulle esigenze di raffreddamento, come ad esempio durante la notte, questa parte è bilanciata dal fatto che il set point di raffreddamento non viene sempre raggiunto.

Questa formulazione mostra esplicitamente come il trasferimento di calore per trasmissione e / o ventilazione incidono sulla riduzione del fabbisogno energetico degli edifici per il raffreddamento.

Per il raffreddamento vale l'equazione (2):

$$Q_{N,C} = Q_{G,C} - \eta_{L,C} \cdot Q_{L,C} \quad (2)$$

Dove, per singola zona e per ciascun mese vale:

$Q_{N,C}$ fabbisogno energetico per raffrescamento [MJ]

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

$Q_{L,C}$ calore trasferito totale per raffrescamento [MJ]

$\eta_{L,C}$ fattore di utilizzo delle perdite di calore, adimensionale

$Q_{G,C}$ calore totale (guadagni) da fonti di raffrescamento [MJ]

Il fattore di utilizzo $\eta_{L,C}$ è una funzione del rapporto tra guadagni/perdite λ_C e del parametro a_C che tiene conto della costante di tempo dell'edificio τ [h], cioè dell'inerzia:

$$\lambda_C = Q_{G,C} / Q_{L,C}$$

$$\text{Se } \lambda_C > 0 \text{ e } \lambda_C \neq 1 : \eta_{L,C} = \frac{1 - \lambda_C^{a_C}}{1 - \lambda_C^{a_C+1}} \quad (2a)$$

$$\text{Se } \lambda_C = 1 : \eta_{L,C} = \frac{a_C}{a_C+1} \quad (2b)$$

$$\text{Se } \lambda_C < 0 : \eta_{L,C} = 1 \quad (2c)$$

Il valore negativo esprime bilancio negativo nei trasferimenti mensili di calore.

Per i calcoli relativi al raffrescamento esiste un secondo metodo per la valutazione del fattore di utilizzo dei guadagni, simile a quello per il riscaldamento: esso tiene conto del fatto che solo una parte dei guadagni termici interni e solari sono compensati dai trasferimenti di calore per trasmissione e ventilazione assumendo una temperatura massima interna. La quota parte non utilizzata contribuisce al fabbisogno di raffrescamento per evitare aumenti di temperatura oltre il set point.

In questo approccio perciò, nel bilancio termico si ignorano le fonti di calore non utilizzate, in quanto si ignorano i trasferimenti di calore per ventilazione e trasmissione.

$$Q_{N,C} = (1 - \eta_{L,C}) Q_{G,C} \quad (3)$$

Valore minimo di $Q_{N,C} = 0$

Dove, per singola zona e per ciascun mese vale:

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

$Q_{N,C}$ fabbisogno energetico per raffrescamento [MJ]

$Q_{L,C}$ calore trasferito totale per raffrescamento [MJ]

$\eta_{L,C}$ fattore di utilizzo dei guadagni per il raffrescamento, adimensionale

$Q_{G,C}$ calore totale (guadagni) da fonti di raffrescamento [MJ]

È dimostrabile comunque che i due metodi conducono agli stessi risultati.

2.7.2 Metodo orario (Simple Hourly Method)

La 13.790 Standard offre una descrizione completa di questo metodo, esso si basa sulla similitudine col modello resistenza - capacità (R - C). Il calcolo è eseguito con passo orario e tutti i dati su edificio e impianti possono essere modificati ogni ora.

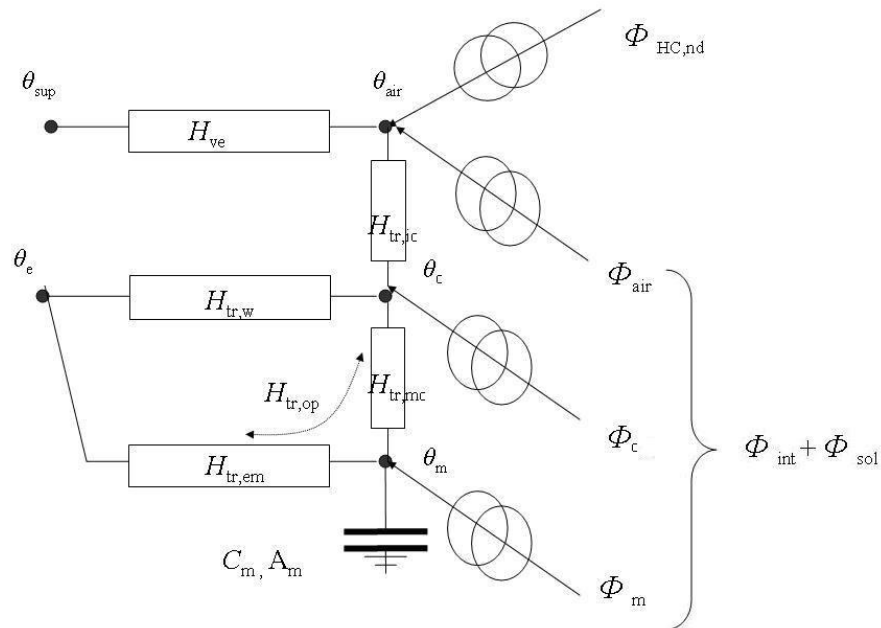


Figura 3 - Modello orario a cinque resistenze ed una capacità - 5R1C (fonte: prEN ISO/DIS 13790, 2007)

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Il modello considera l'irraggiamento solare, la temperatura media radiante dell'aria, distinguendola dalla temperatura interna dell'aria, e si basa su una semplificazione della trasmissione del calore fra l'ambiente interno e l'esterno secondo lo schema riportato in figura.

Il flusso termico per ventilazione, H_{ve} è connesso direttamente con il nodo della temperatura dell'aria, θ_{air} e al nodo della temperatura dell'aria esterna fornita θ_{sup} , che può essere uguale alla temperatura dell'aria esterna se l'aria fornita alla zona è basata su condizioni esterne.

Il flusso di trasmissione è suddiviso in diverse frazioni: il flusso attraverso le finestre, $H_{tr,w}$, assunte con massa termica nulla, e il flusso attraverso le strutture opache, $H_{tr,op}$, contenente la massa termica, a sua volta suddiviso in due componenti, $H_{tr,em}$ e $H_{tr,mc}$.

$H_{tr,w}$ e $H_{tr,em}$ sono connessi al nodo aria esterna θ_e .

I guadagni, solari e interni, sono distribuiti fra il nodo della temperatura dell'aria, θ_{air} , il "nodo centrale", θ_c (definito come un misto fra la temperatura dell'aria e la temperatura media radiante $\theta_{r,mn}$) e il nodo che rappresenta la massa dell'edificio, θ_m .

Il flusso termico delle sorgenti interne, Φ_{int} , e il flusso termico dovuto alle sorgenti solari, Φ_{sol} , sono perciò suddivisi fra questi tre nodi.

La massa termica ha una sola capacità termica C_m , localizzata fra $H_{tr,mc}$ ed $H_{tr,em}$.

Viene definita una conduttanza di accoppiamento fra il nodo della temperatura dell'aria interna θ_{air} e il nodo centrale θ_c .

L'energia oraria necessaria per il riscaldamento o il raffrescamento, $Q_{HC,nd}$ è espresso dalla relazione di trasformazione delle unità di grandezza:

$$Q_{HC,nd} = \Phi_{HC,nd} \cdot 0.036 \text{ [MJ]}$$

$$\text{e allo stesso modo } Q_{int} = \Phi_{int} \cdot 0.036 \text{ [MJ]}$$

$$Q_{sol} = \Phi_{sol} \cdot 0.036 \text{ [MJ]}$$

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La *couplig conductance* è data dalla relazione

$$H_{tr,mc} = h_{mc} \cdot A_m \quad (4)$$

dove

h_m coefficiente di trasferimento del calore tra il nodo che rappresenta la massa dell'edificio e il nodo centrale, ha valore fisso pari a 9.1 W/m²K

A_m area effettiva [m²]

con

$$A_m = \frac{C_m^2}{\sum(A_k \cdot k_k^2)}$$

$C_m^2 = \sum(A_k \cdot k_k)$ capacità termica interna della zona dell'edificio [J/K]

k_k capacità termica interna del singolo elemento k

La conduttanza accoppiata tra il nodo della temperatura dell'aria esterna e il nodo che rappresenta la massa dell'edificio è espressa dalla relazione (5)

$$H_{tr,em} = \frac{1}{\frac{1}{H_{tr,op}} - \frac{1}{H_{tr,mc}}} \quad (5)$$

I guadagni termici in termini di flussi termici orari, sono distribuiti sui nodi θ_{air} , θ_m e θ_c .

$$\Phi_{air} = 0.5 \cdot \Phi_{int} \quad (6)$$

$$\Phi_m = \frac{A_m}{A_{tot}} (0.5 \Phi_{int} + \Phi_{sol}) \quad (7)$$

$$\Phi_c = \left(1 - \frac{A_m}{A_{tot}} - \frac{H_{tr,w}}{9.1 \cdot A_{tot}}\right) \cdot (0.5 \cdot \Phi_{int} + \Phi_{sol}) \quad (8)$$

dove

Φ_{air} guadagni termici totali nel nodo - aria durante l'ora considerata [W]

Φ_m guadagni termici totali nel nodo che rappresenta la massa dell'edificio durante l'ora considerata [W]

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Φ_c guadagni termici totali nel nodo centrale durante l'ora considerata [W]

A_{tot} area di tutte le superfici che si affacciano sulla zona considerata. Secondo gli standards può essere posta uguale a $4.5A_{fl}$ dove A_{fl} è la superficie dei pavimenti dell'edificio.

Φ_{sol} flusso termico totale da fonti solari attraverso tutti gli elementi dell'edificio per i quali la radiazione solare ha accesso diretto durante l'ora considerata [W]

Φ_{int} flusso totale generato da fonti di calore interne durante l'ora considerata [W]

I fabbisogni di riscaldamento e di raffrescamento si ottengono calcolando per ogni ora il fabbisogno attuale di potenza per riscaldamento o raffrescamento ($\Phi_{HC,nd,ac}$), espresso in Watt e assunto positivo per riscaldamento, negativo per raffrescamento, che bisogna fornire o estrarre dal nodo aria interna per mantenere un determinato set point di temperatura.

Le temperature di set point per riscaldamento o raffrescamento ($\theta_{H,set}$ e $\theta_{C,set}$) sono basate sulle temperature operanti θ_{op} ma è possibile utilizzare anche la temperatura dell'aria.

2.7.3 Aggiornamenti. Specifica tecnica UNI TS 11300

A partire dal 28 Maggio 2008 sono state pubblicate le prime due parti della Specifica Tecnica UNI TS 11300 per il calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici.

Essa definisce le modalità per l'applicazione nazionale della UNI EN ISO 13790-2008 per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento, ed è rivolta a tutte le possibili applicazioni previste dalla UNI EN ISO 13790:2008: calcolo di progetto (design rating), valutazione energetica di edifici attraverso il calcolo in condizioni standard (asset rating) o in particolari condizioni climatiche e d'esercizio (tailored rating).

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Tipo di valutazione	Determinazione della prestazione	Dati di ingresso			Funzione o scopo
		Utenza	Clima	Edificio	
Di progetto (<i>design rating</i>)	Calcolata	Standard	Standard	Progetto	Permesso di costruire, certificazione o qualificazione energetica del progetto
Standard (<i>asset rating</i>)		Standard	Standard	Reale	Certificazione o qualificazione energetica
Adatta all'utenza (<i>tailored rating</i>)		A seconda dello scopo		Reale	Ottimizzazione, validazione, diagnosi e programmazione di progetti di riqualificazione
D'esercizio	Misurata	Reale	Reale	Reale	Certificato, regolamenti

Tabella 1 - Applicazioni previste dalla norma UNI EN ISO 13790:2008 a cui la norma UNI/TS 11300 è rivolta

Attualmente è suddivisa in due parti:

Parte_1 Determinazione del fabbisogno di energia primaria termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale;

Parte_2 Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda;

La UNI TS 11300-1 permette tre tipi di valutazioni in funzione del tipo di edificio (esistente o da realizzare); della finalità (progetto, certificazione energetica, diagnosi energetica, etc.); delle condizioni al contorno (dati climatici e dati relativi alle condizioni di utilizzo reali o di progetto).

Tra gli aspetti salienti della UNI TS 11300-1 spicca l'aggiornamento dei dati e delle procedure di calcolo relativi ad apporti dovuti a ventilazione naturale e ricambi di aria, apporti termici gratuiti dovuti a fonti interne e al sole, e la revisione dei corretti criteri per la zonizzazione dell'edificio.

Il calcolo del fabbisogno di energia netto per riscaldamento e raffrescamento avviene per passi:

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

- Definizione dei confini dell'insieme degli ambienti climatizzati e non climatizzati dell'edificio;
- Definizione dei confini delle diverse zone dell'edificio, se richiesta;
- Definizione delle condizioni interne di calcolo e dei dati di ingresso relativi al clima esterno;
- Calcolo per ogni mese e per ogni zona dell'edificio, dei fabbisogni di energia termica per il riscaldamento $Q_{H,nd}$ e il raffrescamento $Q_{C,nd}$;
- Aggregazione dei risultati ai diversi mesi ed alle diverse zone servite dagli stessi impianti.

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, i fabbisogni di energia per il riscaldamento si calcolano con l'equazione:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol}) \quad (9)$$

Per il raffrescamento vale:

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht} = (Q_{int} + Q_{sol}) - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve}) \quad (10)$$

Dove

$Q_{H,nd}$	fabbisogno ideale di energia dell'edificio per riscaldamento;
$Q_{C,nd}$	fabbisogno ideale di energia dell'edificio per raffrescamento;
$Q_{H,ht}$	scambio termico totale nel caso di riscaldamento;
$Q_{C,ls}$	scambio termico totale nel caso di raffrescamento;
$Q_{H,tr}$	scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento;
$Q_{C,tr}$	scambio termico per trasmissione nel caso di raffrescamento;
$Q_{H,ve}$	scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento;
$Q_{C,ve}$	scambio termico per ventilazione nel caso di raffrescamento;
Q_{gn}	apporti termici totali;

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Q_{int}	apporti termici interni;
Q_{sol}	apporti termici solari;
$\eta_{H,gn}$	fattore di utilizzazione degli apporti termici;
$\eta_{C,ls}$	fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche.

Calcolo scambi termici

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, gli scambi termici si calcolano con le equazioni:

Riscaldamento

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t \{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \} \times t \quad (11)$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t \quad (12)$$

Raffrescamento

$$Q_{C,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t \{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \} \times t \quad (13)$$

$$Q_{C,ve} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \times t \quad (14)$$

$H_{tr,adj}$ coefficiente globale di scambio termico per la trasmissione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno - esterno

$H_{ve,adj}$ coefficiente globale di scambio termico per la ventilazione della zona considerata, corretto per tenere conto della differenza di temperatura interno - esterno

$\theta_{int,set,H}$ temperatura interna di regolazione per il riscaldamento della zona considerata;

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

$\theta_{int,set,C}$	temperatura interna di regolazione per il raffrescamento della zona considerata;
θ_e	temperatura media mensile dell'ambiente esterno;
$F_{r,k}$ volta celeste	fattore di forma tra il componente edilizio k – esimo e la volta celeste
$\Phi_{r,mn,k}$	extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste del componente edilizio k-esimo, mediato sul tempo
t	durata del mese considerato

I coefficienti globali di scambio termico si ricavano come:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_G + H_U + H_A \quad (15)$$

$$H_{ve,adj} = \rho_a \times c_a \times \{ \sum_k \times b_{ve,k} \times q_{ve,k,mn} \} \quad (16)$$

H_D	coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno;
H_G	coefficiente di scambio termico stazionario per trasmissione verso il terreno;
H_U	coefficiente di scambio termico per trasmissione attraverso gli ambienti non climatizzati;
H_A	coefficiente di scambio termico per trasmissione verso altre zone (interne o meno all'edificio) climatizzate a temperatura diversa;
$\rho_a c_a$	capacità termica volumica dell'aria, pari a 1200 J/m ³ K
$b_{ve,k}$	fattore di correzione della temperatura per il flusso k-esimo

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

$q_{ve,k,mn}$ portata mediata sul tempo del flusso k-esimo, e vale:

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} \times q_{ve,k}$$

con

$f_{ve,t,k}$ frazione di tempo in cui si verifica il flusso d'aria k-esimo, pari a 1 per una situazione permanente

$q_{ve,k}$ portata sul tempo del flusso d'aria k-esimo

Calcolo apporti termici

Per ogni zona dell'edificio e per ogni mese, gli apporti termici si calcolano con le seguenti formule:

$$Q_{int} = \{ \sum_k \Phi_{int,mn,k} \} \times t + \{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{int,mn,u,l} \} \times t \quad (17)$$

$$Q_{sol} = \{ \sum_k \Phi_{sol,mn,k} \} \times t + \{ \sum_l (1 - b_{tr,l}) \Phi_{sol,mn,u,l} \} \times t \quad (18)$$

Le sommatorie si riferiscono, rispettivamente, ai flussi entranti/generati nella zona climatizzata e negli ambienti non climatizzati, ed inoltre:

$b_{tr,l}$ fattore di riduzione per l'ambiente non climatizzato avente la sorgente di calore interna l-esima oppure il flusso termico l-esimo di origine solare;

$\Phi_{int,mn,k}$ flusso termico prodotto dalla k-esima sorgente di calore interna, mediato sul tempo;

$\Phi_{int,mn,u,l}$ flusso termico prodotto dalla l-esima sorgente di calore interna nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo;

$\Phi_{sol,mn,k}$ flusso termico k-esimo di origine solare, mediato sul tempo;

$\Phi_{sol,mn,u,l}$ flusso termico l-esimo di origine solare nell'ambiente non climatizzato adiacente u, mediato sul tempo.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Il flusso termico k-esimo di origine solare, $\Phi_{sol,k}$, viene calcolato con la relazione

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} A_{sol,k} I_{sol,k} \quad (19)$$

Con

$F_{sh,ob,k}$	fattore di riduzione per ombreggiamento relativo ad elementi esterni per l'area di captazione solare effettiva della superficie k-esima;
$A_{sol,k}$	area di captazione solare effettiva della superficie k-esima con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale, nella zona o ambiente considerato;
$I_{sol,k}$	irradianza solare media mensile sulla superficie k-esima, con dato orientamento e angolo di inclinazione sul piano orizzontale

I dati di ingresso per i calcoli sono relativi a:

- Caratteristiche tipologiche dell'edificio: volume lordo e volume netto dell'ambiente climatizzato; superfici di tutti i componenti dell'involucro e della struttura edilizia; tipologie e dimensioni dei ponti termici; orientamenti di tutti i componenti dell'involucro edilizio; fattori di ombreggiatura di tutti i componenti trasparenti;
- Caratteristiche termiche e costruttive dell'edificio: trasmittanza termica dei componenti dell'involucro edilizio; capacità termica areica dei componenti della struttura; trasmittanza di energia solare totale dei componenti trasparenti; fattori di riduzione dovuti al telaio dei componenti trasparenti; coefficienti di trasmissione lineare dei ponti termici;
- Dati climatici: medie mensili di temperatura esterna e irraggiamento solare totale per ciascun orientamento;
- Dati relativi alle modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio: temperature di set-point, ricambi d'aria, durata dei periodi di raffrescamento e riscaldamento, regime di funzionamento dell'impianto termico; modalità di gestione degli schermi; apporti di calore interni.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La specifica tecnica alla arte 2 fornisce dati e metodi per la determinazione:

- del fabbisogno di energia utile per acqua calda sanitaria;
- dei rendimenti e dei fabbisogni di energia elettrica degli ausiliari dei sistemi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria;
- dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

Si applica a sistemi di nuova progettazione, ristrutturati o esistenti:

- per il solo riscaldamento;
- misti o combinati per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria;
- per sola produzione acqua calda per usi igienico - sanitari.

Non vengono considerati in questo ambito impianti alimentati da fonti energia rinnovabili che sarà oggetto della quarta parte della Specifica Tecnica. In particolare la UNI TS 11300-2 aggiorna i criteri della Raccomandazione CTI 03/03 per l'individuazione del fabbisogno energia utile per l'acqua calda sanitaria.

2.8 CONCLUSIONI

Gli approcci matematici descritti attraverso l'elaborazione di equazioni consentono di fare un bilancio termico dell'edificio, considerando simultaneamente tutti le grandezze che incidono sul comportamento termico, e perciò sui consumi, dell'edificio.

La misurabilità e la riproducibilità di tali grandezze consente di creare sistemi di simulazione dinamici in cui a ogni successivo step i parametri vengono ricalcolati.

Le risposte a disposizione dell'utente, del progettista, danno una risposta sulla bontà delle scelte fatte, o in via di definizione, dal punto di vista dell'ottimizzazione delle tecnologie utilizzate ed utilizzabili.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La scelta avviene spesso in maniera indipendente dai risultati ottenibili, si tratta di scelte generalmente giustificabili a posteriori, in funzione di vincoli comuni della pratica della progettazione, la disponibilità economica ad esempio.

Le normative impongono vincoli sia in maniera diretta, ad esempio con i valori tabellati di trasmittanze, di rendimenti di impianti, e in maniera indiretta, richiedendo un consumo energetico, estivo ed invernale, massimo. Questo significa che non qualsiasi tamponamento è ammissibile, non qualsiasi tipo di caldaia è utilizzabile.

In questo campo, che comunque rimane molto ampio, si collocano le scelte del progetto, comprese quelle più propriamente tecniche, una dimensione che sfugge a normative e vincoli, non deterministica e non ottimizzabile matematicamente.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

CAPITOLO 3: DEFINIZIONE DI PARAMETRI E PROCESSI. FINALITÀ E METODO

3.1 Mezzi e fini. Progetti e tecnologie. Contestualizzazione.

*"Il problema è che la globalizzazione ha influito sul nostro modo di pensare l'architettura. Prima di oggi c'era una sorta di architettura regionale che aveva a che fare con cose come il clima, gli usi e i costumi, l'iconografia locale e così via. Tutti questi fatti locali sono stati riassorbiti dai media [...] Non c'è più alcuna sostanza nel locale. Perciò l'architettura, che era solita occuparsi del contesto, del significato e dell'estetica, deve davvero ripensare criticamente quale sia il suo ruolo oggi, quale sia il suo posto nello spazio, nel tempo, nella forma. Oggi l'architettura ha molto poco a che fare con il mondo in cui viviamo."*⁴⁸

Sempre Eisenman, discutendo sul progetto *Cidade da Cultura de Galicia per Santiago de Compostela*⁴⁹, afferma che l'architettura contemporanea appartiene ancora ad una logica di tipo "espansivo", che punta ad enfatizzare i propri "gesti" nell'illusione di nascondere gli effetti che produce.

Il discorso di Eisenman sull'architettura rimanda al suo ruolo ampio, alla sua funzione e alla sua responsabilità, ma può essere trasposto al rapporto tra architettura e i suoi mezzi.

L'enfaticizzazione dei gesti è la progressiva decontestualizzazione del progetto portano a mettere in risalto l'oggetto, un elemento che avulso dalle condizioni al contorno cerca un dialogo su un piano dialettico differente, più diretto all'impatto immediato, meno attento alle dinamiche in atto nel territorio.

48. G. Uhlig (2000), "Peter Eisenman a colloquio con Günter Uhlig, Il carattere critico dell'architettura", *Domus*, n. 824.

49. P. Eisenman (2000), "Peter Eisenman. Città della Cultura della Galizia, Santiago de Compostela, Spagna", *Domus*, n. 824.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Non si tratta di nostalgie regressiste o di un appiattimento alla tradizione, la quale comunque non ha in se valore se non inquadrata nell'ottica di sviluppo, di movimento e di cambiamento, e il progetto è sempre un atto di trasformazione dell'esistente, un atto di miglioramento e di conoscenza.

Ma è uno spazio di significati, non un oggetto. Non (sempre) un monumento a se stesso, come nel caso del Museo Guggenheim di Bilbao dell'architetto Frank Gehry, il quale comunque ha dato un impulso potente all'economia della città, attraverso l'oggetto in se, meno con quello che contiene. Molto con il contenitore.

Non è oggetto di questa ricerca indagare su questi aspetti, ma ponendo al centro il progetto, riconoscere che l'obiettivo è la trasformazione, il fine è la sua realizzazione, i mezzi le tecniche.

Se cambia il fine, devono cambiare i mezzi. La sensazione che molti edifici contemporanei potrebbero essere, per traslazione rigida, posti in una qualsiasi città del mondo è probabilmente dovuta al fatto che esibiscono, esternamente, non principalmente le forme, ma soluzioni tecnologiche simili, se non uguali. La doppia pelle vetrata in qualsiasi condizione ambientale.

Si rinuncia all'inerzia e si sfrutta lo stack effect, per addurre all'interno dell'edificio aria calda o fresca a seconda delle necessità. Si integra con sistemi elettronici di controllo delle aperture. I vetri sono doppi, o tripli, basso emissivi. Dotati di lamelle interne per ombreggiamento. Gli spazi interni devono essere termoregolati con impianti potenti e versatili. Caldo e freddo. Ma a basso impatto. Pompe di calore con sonde geotermiche, sistemi a condensazione, di cogenerazione, trigenerazione.

La tecnologia diventa decontestualizzata, pervasiva, sempre funzionante. Sembra siano le tecnologie a dettare le regole all'architettura, non è un semplice e passivo attingere dal depliant dell'impresa che fornisce l'ultima e più sostenibile trovata, ma un attiva rinuncia a una sfera della progettazione. Utilizzare in questo modo tecnologie ultramoderne non significa, come detto da Gregotti⁵⁰, essere la punta della tecnologia, significa rinunciare a essere sperimentatori,

50. V. Gregotti (2002) *op. cit.*

innovatori, aspetto che è sempre stato nell'architettura e dell'architettura. E significa non usare correttamente le tecnologie. Non essere tecnici.

Non è quindi un problema della tecnologia, se moderna oppure no, ma di intenzionalità. Se esiste un problema legato all'utilizzo della tecnologia nel campo dell'architettura, questo non è un problema tecnologico. Anche quando si decide di non far rivelare alle tecnologie, o ai materiali, tutta la loro verità, forse anche di più.

Nel capitolo precedente sono stati brevemente esposti metodi di calcolo che, in ultima istanza, hanno come obiettivo quantificare i consumi degli edifici, attraverso un approccio di bilancio energetico tutte le cause vengono computate simultaneamente con procedure e sistemi differenti.

L'approccio è razionale, analitico, comprensivo.

Riconoscere le tecnologie usate come uno dei mezzi significa progettarle, oltreché calcolarle. Conoscerle per disporne. Il contesto suggerisce soluzioni ottimali, talvolta migliorabili. Il contesto fisico e non solo. Quello tecnologico, che deve essere pensato migliorabile. Il microclima (anche esso progettabile), la società che vivrà gli spazi, le necessità estese al ciclo di vita del manufatto.

La progettazione ha bisogno di obiettivi, di mezzi, dei caratteri del contesto in cui si opera.

L'edificio è un insieme di parti che interagiscono tra di loro, e le relazioni sono fisiche e visibili, non visibili, e non fisiche. A queste corrispondono molte soluzioni possibili (e rispondenti a requisiti di norme, calcoli, buone pratiche, sensibilità etc.) e una sola soluzione, non neutrale, da scegliere.

3.2 Finalità: sostenibilità.

Dunque il fine è il progetto. Sostenibile. Per traslato l'edificio sostenibile.

Le distinzioni tra architettura sostenibile, bioarchitettura, bioclimatica sono sfumate e tutte richiamano ad un approccio orientato al rispetto dell'ambiente in tutti i suoi aspetti e al contenimento dell'utilizzo delle risorse da preservare per le generazioni future.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Allora l'edificio dovrebbe essere:

- Efficiente energeticamente, nella costruzione, nell'utilizzo, nella dismissione;
- Efficiente nell'utilizzo delle risorse, nell'utilizzo e nella costruzione;
- Non inquinante, nell'utilizzo e nella costruzione;
- Durevole, in modo che possa essere utilizzato per lungo tempo;
- Adattabile per molti usi, in modo che possa essere riutilizzato facilmente;
- Sano, nell'utilizzo di poche sostanze chimiche, ventilato;
- Bello e confortevole, in modo che venga utilizzato per molto tempo.

L'attenzione non è solo all'edificio ma al modo in cui, in tutto il suo ciclo di vita, esso si rapporta all'ambiente in cui si inserisce. Alcuni strumenti permettono una valutazione ambientale complessiva non solo dell'edificio, ma delle sue dinamiche e di quelle generate, spostando l'attenzione ai trasporti ad esempio, ai materiali utilizzati e al loro ciclo di vita.

La valutazione degli strumenti a disposizione avviene valutando se le scelte tecnologiche rispondono ai requisiti, in taluni casi assegnando dei coefficienti di premio o peso e costruendo una scala di valore, analizzando matematicamente i consumi, o simulando le risposte di un modello di un edificio se sottoposto a un campo di azioni interne e esterne. Si valuta come l'apparato tecnico e tecnologico edificio si comporta rispetto ai parametri soglia.

3.3 Il progetto come processo

Il primo obiettivo di un processo di progettazione è definire una risposta ad un bisogno insoddisfatto in cui l'oggetto da progettare è inizialmente non definito e l'evoluzione del progetto avviene attraverso una sequenza di fasi non necessariamente lineari.

Considerando questo processo come una sequenza di input ed output è possibile assimilarlo ad un sistema evolutivo aperto in cui l'obiettivo finale è la costruibilità e gli attori coinvolti sono molteplici, i progettisti che traducono le necessità del committente nel progetto, i tecnici e i costruttori.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Il ruolo dei diversi attori è rappresentabile come proposto nella figura 1 dalla teoria della progettazione distribuita - *Distributed Design*⁵¹.

Nella dinamica della *coprogettazione* gli attori condividono competenze ed identificano un obiettivo comune: sviluppare ed identificare principi e requisiti di soluzione

È una definizione di lavoro collettiva e sincrona in cui le competenze specifiche vengono elaborate per essere rese utilizzabili, comunicate e condivise da tutti i componenti.

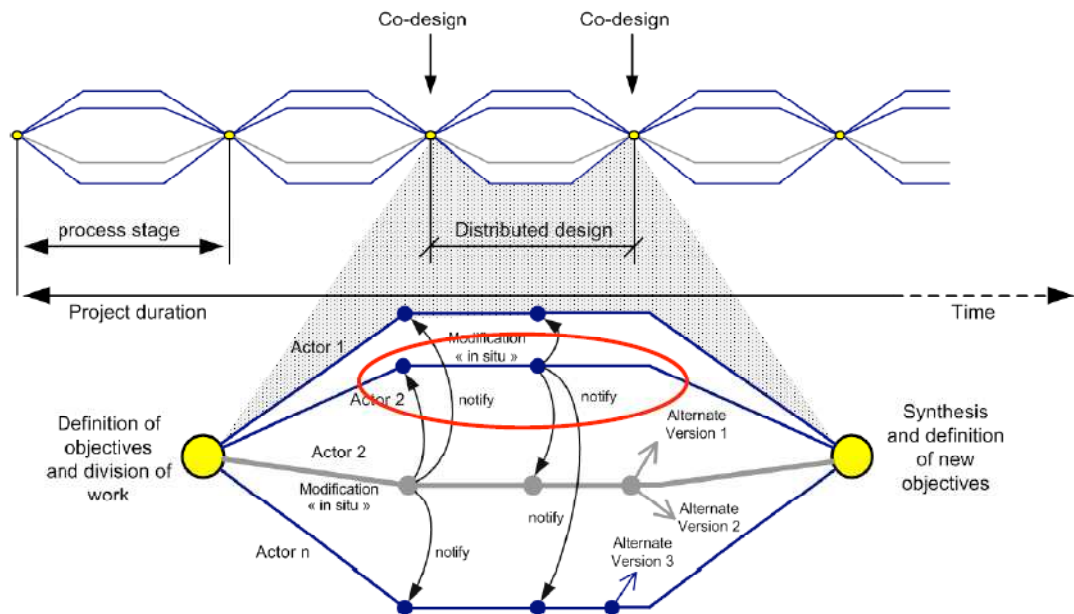


Figura 4 - *Distributed Design e punti di sintesi. Hanser (2003)*

Il flusso di informazioni nel processo collaborativo della pratica architettonica è stato analizzato sotto diversi punti di vista. Secondo Stempfle e Badke – Schaub

51. F. Darses, P. Falzon, (1996), *La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive*. In *Coopération et conception*. Sous la direction de G. de Terssac et E. Freidberg Octarès (eds), Toulouse.

(2002)⁵² ci sono 4 operazioni cognitive che definiscono il modello generico dell'attività nel team di progettazione: *generazione, esplorazione, confronto e selezione*.

Generazione e esplorazione evolvono naturalmente in *variazione* e quindi nel *mantenimento selettivo*, i metodi di confronto e selezione vengono scelti per restringere il campo dei problemi e per fornire elementi di dettaglio di pensiero.

I processi interni al team di progettazione vengono decomposti per avere la possibilità di pianificare in termini di attività dirette ai contenuti e alle loro relazioni.

Rispetto a questa analisi, Laaroussi, Zarli e Bignon (2008)⁵³ propongono uno schema più complesso dell'attività di progettazione che si compone di aspetti tecnici, temporali e sociali contemporaneamente.

All'interno del meccanismo input – output si tenta di trovare una certa *stabilizzazione* nel flusso di dati per renderli operabili e riconoscibili, e perciò permettere al processo di trovare stabilità, elemento necessario per la correttezza della progettazione.

Talvolta il processo reagisce a cambiamenti temporanei dell'ambiente e a stimoli attraverso fluttuazioni reversibili del suo "stato stabile", come accade se si deve tenere conto, ad esempio, di nuove normative, requisiti tecnici e così via.

Queste fluttuazioni denotano il processo di progettazione come sistemico, composto da sub sistemi interagenti tra loro, e aperto.

Lo stato ad ogni livello di osservazione è il risultato di scambi tra le componenti dei livelli più bassi, come risultato delle interazioni tra componenti i cui ruoli non sono costanti.

52. J. Stempf, P. Badke-Suhab, (2002), *Thinking in design teams – an analysis of team communication*. Design Studies. vol 23.

53. A. Laaroussi, A. Zarli, J. C. Bignon, *An approach to modeling the dynamics of the design process in architecture*; sito web http://www.crai.archi.fr/media/pdf/32_laaroussi.pdf

Il processo è governato da interazioni multivariabili interno – esterno e ha organizzazione dinamica, si tratta di un sistema aperto misurabile e governato sostanzialmente da tre dinamiche, *temporale, sociologica e cognitiva*.

il progetto architettonico si sviluppa in un ampio arco di tempo ed è in equilibrio tra tre *fasi temporali*:

- Il tempo del design:
comprende tutte le attività di creazione, spazializzazione e l'adeguamento a norme e regolamenti.
- Il tempo della realizzazione:
riguarda l'attuazione del progetto e la fabbricazione.
- Il tempo della memorizzazione:
riguarda la manutenzione e le attività di gestione, le comunicazioni e le attività concernenti la conservazione dell'edificio.

Le diverse modalità di gestione del tempo rimangono al livello più basso: al tempo logico, o al tempo fisico.

- Tempo fisico:
è definito dalla durata fisica assoluta (ore, giorni...) che collega il progetto al mondo reale e consente una programmazione affidabile.
- Tempo logico:
indica il numero di cicli di esecuzione, sequenze di eventi che possono essere assegnati in riferimento al tempo fisico.

La *dinamica sociologica* riguarda il trasferimento di competenze, o di parti di esse, grazie alla percezione di indicatori provenienti dagli attori e dal loro ambiente oppure dall'interpretazione del comportamento degli attori stessi: la capacità dei diversi soggetti che agiscono congiuntamente nella progettazione dipende dalla loro capacità di dare e giustificare interessi. In questo senso è fondamentale la capacità di comunicare, scambiare e visualizzare informazioni.

La dinamica sociologica del processo di progettazione in architettura è definita come un' interazione tra soggetti coinvolti a monte dell' attività, durante l'attività (ad esempio per assicurarsi delle coerenze delle soluzioni, risolvere i

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

conflitti, cooperare), o nel post attività (per verificare e correggere malfunzionamenti).

La comunicazione avviene attraverso l'interazione che non è frutto di azioni dirette ma di influenze simultanee.

La progettazione è un'attività che cambia nel tempo e si adatta internamente alle fluttuazioni dell'ambiente esterno, e al profilo degli attori che lo eseguono; necessita perciò di essere pianificata, sebbene la programmazione non ne garantisca il successo. È possibile quindi definire questo processo come attività di previsione e di reazione al tempo stesso.

I metodi di pianificazione (Pert, Gantt) sono multivariati e diversificati e si possono classificare in due categorie principali: *metodi predittivi* e *metodi reattivi*.

I metodi predittivi pianificano sulla base di dati stimati e rendono il processo di progettazione possibile a breve e a lungo termine.

I metodi reattivi permettono al processo di progettazione di reagire dinamicamente tenendo conto dello stato del sistema e dell'avanzamento dei compiti, tenendo conto dei rischi.

Un metodo di *time scheduling*, ad esempio, tenendo in considerazione lo stato reale del sistema può suggerire una soluzione per ottimizzarne la funzione, come accade con i metodi di gestione delle code (*method of queues dynamics*) che procedono attraverso regole di priorità.

Sotto il punto di vista della *dinamica cognitiva* esistono due aspetti rilevanti, da un lato i soggetti coinvolti costruiscono conoscenza e *know how*, dall'altro il processo richiede la cooperazione e la condivisione.

La cooperazione è un complesso sistema di scambio di conoscenze. Le sue dinamiche si basano sul progresso collettivo in cui bisogna garantire il trasferimento delle singole conoscenze non modificate durante le interazioni e nel contempo costruire conoscenza come risultato dell'interazione stessa.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

3.4 Strumenti.

Il 20% delle decisioni di progetto vengono assunte durante queste fasi e influenzano l'80% di tutte le decisioni successive. Come conseguenza di questo e dipendentemente dalla frammentazione del processo di progettazione, difficilmente alcun punti di vista strettamente tecnici ma fondamentali nel determinare la massima efficienza energetica del progetto sono presi in considerazione.

Le decisioni prese durante il processo di progettazione hanno diverse ricadute economiche. Può sembrare meno costoso progettare e costruire strutture semplici se l'attenzione è rivolta verso il costo dei materiali e della realizzazione dell'opera, ma considerando i costi di lunga durata, i costi ambientali, e i costi per l'utente legati all'utilizzabilità e alla manutenzione i bilanci sono differenti.

Il costo è non solo un fattore economico, ma anche un fattore socio-economico. Le normative, seppure in maniera indiretta, contribuiscono a promuovere la buona progettazione degli edifici, tenendo conto di aspetti tecnici, ma anche degli utenti e dell'aspetto ambientale.

Come detto (capitolo II), per aiutare il progettista nella determinazione di questi fattori sono ormai diffusi strumenti di simulazione - *BES Building Energy Simulation* - che forniscono dati di simulazione ambientale che il progettista dell'edificio può utilizzare *come base dell'analisi conoscitiva* del progetto.

È prassi comune utilizzare i BES nella fase di progettazione di dettaglio, cioè quando molte decisioni importanti sono già state assunte e non nel corso delle fasi iniziali del processo di progettazione, quando decisioni accurate e informate possono permettere i maggiori risparmi energetici⁵⁴ e le decisioni assunte sono maggiormente legate all'istinto, o all'arte del progettista o del team di progettazione.

Gli attuali strumenti BES si sono evoluti dai programmi HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) nati all'inizio del 1960 e sviluppati per realizzare analisi e valutazioni attraverso simulazioni dei soli aspetti legati agli impianti.

54. M.K. Mourshed, M.D. Keane, (2003), *Integrating simulation in design*, IBPSA NEWS vol. 13

Molti dei metodi di simulazione utilizzati durante quel periodo sono ancora oggi in uso (DOE-2, BLAST, TRNSYS, ecc) in versioni aggiornate e estremamente performanti.

È possibile distinguere due categorie di strumenti in funzione dell'approccio alla modellazione:

- Approccio per zone (zonale), al cui interno ricadono gli strumenti di simulazione dinamica e quelli stazionari, sebbene in questa categoria ricadano la maggioranza degli strumenti "semplificati" per ridurre la necessità di potenza di calcolo. La modellazione avviene per zone, ogni zona è computata indipendentemente dalle altre. All'interno della categoria ricadono i più noti software di simulazione come EnergyPlus, Ecotect, ESP-r e così via.
- Approccio di computazione fluido dinamica (CFD). I flussi dei fluidi vengono modellizzati attraverso equazioni differenziali alle derivate parziali e in generale equazioni di analisi che studiano massa, movimento, entalpia. Lo spazio tridimensionale è diviso in griglie, ad ogni nodo sulla griglia è assegnato un valore iniziale per diversi parametri. Si tratta di strumenti complessi e che richiedono molto tempo nella predisposizione del modello. Strumenti di questa famiglia noti sono FLOVENT, FLUENT, CFX.

Una delle caratteristiche degli strumenti BES è che la precisione dell'analisi e delle simulazioni dipende dalla validità e dall'accuratezza dei dati climatici di input: esistono molti dati disponibili, da dati misurati nelle stazioni di rilevamento a quelli tipici, mediati su più anni., come quelli TMY2 e WYEC2.

La maggior parte degli strumenti BES utilizzano formati di files differenti rendendo difficile la condivisione di dati tra strumenti e perciò tra le discipline che afferiscono al processo di progettazione. Una delle soluzioni possibili è l'utilizzo di appositi traduttori di dati, il rischio che si corre è però la perdita di informazioni importanti, sarebbe perciò meglio utilizzare dati "neutri", come proposto dalla IAI, International Alliance for Interoperability.

Nel tempo questi strumenti sono diventati estremamente potenti, è stata prestata grande attenzione allo sviluppo dei motori di calcolo trascurando talvolta l'interfaccia grafica, fatto che li ha resi più lontani dalla pratica

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

dell'architettura. Solo negli ultimi tempi sono state sviluppate interfacce grafiche user friendly e diversificate, talvolta separate dal motore, come è avvenuto per EnergyPlus. Un 'eccezione è data da Ecotect, che ha un'interfaccia semplice e fornisce analisi e simulazioni con una veste grafica semplice e incisiva.

Le uscite dei software di tipo BDA sono spesso diagrammi alfa numerici e una grande mole di dati non sempre facili da interpretare e da tradurre in spunti ed informazioni utili per il progetto.

Questo ha portato alla definizione di metodi e strumenti capaci di combinare e processare risultati per dar loro una forma utilizzabile nell'implementazione del progetto.

Questi metodi sono suddivisi in:

- Sistemi di supporto alla decisione (*DSS – decision support systems*);
- Database;
- Analisi dati (*Datamining*)

L'obiettivo dei *sistemi di supporto alle decisioni* è di trasformare i risultati delle simulazioni in una visualizzazione che supporti il processo decisionale.

Soebarto e Williamson (1995)⁵⁵ hanno proposto DSS orientati alla progettazione, capaci di lavorare con sistemi di valutazione multicriteria per rendere possibile l'introduzione di miglioramenti progettuali, standardizzati e comparabili con un edificio di riferimento, rispondendo a una serie di criteri singoli, come ad esempio il consumo energetico, il comfort termico, e dando in output costi e benefici di ciascuna decisione assunta.

Un 'esempio di questi strumenti è Building Design Advisor (BDA), un ambiente software che è stato sviluppato per agevolare il processo di comunicazione e di collaborazione tra le diverse discipline del progetto.

La sua funzione principale è la gestione di dati e il controllo del processo, supportando e integrando modelli e database utilizzati da strumenti differenti e fornendone una analisi separata (componenti dell'edificio, impianti)

55. V. Soebarto, T. Williamson, (1999), *Designer orientated performance evaluation of buildings*, Building Simulation '99, International IBPSA Conference, Kyoto, Japan.

BDA in pratica agisce come un gestore di dati e da strumento di controllo, consentendo ai progettisti di beneficiare di analisi multiple multicriterie e della loro visualizzazione durante tutto il processo di progettazione dell'edificio.

Strumento simile a BDA è ArDot, che è principalmente un sistema di supporto alla decisione che connette strumenti CAD a strumenti BES e DAI (Design Analysis Interface)

Se nel processo di progettazione questo tipo di strumenti sono diventati di utilizzo quasi comune, è importante considerare che il loro utilizzo dovrebbe concentrarsi nelle prime fasi della progettazione, quando vengono assunte quelle decisioni, che in termini di impatto e di consumi hanno maggiore rilevanza.

La flessibilità e la possibilità di utilizzo di questi strumenti in questa fase è limitata in quanto necessitano di elementi e dati perfettamente definiti, inoltre talvolta chi ha il compito di effettuare analisi, simulazioni e computazioni non è coinvolto nella prime fasi decisive del processo decisionale.

I *database* sono strumenti di utilizzo recente e consentono, attraverso la riorganizzazione dei dati uscenti da diversi strumenti di simulazione la formulazione di *query*.

Uno studio su questi strumenti è stato sviluppato da Stravoravdis e Marsh⁵⁶ che hanno proposto l'uso di script per generare e memorizzare grandi quantità di dati di output in un database online facilmente accessibile.

È stato presentato un caso di studio con 280 modelli in cui le analisi dei dati sono effettuate all'interno di un Database MySQL e i risultati delle analisi possono essere esportati in un foglio di calcolo Excel per generare report.

Il *datamining* combina indagine visiva, tecniche di regressione e analisi di incertezza.

Consiste essenzialmente nella combinazione di fonti di dati, la loro selezione e l'estrazione i modelli attraverso tecniche definite dall'utente. In pratica è un processo di continuo affinamento, di inclusione e esclusione di variabili

56. S. Stravoravdis, A. Marsh, (2005), *A proposed method for generating, storing and managing large amounts of modeling data using scripts and on-line databases*. Building Simulation '05, International IBPSA Conference, Montreal, Canada.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

attraverso appositi filtri. Talvolta è possibile associare tecniche evolute di analisi di dati come analisi di correlazione e di regressione.

3.5 Requisiti. Grandezze. Variabili e costanti.

Gli strumenti attualmente disponibili e le dinamiche interne al processo fanno emergere le necessità di strumenti utilizzabili dai diversi attori coinvolti nell'attività di progetto e pensati per essere utilizzati sin dall'inizio del processo.

Le problematiche sono legate alla complessità dei software ma anche la necessità di avere dati di input precisi ed affidabili.

Nella fase di definizione del progetto, di valutazione delle alternative e delle prime ipotesi i dati a disposizione sono pochi e soggetti a continue revisioni, dipendentemente anche dalla tipologia del progetto e ai gradi di libertà ad esso associati.

La disposizione dell'edificio nel lotto, le dimensioni dell'edificio e il suo orientamento, le proporzioni tra superfici e volumi sono elementi che variano continuamente.

Talvolta, viceversa, alcune di queste grandezze possono essere fissate, come la dimensione o l'esposizione, in funzione del lotto e del rispetto di parametri quali distanza da altre costruzioni.

È possibile individuare cioè delle grandezze che possono variare, altre che sono fisse dall'inizio, altre che sono parzialmente operabili, per le quali cioè è possibile stabilire un range massimo di variazione, per esempio piccoli scarti nell'orientamento, nelle dimensioni e così via.

Sarebbe allora necessario poter lavorare, in maniera selettiva, solo sulle grandezze variabili e su quelle parzialmente operabili.

Talvolta possono non essere noti i pattern di occupazione dell'edificio, oppure è necessario considerare un range di possibili modelli di occupazione.

Un altro aspetto appare rilevante da questo punto di vista: è necessario considerare, sino dalle prime fasi del percorso progettuale, che ci sono dei

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

parametri da rispettare perché richiesti dalle normative. Ad esempio i limiti legati alle trasmittanze. Come si è detto nel capitolo I la maggior parte delle normative europee richiede in maniera esplicita la coibentazione dei muri esterni e dei tetti, o più in generale delle chiusure verticali e orizzontali che separano ambienti non climatizzati da ambienti climatizzati.

Questo significa che alcuni elementi dell'edificio su cui si opera hanno campi di variazione limitati dal punto di vista prestazionale, soprattutto per quanto riguarda involucro ed impianti.

L'involucro edilizio deve essere concepito come un sistema dinamico di cui è necessario studiare input, condizioni sul confine (superfici), output e performance⁵⁷.

Gli input sono tutti gli stimoli che agiscono sull'involucro: possono essere indipendenti dall'edificio, condizioni climatiche e ambientali, o dipendenti dall'edificio, cioè da tutto ciò che avviene al suo interno.

L'edificio deve rispondere in maniera adeguata alle condizioni esterne e a quelle interne, ma bisogna notare che talvolta le "condizioni interne", la durata dell'occupazione e il tipo ad esempio, non sono note, o lo sono parzialmente, è allora necessario ipotizzare degli scenari.

I confini del sistema rispondono dinamicamente, come barriera o come filtro, a stimoli di qualsiasi tipo: flussi di calore e energia, umidità, suono e così via, questa risposta si ripercuote poi sulle condizioni interne dell'edificio, modificandone il comfort.

In questo senso gli output sono tutti quei cambiamenti nel sistema dipendenti dal tempo di risposta dell'edificio stesso, dalle condizioni esterne ed interne (impianti di condizionamento compresi).

L'obiettivo primario dell'efficienza deve essere raggiunto in termini di prestazioni complessive dell'edificio, attraverso l'involucro è comunque possibile incidere notevolmente su di essa: l'involucro edilizio compensa infatti i meccanismi di trasferimento di calore, di umidità e di suono tra spazio interno e spazio esterno.

57. C.Bleil de Souza, I. Knight, (2007), *Thermal performance simulation from an architectural design viewpoint*, Building Simulation '07, International IBPSA Conference, Beijing, China.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Bisogna tuttavia, considerare che i soli sistemi passivi non sono sempre sufficientemente affidabili in questo senso, soprattutto considerando il comfort termoigrometrico se riferito a particolari destinazioni d'uso degli edifici.

Sotto questo punto di vista è possibile considerare il comportamento dell'involucro in tre modi:

- Escludente (climate -rejecting envelope behaviour);
- Adatto (climate – adapted envelope behaviour);
- Misto (mixed – mode envelope behaviour).

Tutte le 3 opzioni possono essere "ecologiche" se l'obiettivo è ridurre al minimo l'uso di energia, senza pregiudicare le condizioni di comfort.

Nel primo caso l'involucro è una barriera all'ambiente esterno e le condizioni interne sono regolate meccanicamente. L'attenzione è spostata verso impianti ad alto rendimento, recuperatori di calore e fonti rinnovabili.

Nel secondo caso l'involucro lavora come un filtro e utilizza unicamente le condizioni interne ed esterne per regolare gli aspetti energetici senza impianti aggiuntivi

Nella modalità mista ancora l'involucro filtra e gli impianti sono utilizzati in maniera complementare.

3.6 Flussi come processi: definizione di parametri e operabilità.

L'involucro edilizio rappresenta perciò uno degli elementi fondamentali di cui tenere conto, il suo comportamento è metafora del metabolismo dell'intero edificio, come un organismo che vive *anche* in funzione della sua capacità di regolare gli scambi, i flussi, tra interno ed esterno.

Cristoph Feldtkeller⁵⁸ ha proposto nel 1989 una rappresentazione di questi flussi a cui sono associati processi (figura 5).

È pensabile che questi flussi possano essere riconfigurati attraverso un'analisi estesa all'intero edificio, differenziandoli per tipo di chiusura, di struttura, di

58. C. Feldtkeller, (1989), *Die architektonische Raum: eine Fiktion*,

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

1. Isolamento termico
2. Accumulo termico
3. Riflessione dei guadagni termici interni
4. Trasparenza alla luce naturale diffusa
5. Trasparenza alla luce del sole diretta
6. Trasparenza all'irraggiamento UV
7. Trasparenza all'irraggiamento da microonde
8. Riflessione e assorbimento della luce
9. Collegamento visuale
10. Possibilità di passaggio
11. Difesa dall'intrusione
12. Ricambio d'aria
13. Difesa dall'inquinamento atmosferico
14. Difesa dal vento
15. Difesa dalle precipitazioni atmosferiche
16. Regolazione dell'umidità e del vapore
17. Isolamento acustico
18. Riflessione e assorbimento del rumore
19. Resistenza meccanica
20. Resistenza al fuoco

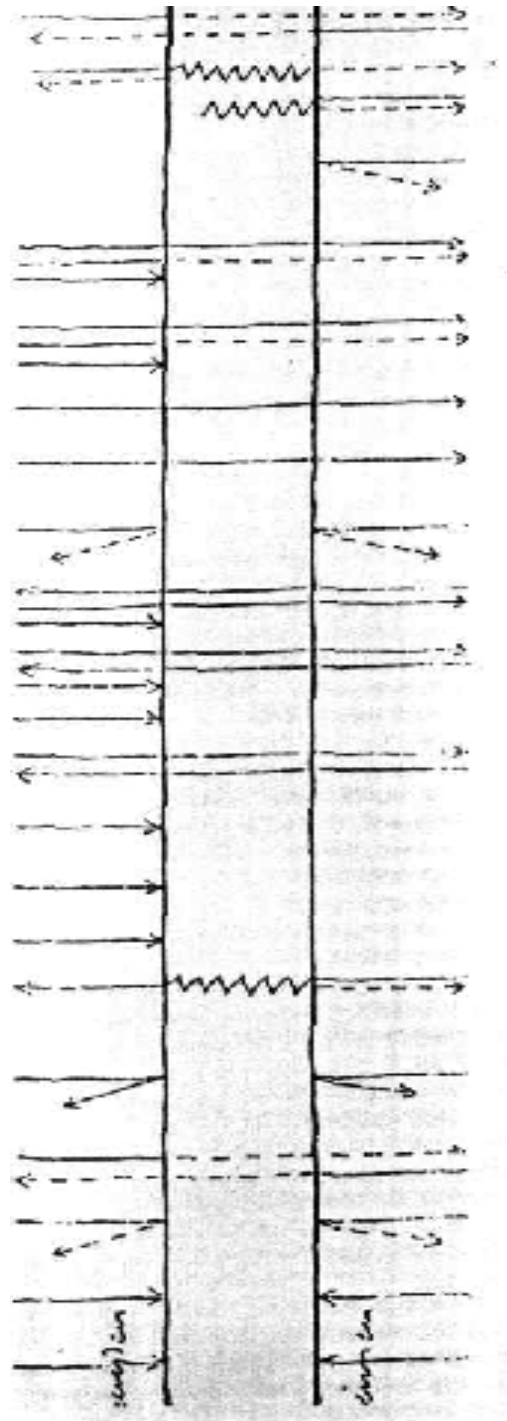


Figura 5 - Rappresentazione di flussi e processi attraverso l'involucro edilizio

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

tecnologia e in funzioni delle prestazioni- parametri, necessari in un certo contesto climatico.

La costruzione dello spazio come classicamente concepito dalla progettazione architettonica, una delimitazione interna di uno spazio interno, dove il rapporto con l'esterno è sempre mediato, e comunque visivo, attraverso bucaure, trova in questo senso un'estensione.

Tutte le chiusure e non solo le finestre entrano in relazione con il progetto dello spazio, sia interno che esterno: progettare o realizzare un'opera significa intervenire su un ambiente e riconfigurarlo, trasformarlo, le relazioni tra edificio e contesto non sono solo visive, o di trasformazione fisica, ma ad essa concorrono tutti quei flussi, visibili o no, di cui il progetto deve farsi carico progettandoli.

L'operabilità dei flussi supera la dimensione tecnologica del progetto ed entra nella sostanza della qualità spaziale concorrendo a superare la definizione di tipologia come relazione tra le parti dell'ambiente costruito verso l'identificazione di tipo attraverso le relazioni tra interno ed esterno.

Progettare questi flussi significa allora progettare le tecnologie dell'involucro in tutti i loro aspetti, e definire caratteri, requisiti e necessità degli spazi interni ed esterni.

È possibile definire associazioni di strati per soddisfare differenti requisiti, ottenibili sia attraverso nuove associazioni, sia attraverso la completa separazione dei layers, utilizzabili in maniera differenziale e in funzione di requisiti differenti, quali tipo di occupazione degli spazi, requisiti e necessità termo igrometriche, risposta a condizioni termiche esterne.

Una delle necessità della progettazione sostenibile è il controllo di una serie di parametri in modo tale che siano sempre all'interno o il più vicino possibile alla zona di comfort.

Su questo incidono infatti molteplici aspetti, quali ad esempio la forma dal paesaggio, le proporzioni e la forma dell'edificio che si intende costruire, l'involucro, i materiali che si usano e così via.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Come detto la progettazione non è un processo lineare, infatti molti, o quasi tutti i parametri sono strettamente interconnessi e interattivi. Spesso hanno bisogno di essere considerati contemporaneamente e in modo ciclico. Qualsiasi processo di progettazione deve, quindi essere flessibile e dinamico. Il clima stesso può essere assunto come parametro di progettazione rispetto al quale gli elementi progettuali mostrano differenti risposte.

Gli elementi sono esterni, relativi alle modalità costruttive ed interni:

- Topografia e orientamento
- Tipo di vegetazione e pattern vegetazionali
- Corpi idrici
- Larghezza delle strade e orientamento
- Spazi aperti e spazi costruiti
- Caratteristiche del terreno
- Andamento planimetrico e volumetrico dell'edificio
- Rapporto superficie / volume dell'edificio
- Forma della copertura
- Disposizione delle finestre
- Orientamento delle finestre
- Schermature delle finestre
- Colore dell'involucro e texture
- Materiali della copertura
- Muri
- Partizioni interne e layout interno
- Materiali interni
- Finiture interne

Elementi esterni – parametri: *movimento dell'aria, velocità dell'aria, radiazione solare diretta e diffusa, umidità relativa, ombreggiamento e irraggiamento.*

L'andamento del terreno incide sulla velocità dell'aria e sulla temperatura, in prossimità di depressioni tende a raccogliersi aria più fresca mentre sui lati in pendenza aumenta la velocità in funzione dell'andamento dei venti e dalla pressione atmosferica, raggiungendo il massimo della velocità sulle cime. L'aria fredda è più pesante e tende a scendere, quella calda leggera tende a salire, inoltre i movimenti dell'aria, sulla macroscale, avvengono da zone alta pressione

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

a zone a bassa pressione. La radiazione solare incide scaldando l'aria e determinando motti di aria più intensi nelle zone esposte a sud.

L'aria scambia continuamente calore col terreno modificando la sua temperatura. Nei terreni aridi si hanno temperature alte a fronte di basse umidità, la situazione si inverte nei terreni umidi. Nei terreni spogli si hanno escursioni termiche maggiori rispetto a quanto succede nei terreni erbosi dove processi di evaporazione abbassano le temperature. L'effetto albedo (quota della radiazione solare diretta e diffusa che viene riflessa dal terreno e dagli oggetti circostanti) varia al variare di suolo e vegetazione, il massimo valore è quello della neve (0,7), quello minimo per le strade in terra (0,01).

Su questi parametri incidono notevolmente i corpi idrici, essi assorbono grandi quantità di radiazione durante il giorno e la rilasciano durante la notte, la temperatura dell'aria tende quindi ad abbassarsi durante il giorno mentre aumenta durante la notte per il calore ceduto. In prossimità di pendii questo determina moti ascensionali durante la notte e viceversa, discendenti durante il giorno. Inoltre l'acqua possiede capacità termica molto elevata, e perciò una capacità molto elevata di incidere sulla temperatura dell'aria stagionalmente, innalzandola nella stagione invernale ed abbassandola nella stagione estiva, e aumentandone il tenore di umidità.

La vegetazione e gli alberi producono ombra e riducono i guadagni di calore, assorbendo le radiazioni attraverso il processo della fotosintesi, inoltre aumentano o diminuiscono la velocità dell'aria e ne dirigono il flusso se accuratamente disposti, infatti nel lato sottovento si forma una zona di bassa pressione che tende a richiamare l'aria. L'ombreggiamento, a seconda delle stagioni, assume valenze positive o negative. Durante la stagione calda può impedire l'esposizione diretta delle abitazioni e degli impianti e contribuire al comfort, d'inverno per lo stesso motivo può essere un elemento di fastidio, per questo motivo sono da privilegiare alberi a foglia caduca.

Vanno accuratamente studiate le ombre proiettate dall'alberatura sugli edifici durante la giornata e nell'intero arco dell'anno.

In opposizione ai venti freddi dominanti possono essere utilizzate barriere frangivento. La barriera, che può avere caratteristiche diverse sia in relazione al contesto sia in relazione alla sua composizione, determina variazioni

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

sull'andamento delle correnti, piccole turbolenze e zone di calma nelle zone prossime al suolo.

L'ambiente urbano o in generale gli spazi costruiti tendono a modificare direzione e intensità dell'aria in maniera più intensa di quanto accade con la vegetazione. Alcuni studi⁵⁹ hanno dimostrato che durante l'estate nelle zone urbane dense la temperatura dell'aria può aumentare, rispetto alle aree periferiche meno compatte, anche di 6 gradi, inoltre sono presenti fenomeni legati alle sezioni delle strade e alle altezze degli edifici, che incanalano venti e proiettano ombre.

Aspetti costruttivi – parametri: *movimento dell'aria, velocità dell'aria, radiazione solare diretta e diffusa, umidità relativa, ombreggiamento e irraggiamento*

Come detto, gli ostacoli fisici nel percorso del flusso dell'aria creano differenze di pressione. L'aria tende a fluire da zone di alta pressione verso zone a bassa pressione, il loro collegamento, in pianta e in alzato crea un' efficace ventilazione naturale.

Le superfici esposte sono un fattore cruciale nei guadagni e nelle perdite radiative, ma è necessario rapportarle al volume racchiuso.

Aumentando la compattezza, cioè diminuendo il rapporto S/V, diminuiscono le superfici disperdenti e perciò gli scambi e le perdite di calore.

Nei climi caldi e nei climi freddi si dovrebbero privilegiare forme compatte. Nei climi caldo-umidi l'importanza del rapporto S/V va studiata in relazione alla necessità di avere forme che tendano a massimizzare la ventilazione degli spazi interni.

Un elemento che incide fortemente su questo aspetto è la disposizione in pianta delle aperture e l'utilizzo di schermi e aggetti di protezione.

In un edificio inserito in una corrente d'aria, nella parte in sopravvento si crea una zona di alta pressione mentre sui lati adiacenti si forma una zona di bassa pressione. Nel lato sottovento si produce un' ombra di vento con una pressione bassa che richiama aria dal lato sopravvento, ad una distanza dalla parete pari a

59. M. Santamouris, (2005), *Passive cooling of buildings*, Advances of Solar Energy, ISES, James and James Science Publishers, London

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

due volta e mezzo l'altezza dell'edificio l'aria è in quiete, da questa zona l'aria fluisce sia verso la zona sottovento che in direzione opposta, in allontanamento dall'edificio dove ad una distanza pari a sette volte l'altezza ha riacquisito la sua velocità iniziale. Su questi movimenti influisce notevolmente la presenza di ostacoli di qualsiasi tipo, la geometria dell'edificio e delle finestre.

I sistemi di ventilazione naturale da vento sono principalmente due: ventilazione a lato singolo e ventilazione passante.

La ventilazione a lato singolo è il ricambio d'aria in un vano in cui ci sono una o più finestre sulla parete esterna. La quantità di aria ricambiata è funzione delle variazioni di direzione e di intensità del vento stesso, e generalmente è molto ridotta.

Nella ventilazione passante le finestre sono poste su pareti diverse (opposte o adiacenti) ma alla stessa altezza sul piano del pavimento.

In questo caso la quantità d'aria ricambiata dipenderà oltre che dalla geometria delle finestre, dalla loro disposizione (è preferibile utilizzare i lati sottovento e sopravvento), dall'angolo di incidenza del vento (meglio non oltre i trenta gradi dalla perpendicolare), dalla dimensione dei vani, dal loro rapporto profondità – altezza, dalla presenza di ostacoli all'interno dell'edificio che diminuiscono la portata del vento.

Le superfici vetrate possono essere causa importante di guadagno di calore, in tal senso l'utilizzo di aggetti e schermature, anche piantumazioni, in funzione dell'azimut e dell'altezza del sole, permette il controllo del calore radiante, considerando che modificare la superficie delle finestre modifica la velocità e la pressione dell'aria.

Si è già detto sull'importanza dell'involucro e sulle sue caratteristiche che saranno oggetto di un'analisi più approfondita nel capitolo seguente, ma è possibile fare alcune considerazioni generali sui materiali.

Ogni materiale ha caratteristiche specifiche legate allo scambio di calore: la massa termica, cioè il prodotto tra massa e calore specifico, e la sua conducibilità termica. Il calore specifico e la conducibilità sono proprietà del materiale, la massa termica dipende dalla quantità di materiale.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La massa termica è un indicatore della capacità di immagazzinare il calore di un materiale. Il flusso di calore che attraversa i materiali è determinata dalla conduttanza e dalla resistenza del materiale. Per conoscere il flusso di calore da superficie esterna a superficie interna è necessario prendere in considerazione non solo la resistenza del materiale, ma anche quella del film d'aria sulla superficie del materiale, e calcolare così la trasmittanza U.

Quando flussi di calore attraverso un materiale una certa quantità di calore viene assorbita dal materiale. Il flusso di calore non è istantaneo, ma dipende da U e attraverso questa dallo spessore del materiale. Pertanto, per qualsiasi materiale, o combinazione di materiali, aventi un certo spessore, c'è una certa quantità di tempo di latenza prima che il calore venga trasmesso.

Perciò, una parte del calore viene assorbito, e una parte trasmesso. Questo porta ad altre due importanti proprietà dei materiali, il ritardo di tempo e il fattore di decremento. Il ritardo è la differenza di tempo tra i picchi di temperatura interna ed esterna, il fattore di decremento è il rapporto tra i due.

Il comportamento termico di un edificio e perciò il comfort al suo interno dipendono in larga parte dalle modalità in cui esso è capace di mediare le condizioni esterne attraverso le scelte che vengono effettuate in fase progettuale nella definizione e nell'organizzazione degli spazi interni, e perciò nelle scelte costruttive.

In quest'ottica assume importanza rilevante la scelta delle modalità di isolamento.

In generale le strade percorribili sono due:

- l'applicazione di uno strato isolante esterno, in modo da tenere la massa del muro e dei solai all'interno dello spazio climatizzato;
- l'inserimento di uno strato isolante interno, in modo da escludere la massa muraria dallo spazio climatizzato.

Queste due alternative sono efficacemente descritte in letteratura come “strategia dell'elefante” e “strategia della farfalla”⁶⁰.

60. Aa.Vv., (1996), *Environmental desig: an introduction for architects and engineers*, E & FN Spon, London.

La prima soluzione, che sfrutta a suo favore la pesantezza di una struttura massiccia, comporta una climatizzazione più lenta dell'edificio perché si deve riscaldare o raffreddare anche il materiale con cui sono costruite le murature, ma permette di sfruttare l'inerzia termica della struttura portante e perciò consente un costante mantenimento della temperatura, senza sbalzi, e un lento ritorno alla temperatura esterna. È una soluzione opportuna per case abitate con continuità durante l'arco della giornata, ad esempio nel caso si svolga lavoro a casa, o nel gruppo familiare siano presenti anziani o bambini. L'impianto di climatizzazione deve sfruttare il comportamento dell'edificio intervenendo direttamente sulla struttura, come ad esempio gli impianti a pavimento, che possono anche contribuire all'eliminazione del calore estivo.

La seconda soluzione invece, escludendo la massa della struttura dallo spazio climatizzato, permette una veloce climatizzazione degli ambienti. Questo sistema appare più adatto ad edifici con un'occupazione saltuaria o delimitata ad alcune ore nell'arco della giornata, come alcuni uffici, abitazioni usate raramente o solo nelle ore notturne, edifici destinati all'ospitalità.

Nei climi caldi, ed in quegli edifici che tendono comunque al surriscaldamento (soprattutto gli edifici per uffici anche nel nord Europa tendono ad essere surriscaldati, anche a causa dei notevoli spessori di isolante richiesti dalle norme tecniche

I benefici che si possono avere dall'utilizzo dell'isolante esterno possono essere massimizzati attraverso la realizzazione di pareti ventilate⁶¹.

In questa tecnica viene accoppiato all'isolante un rivestimento distanziato da un'intercapedine ventilata in cui l'aria si muove dal basso verso l'alto per effetto camino.

Questo sistema somma ai benefici del cappotto esterno ulteriori benefici:

- Isolamento uniforme dell'edificio ed eliminazione dei ponti termici anche nei punti più critici, come in corrispondenza dei solai, dove il minore isolamento determina maggiori trasmissioni di calore.

61. S.J. Irving, Q. Babcock, (2001), *Novel HVAC Strategies for Well-Insulated Airtight Buildings* Oscar Faber Group Ltd.

- Eliminazione della formazione di condensa sulla facciata interna della parete in corrispondenza del ponte termico.
- Eliminazione del vapore acqueo prodotto all'interno dell'edificio senza ostacoli e barriere;
- Minore spessore della parete non essendo necessaria la controparete di tamponamento interna;
- Minori costi di gestione per gli impianti di climatizzazione, grazie alle minori dispersioni;
- Scelta del tipo e dello spessore dell'isolante termico in funzione delle condizioni ambientali dell'edificio;
- Miglioramento dell'abbattimento acustico in conseguenza della costruzione a strati della facciata ventilata ed all'utilizzo di materiali fonoassorbenti;

La stessa modalità tecnologica viene utilizzata nella realizzazione delle coperture. Il tetto è l'elemento che in una abitazione è maggiormente esposto alle condizioni climatiche e che assorbe o disperde maggiormente calore. Secondo alcune misurazioni le coperture contribuiscono al guadagno termico estivo per il 65%, contro il 29% delle finestre e il 6% delle murature⁶². Ai fini del risparmio energetico la soluzione costruttiva più indicata è quella chiamata "tetto freddo", che prevede la presenza sia dello strato isolante sia dell'intercapedine ventilata (norma UNI 9460:1989). Lo strato isolante evita nel periodo invernale la fuoriuscita del calore prodotto all'interno.

L'intercapedine ventilata, producendo al suo interno moti convettivi verso l'alto dovuti all'espansione dell'aria riscaldata, permette l'allontanamento del calore estivo prima che questo raggiunga la struttura. L'uso dello strato di ventilazione è una valida alternativa alla soluzione tradizionale di lasciare l'intero spazio sottotetto libero e ventilato e permette lo sfruttamento dei sottotetti smorzando le alte temperature che in genere si producono d'estate. Le dimensioni dell'intercapedine dipendono dal tipo di copertura, dalla lunghezza della falda, dalla sua pendenza e dal tipo di intercapedine (sottotegola o separata), dalle sezioni di ingresso (sotto gronda) e di uscita (al colmo), nonché dalle condizioni

62. M. D'Orazio, (2000), *Risultanze di un'indagine sperimentale in funzione del risparmio energetico nei tetti ventilati* Modulo, n. 265.

ambientali esterne (vento, irraggiamento solare, ecc.). Considerando le caratteristiche delle falde più frequenti nell'edilizia locale, cioè una pendenza del 30-35% e lunghezza fino a 6-7 m, la maggiore efficacia dell'intercapedine nella riduzione del flusso termico estivo si ha quando la sezione è maggiore o uguale a 550 cmq netti per ogni metro di larghezza della falda. In pratica si può considerare che uno spessore di 6-7 cm permetta la massima efficacia dell'intercapedine.

L'intercapedine non deve essere interrotta da orditure trasversali o altri elementi che impediscano l'ascensione del flusso d'aria calda. Per il funzionamento corretto della ventilazione è anche necessaria un'adeguata sezione di ingresso dell'aria in corrispondenza della linea di gronda e di uscita in corrispondenza del colmo.

Eventuali lucernari e abbaini possono modificare in maniera sensibile lo scambio di calore tra il volume sottotetto e l'esterno. Prima di aprire un lucernario bisogna perciò valutare se il guadagno in illuminazione non possa essere severamente compromesso da una maggiore spesa nella climatizzazione.

Altri elementi che incidono sulle prestazioni termiche dell'involucro sono le finiture delle superfici, la texture, il colore.

Il colore della superficie incide sulla riflessione e sulla quantità di calore assorbito. Una superficie ruvida strutturata aumenta la superficie ombreggiata ma aumenta anche il re – irraggiamento. Una superficie piatta permette una maggiore trasmissione di calore e una maggiore riflessione.

Colori chiari sono maggiormente riflettenti rispetto a colori scuri: In climi caldi i colori della superficie deve essere chiari, le texture ruvide, per avere maggiore riflessione, ombreggiatura e re irraggiamento. All'opposto nei climi freddi.

Aspetti interni – parametri: movimento dell'aria, velocità dell'aria, radiazione solare diretta, umidità relativa, guadagni di calore, riscaldamento, raffrescamento, illuminazione naturale.

La composizione degli spazi interni, le dimensioni, i materiali utilizzati e lo stesso arredamento possono incidere fortemente sull'andamento delle temperature

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

interne e sul comfort, in funzione della loro capacità termica assorbono e cedono calore. L'utilizzo di materiali ad elevata inerzia è utile nei climi caldi, essi assorbono calore durante il giorno e lo riemettono durante le ore più fresche quando può essere allontanato attraverso la ventilazione, in funzione della disposizione delle aperture.

Queste in inverno possono causare la perdita di energia verso l'esterno per conduzione (attraverso l'intera finestra), per convezione (attraverso i collegamenti tra il muro e infisso) e irraggiamento (attraverso il vetro).

In estate avvengono con le stesse modalità flussi di energia dall'esterno verso l'interno

Le prestazioni termiche di una finestra dipendono in gran parte dal materiale impiegato e perciò dalle sue proprietà. È possibile suddividere i diversi materiali dei vetri in base a:

- Trasparenza (totalmente trasparente o opaco selettivamente ai vari tipi di radiazioni e lunghezze d'onda);
- Materiale (vetro, policarbonato, vetroresina, ecc)
- Sezione (numero di layers a presenza di gas tra essi)

Il vetro ha tre caratteristiche che definiscono il suo funzionamento:

- Riflettività (R coefficiente di riflettività);
- Trasmissività (T coefficiente di trasmissività);
- Assorbitività (A coefficiente di assorbività).

Vale sempre $R + T + A = 1$

Cambiando gli angoli di incidenza della luce sul vetro cambiano i rapporti tra i coefficienti. La radiazione assorbita dal vetro ne aumenta la temperatura propria e viene re - irraggiata. Il coefficiente di trasmissività esprime la capacità del materiale di emettere tali radiazioni.

I vetri normali, dello spessore di 3 – 5 mm permettono un'alta percentuale di penetrazione della luce visibile (88-90%) e la penetrazione di una gran parte della radiazione solare (77-86%)

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

I doppi vetri con più di 2,5 cm di camera d'aria riducono il calore trasferito per conduzione e per irraggiamento. I tripli vetri hanno un coefficiente di conduttanza che è circa il 20% inferiore a quello dei doppi vetri, ma i risparmi di energia sono relativamente piccoli rispetto ai costi elevati.

Abitualmente per il riscaldamento invernale e il condizionamento estivo degli edifici si utilizzano sistemi meccanici, nei quali un fluido riscaldato o refrigerato viene fatto forzatamente circolare in condotti di distribuzione fino a corpi radianti o emissivi.

Un approccio di questo tipo può essere definito conservativo: l'involucro dell'edificio è un elemento passivo di isolamento avente la sola funzione di isolamento e protezione degli ambienti interni dall'esterno; il raggiungimento del comfort termico è affidato solo al funzionamento dell'impianto. Le finestre dovrebbero essere perciò permanentemente chiuse e sigillate, ostacolando la possibilità di garantire il necessario tasso di ricambio d'aria che garantisca un'accettabile qualità dell'aria.

In tali condizioni, un minimo guasto agli impianti o anche solo l'interruzione dell'energia elettrica, può provocare in tempi relativamente brevi l'inabitabilità temporanea degli edifici. Pochissima o nessuna attenzione è prestata al carattere specifico ed alle oscillazioni climatiche locali, né alla conformazione geometrica ed all'orientamento dell'edificio, alla corretta posizione e dimensione delle pareti esterne trasparenti e opache, alla distribuzione degli ambienti interni.

I sistemi di riscaldamento solare passivo possono essere di tre tipi: sistemi diretti, indiretti e isolati.

Il sistema a guadagno diretto è quello più semplice, l'edificio è ben isolato e raccoglie il massimo della radiazione solare attraverso ampie finestre rivolte verso il sud: durante l'inverno viene raccolta la maggior quantità possibile di radiazione solare, mentre durante l'estate è necessario controllare la radiazione incidente attraverso schermature. La massa termica dell'edificio funge da volano accumulando il calore durante il giorno e rimettendolo nelle ore notturne.

Nei sistemi a guadagno indiretto la raccolta della radiazione solare è mediata attraverso l'interposizione tra finestre e ambienti da elementi di elevata inerzia termica che raccolgono e distribuiscono il calore. Appartengono a questi sistemi

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

il muro di Trombe, il muro d'acqua ecc. Questi sistemi sono normalmente integrati da apparecchi meccanici per la regolazione dei trasferimenti di calore.

Infine, nei sistemi a guadagno isolato, il collettore solare, cioè l'elemento che capta la radiazione diretta, è isolato dagli ambienti dell'edificio e lo scambio di calore avviene per convezione ed irraggiamento. I sistemi più noti di questo tipo sono quelli a termosifone, il Barra – Costantini e la serra solare.

Il raffrescamento passivo può essere realizzato principalmente in quattro diversi modi:

- per irraggiamento notturno: esponendo la massa termica del tetto durante la notte e isolandola dall'esterno durante il giorno al fine di accumulare il calore interno e per ottenere un raffrescamento convettivo o radiativo;
- raffrescamento evaporativo: aumentando il tenore di umidità in ambienti caldo - umidi diminuisce la temperatura al bulbo secco. Si ottiene ad esempio realizzando fontane o specchi d'acqua in spazi interni dell'edificio;
- ventilazione indotta: si sfrutta il fatto che l'aria calda riscaldata tenda a salire e a creare delle zone in depressione richiamando altra aria;
- edificazione interrata: in questo caso si sfrutta il fatto che la temperatura del terreno sia costante (al variare delle latitudini).

Un elemento che accomuna sia i sistemi di riscaldamento che quelli di raffrescamento è la ventilazione, cioè la circolazione di aria sia calda che fresca.

La ventilazione può essere attivata, come detto, per gradienti di pressione generati da differenze di temperature, ma talvolta può essere necessario utilizzare dei sistemi meccanici quali semplici ventilatori.

Un ulteriore risparmio energetico si può ottenere centralizzando anche la ripresa dell'aria in modo da poter condurre l'aria esterna in un'unità per il recupero di calore che consente di trasferire nell'aria esterna di ventilazione immessa negli ambienti l'energia contenuta nell'aria che viene estratta dall'edificio. L'unità di recupero del calore fa fluire l'aria esterna e quella interna in sottili camere, separate da sottili lastre in materiale conduttore. In questo modo l'aria interna cede il calore all'aria esterna prima di essere espulsa.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

3.7 Simulazioni: applicazioni

Alcuni degli aspetti prima descritti è stato oggetto di simulazione con il software ESP-r all'interno di una ricerca condotta dal Dipartimento di Architettura e Pianificazione della Facoltà di Architettura dell'Università di Sassari e dal Comune di Osilo (SS) sull'applicazione di metodi di risparmio energetico in edilizia⁶³.

La ricerca ha riguardato uno studio approfondito su un edificio esistente attualmente destinato a museo, e un progetto pilota.

Per verificare i benefici derivante dalla compattezza dei tessuti urbani sono state realizzate misure sui parametri fisici rilevanti e sviluppate delle simulazioni che hanno assunto tali parametri. È stato costruito un modello in cui, a parità di condizioni al contorno (clima, materiali ecc.) sono state valutate le temperature confrontando casa isolata con casa inserita in una schiera compatta nei periodi di analisi sulle giornate più fredde e più calde dell'anno (figura 6).

Durante la stagione fredda le temperature interne della casa isolata (figura 2) risultano inferiori, anche di 4 gradi, rispetto a quelle della casa a schiera (figura 3). In quella calda la casa isolata appare ugualmente svantaggiata, con scostamenti delle temperature interne nell'ordine di 3-4 gradi (figure 4 e 5) che avvengono nelle zone denominate "bedroom 1 e 2", site al primo piano del modello. Nella casa inserita nella schiera invece le temperature di queste due zone, in estate, si mantengono intorno ai 23 gradi, in un range accettabile.

Le simulazioni hanno permesso di valutare positivamente da un punto di vista quantitativo, i benefici apportati dalla compattezza sulle temperature interne e indirettamente sui consumi energetici. La casa inserita nella schiera risente, in effetti, della minore dispersione e del maggiore isolamento dall'ambiente esterno.

63. F. Spanedda, (a cura di) (2007), *Energia e insediamento. Una ricerca interdisciplinare per l'applicazione di principi di efficienza energetica nei centri storici*, Franco Angeli

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

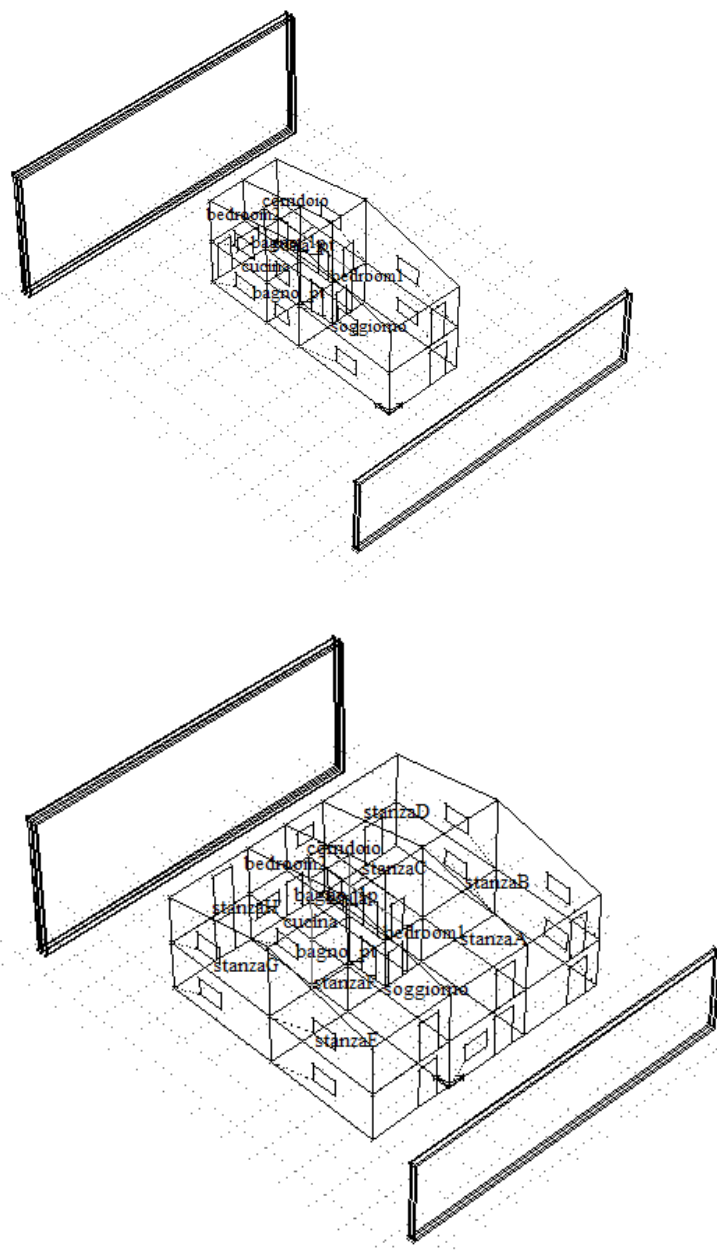


Figura 6 – Implementazione del modello di un edificio isolato e di uno a schiera con ostruzioni

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Lib: simulazione1.res: Results for simulazione1
 Period: Mon 31 Jan @00h30 to: Tue 1 Feb @23h30 Year:2005 : sim@ 60m, output@ 60m
 Zones: soggiorno cucina bedroom1 bedroom2

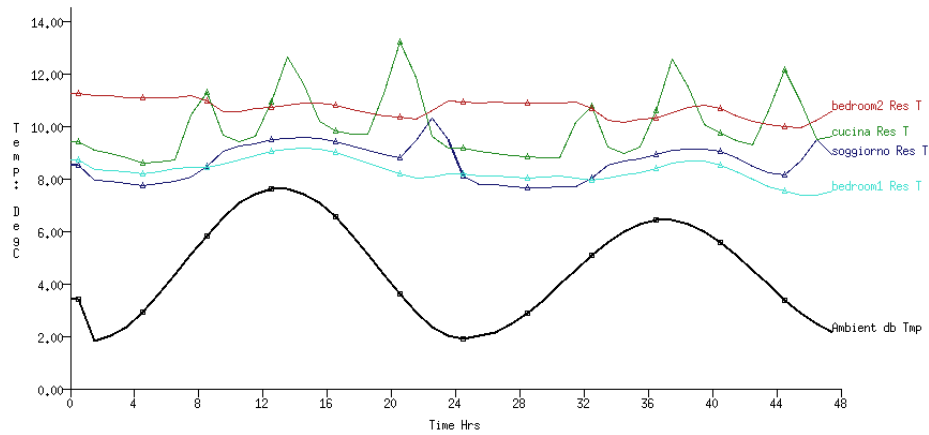


Figura 7 - Temperature interne invernali di una casa isolata costruita con materiali tradizionali

Lib: simulazione1.res: Results for simulazione2
 Period: Sun 30 Jan @00h30 to: Tue 1 Feb @23h30 Year:2005 : sim@ 60m, output@ 60m
 Zones: soggiorno cucina bedroom1 bedroom2

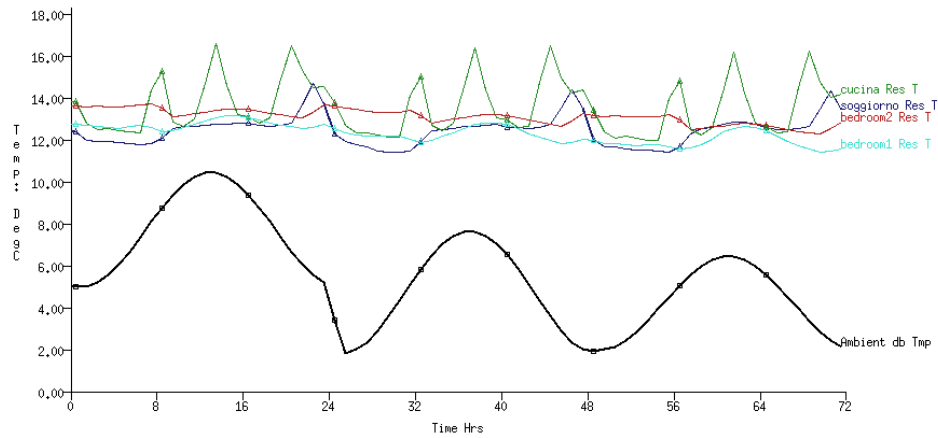


Figura 8 - Temperature interne invernali di una casa a schiera costruita con materiali tradizionali

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

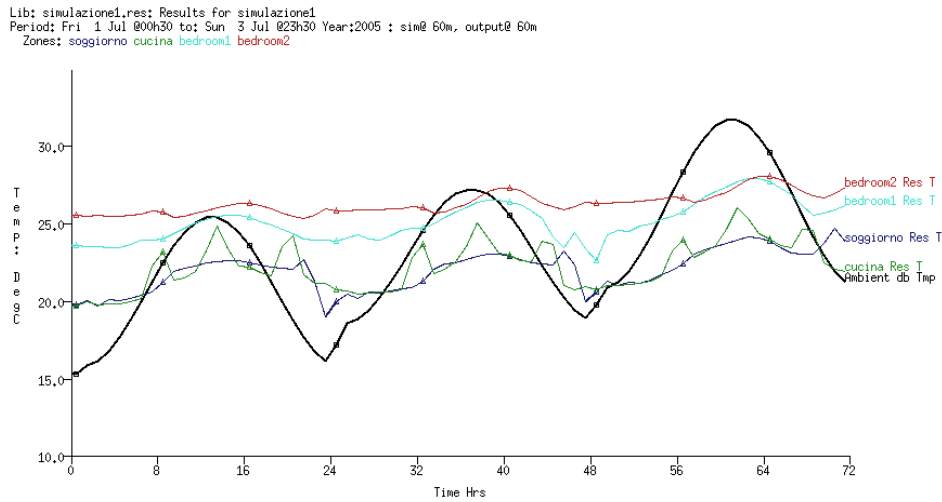


Figura 9 - Temperature interne estive di una casa isolata costruita con materiali tradizionali

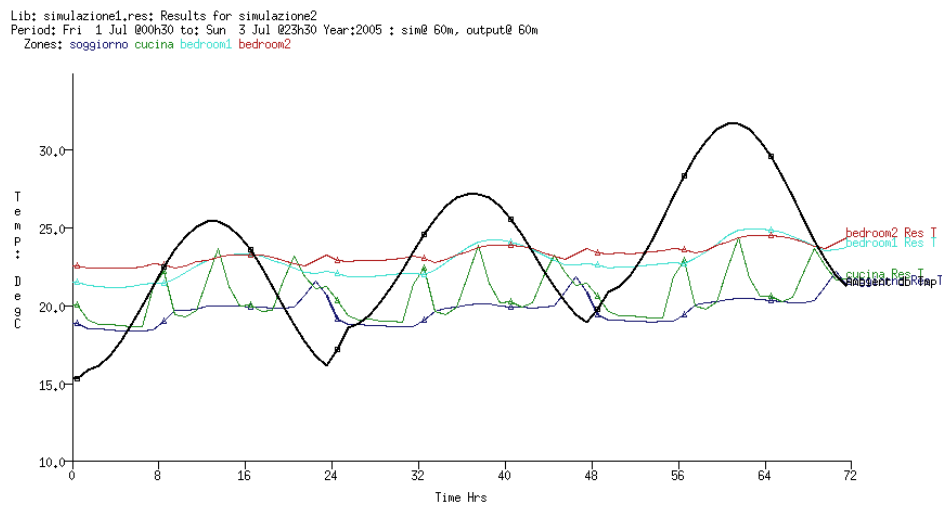


Figura 10 - Temperature interne estive di una casa a schiera costruita con materiali tradizionali

Un altro aspetto che è stato oggetto di analisi e simulazione è legato all'isolamento dell'involucro.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Sono state valutate il migliore posizionamento dell'isolante (internamente o esternamente) e i benefici ottenibili in termini di comfort e di temperature ottenibili al variare degli spessori della coibentazione.

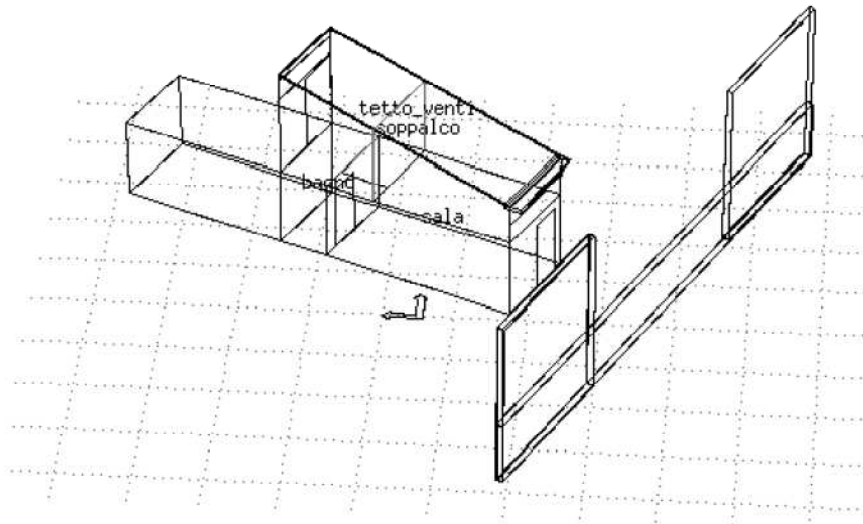


Figura 11 - Implementazione del modello dell'edificio e delle ostruzioni

Si tratta di un progetto pilota sviluppato all'interno della ricerca di cui detto, un piccolo edificio sottoposto a ristrutturazione.

L'edificio ha sezione trapezia irregolare, larga in media 2,70 metri e lunga circa 7,30 metri, alta dai 3 ai 5 metri (figura 7).

La struttura muraria è in basalto con cantonali in calcare, il tetto è in travi di legno e tavelle in laterizio, coperto con coppi.

Le facciate su strada e verso il giardino in pendenza sono libere, mentre i lati lunghi sono a contatto con un edificio a due piani (verso est) e un edificio ad un solo piano (verso ovest).

Il dislivello tra la via che da l'accesso principale e il lato opposto è di circa 7 metri, perciò il giardino ha forte pendenza e la parete con l'accesso principale è alta tre metri, mentre la parete verso il giardino 5 metri.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La grande massa di terra sulla facciata sul giardino e la presenza degli edifici vicini riduce di molto la possibilità di scambio termico dell'edificio con l'esterno: questo scambio avviene soprattutto attraverso il tetto, ed in minore misura attraverso la facciata sulla strada.

Oltre che dai due edifici ai lati lo spazio circostante è caratterizzato da abitazioni ad un piano sull'altro lato della strada verso sud e da un vuoto esattamente di fronte all'edificio, che è aperto all'insolazione, limitata solo dalla casa a due piani sul lato est (figura 8).

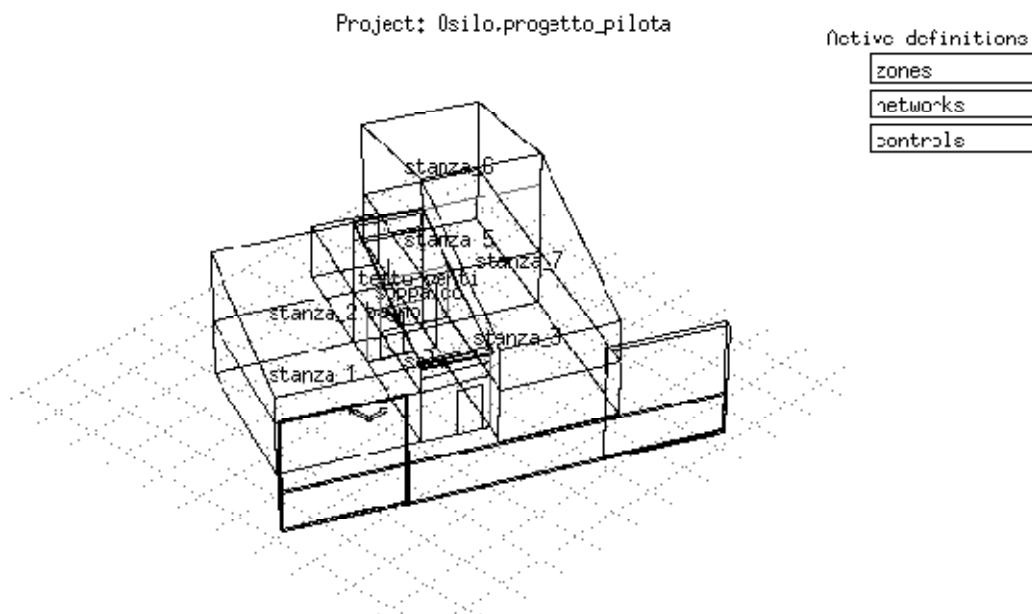


Figura 12 - Implementazione del modello dell'edificio: zone, ostruzioni e altri edifici

La configurazione urbana e la compattezza permettono scambi di calore limitati se non attraverso la copertura, inoltre l'edificio riceve sufficiente calore e luce. I muri in basalto hanno elevata inerzia. La destinazione d'uso prevista per l'edificio, cellula di un albergo diffuso richiede però risposte termiche, al riscaldamento e al raffrescamento, rapide, non compatibili con l'elevata massa termiche di queste strutture. L'edificio è stato isolato dall'interno con uno strato di materiale isolante ad alta densità (EPS). Un altro problema, legato all'assenza di finestre che non consentono il rispetto dei parametri minimi di illuminamento

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

per questa destinazione d'uso e rendono problematica la ventilazione naturale è stato superato attraverso l'apertura di finestre a nastro nei lati corti. La particolare sezione dell'edificio rende possibile la realizzazione sia della ventilazione a lato singolo sia della ventilazione passante.

Il riscaldamento invernale avviene per mezzo di una piccola stufa alimentata a legna, infatti viste dimensioni, caratteristiche strutturali e tipo di isolamento si è preferito escludere sistemi diversi quali riscaldamento a pavimento o a parete.

Durante la stagione calda per evitare l'ingresso del carico termico nello spazio interno ed il surriscaldamento della struttura portante le aperture sul lato sud sono state schermate ed è stata realizzato un tetto ventilato.

Sono state condotte simulazioni, tra l'altro, per decidere la struttura della copertura: infatti la necessità di isolare la struttura dall'interno ha portato a rinunciare all'inerzia termica delle pareti, è stata valutata la possibilità di inserire nel tetto, in diverse posizioni e con diversi strati, del calcestruzzo, al fine di riuscire a sfruttarne l'inerzia.

Sono state condotte le seguenti simulazioni:

Assenza del tavolato in legno e

- spessore cls variabile da 6 a 10 cm;
- spessore isolante di 9 cm;

Tavolato in legno dello spessore di 3 centimetri e variazione della posizione

del cls (5 cm) e dell'EPS (6 cm);

Tavolato in legno di tre centimetri, spessore del cls variabile da 5 a 10 cm, spessore dell'EPS pari a 6 cm.

I risultati sono riportati, nell'ordine, nelle tabelle.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

	Spessore cls	6	7	8	9	10
Soppalco	T max	31.05	30.89	30.77	30.69	30.57
	T min	23.95	24	23.84	24.02	23.88
	T med	27.15	27.15	27.09	27.14	27.09
Bagno	T max	23.83	23.85	23.86	23.88	23.82
	T min	21,58	21.55	21.75	21.54	21.75
	T med	22.69	22.67	22.71	22.71	22.72
Sala	T max	26.05	26.08	26.16	26.1	26.14
	T min	22.1	22.05	22.21	22.07	22.25
	T med	24.02	24	24.05	24.04	24.06

Tabella 2 - Andamento delle temperature risultanti al variare dello spessore di cls nel tetto senza tavolato

Struttura tetto	Tavolato 3cm, cls 5 cm, EPS 6cm	Tavolato 3cm, , EPS 6cm, cls 5 cm	
Soppalco	T max	31.64	31.98
	T min	23.65	23.93
	T med	27.29	27.49
Bagno	T max	23.92	23.87
	T min	21.74	21.73
	T med	22.78	22.78
Sala	T max	26.23	26.16
	T min	22.19	22.24
	T med	24.1	24.13

Tabella 3 - Andamento delle temperature risultanti al variare della posizione del cls e dell'isolato nel tetto

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Spessore cls		0	5	6	7	8	9	10
Soppalco	T max	32.04	31.64	31.62	31.59	31.53	31.49	31.46
	T min	23.76	23.65	23.65	23.63	23.62	23.6	23.56
	T med	27.29	27.29	27.3	27.28	27.27	27.24	27.23
Bagno	T max	23.82	23.92	23.89	23.85	23.88	23.85	23.81
	T min	21.66	21.74	21.75	21.73	21.72	21.66	21.67
	T med	22.7	22.28	22.8	22.77	22.77	22.69	22.72
Sala	T max	26.09	26.23	26.19	26.15	26.18	26.15	26.12
	T min	22.18	22.19	22.19	22.17	22.16	22.13	22.15
	T med	24.05	24.1	24.12	24.09	24.09	24.03	24.05

Tabella 4 - Andamento delle temperature risultanti al variare dello spessore di cls nel tetto con un tavolato di 3 cm

L'utilizzo di una struttura di elevata massa ed inerzia, in questo tipo di tetto e in questo caso, non apporta miglioramenti significativi o almeno tali da giustificare l'investimento.

Il risultato migliore si ottiene nel caso in cui si utilizzino 10 cm di cls e 9 cm di EPS, ma la temperatura massima del soppalco (30,57) è ancora troppo elevata e da luogo a una situazione di non comfort, e comunque a fronte di una diminuzione delle temperature risultanti massime di poco più di mezzo grado (con 5 cm di cls) le temperature minime sono pressoché equivalenti, mentre le temperature medie sono allineate. Lo stesso trend si ha con differenti spessori di materiale isolante, oltre i 6 cm non si ottengono benefici rilevanti.

Le strategie passive considerano l'edificio come un tutto organico con il luogo nel quale esso sorge, con le sue condizioni climatiche e microclimatiche, in generale con tutto ciò che ne costituisce il contesto. L'involucro della costruzione diventa un elemento capace di mediare le condizioni climatiche esterne e di sfruttarle al fine di portare gli ambienti interni al livello di benessere termico: l'edificio nel suo complesso costituisce un sistema passivo attraverso le scelte progettuali che lo caratterizzano: il posizionamento e l'orientamento del fabbricato nel lotto, la distribuzione degli spazi interni, i materiali, la forma e la posizione delle superfici vetrate e delle murature, il tipo di copertura; e, ancora, la forma e la disposizione degli spazi esterni, le pavimentazioni e le zone a verde, le alberature, eventuali specchi d'acqua. Attraverso queste strategie è possibile realizzare costruzioni che

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

siano in grado di sfruttare il sole per il riscaldamento invernale e di proteggersi durante l'estate, con costi economici ed ambientali ridotti e con sistemi concettualmente semplici, composti di poche parti mobili che richiedono poca manutenzione; in questa filosofia progettuale l'impianto diventa uno strumento ausiliario da far entrare in funzione nei casi in cui le condizioni climatiche si allontanano dallo standard per intervalli di tempo sufficientemente lunghi, tanto da non permettere più al sistema edificio di adempiere in modo soddisfacente alla propria funzione.

3.8 CONCLUSIONI

I parametri che incidono sull'efficienza energetica di un edificio sono molteplici, essi dipendono da una serie di relazioni fisiche in prima istanza, ma anche dalla prospettiva da cui li si analizza.

Pensare all'edificio come al luogo in cui avvengono processi, di varia natura, e all'involucro come al filtro di questi processi permette di ragionare in termini sistemici e relazionali al manufatto e di superare una visione strettamente tecnicista delle tecnologie.

Le relazioni tra parametri, elementi fisico-costruttivi e processi sono complesse e afferiscono al progetto di architettura in modo nuovo, su di esse si basano metodi di calcolo, strumenti di analisi e simulazione e regole empiriche. In un processo di progettazione che richiede interazioni dinamiche degli attori coinvolti con continui scambi di conoscenza ai diversi livelli, la semplice scomposizione e ricomposizione delle trame di relazione non appare più sufficiente per raggiungere obiettivi di sostenibilità del progetto se non si tengono in conto le relazioni tra questi elementi e le modalità attraverso cui queste si compongono.

Punto di partenza è la conoscenza e la comprensione dei processi in atto, da essi è possibile estrarre parametri relativi a componenti e di seguito indicatori. La loro computazione sincrona permette di superare una visione deterministica del progetto, che diventa flessibile e dinamico.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

L'impatto delle decisioni assunte nel processo di progettazione è maggiore nelle sue prime fasi, gli strumenti BES sono raramente utilizzati in queste fasi per sostenere la produzione di alternative di progetto e contribuire a scegliere tra diverse opzioni.

La comunità architettonica dovrebbe essere in grado di utilizzare gli strumenti BES in tutte le fasi della progettazione al fine di calcolare le prestazioni dei sistemi, prevedere requisiti per le fasi successive e prendere decisioni informate sulla base dell'analisi dei risultati della simulazione stessa.

È pensabile che in futuro tutte le discipline del progetto e gli strumenti utilizzati saranno in grado di definire e fornire informazioni a un sistema centrale costantemente aggiornato in grado di organizzare tutte i dati in modo da consentire alle varie discipline e operatori di estrarre e elaborare informazioni di cui hanno bisogno. Viceversa attualmente nella progettazione si utilizzano differenti strumenti adattabili alle diverse fasi e si lavora all'integrazione di strumenti già presenti.

Sulla base di una ipotesi progettuale è possibile generare una serie di soluzioni attraverso un processo per l'identificazione di una soluzione partendo un dato insieme di requisiti e vincoli.

In termini analitici, da un insieme di soluzioni è possibile arrivare a una soluzione ottima, tuttavia non è vero il contrario. Dato un caso (l'ipotesi di progettazione) e una regola (il modello di simulazione) si può ottenere per inferenza deduttiva il risultato unico possibile, se, invece, si definisce il risultato richiesto (le caratteristiche prestazionali) non esiste una modalità di inferenza con la quale, utilizzando una regola data (un algoritmo specifico) si può determinare in modo univoco la soluzione.

Evidentemente la progettazione sfugge, nel suo complesso, a processi di ottimizzazione così stretti, non si parla cioè di soluzione ottima, è invece pensabile che date una serie di priorità sia possibile formulare ipotesi migliorative e scalabili contro alcuni parametri di peso.

La possibilità di lavorare con strumenti di supporto alla decisione è stata indagata nel capitolo III, questi strumenti si prestano a aprire ventagli di soluzioni possibili dall'inizio del processo progettuale, quando alternative informate indirizzano gli step successivi della progettazione e permettono un confronto aperto tra i componenti del team di progettazione.

Se la sostenibilità nella progettazione architettonica necessita di un approccio multidimensionale, multidisciplinare e relazionale, anche gli strumenti utilizzati dovrebbero rispecchiare queste necessità.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

CAPITOLO 4: DEFINIZIONE DI UNO STRUMENTO DI AIUTO ALLA PROGETTAZIONE

4.1 Progetto. Struttura del sistema.

L'attività di progettazione si compone di aspetti tecnici, temporali e sociali, in un flusso di dati, informazioni e suggestioni che necessita di stabilità da possibili fluttuazioni: è un processo sistemico, composto da sub sistemi interagenti tra loro, e aperto.

Lo stato ad ogni livello di osservazione è il risultato di scambi tra componenti i cui ruoli non sono costanti. Si costruisce in questo modo una forma di conoscenza condivisa attraverso il trasferimento di competenze, o di parti di esse, grazie alla percezione di *indicatori* provenienti dagli attori e dal loro ambiente oppure dall'interpretazione del comportamento degli attori stessi: la capacità dei diversi soggetti che agiscono congiuntamente nella progettazione dipende dalla loro capacità di dare e giustificare interessi. In questo senso è fondamentale la capacità di comunicare, scambiare e visualizzare informazioni.

Lo strumento proposto è stato pensato come supporto al percorso decisionale nelle prime fasi progettuali, momento di analisi di necessità e requisiti a cui il progetto deve rispondere sotto differenti punti di vista, le richieste del committente e le necessità legate al contenimento dei consumi, in tutte le possibili declinazioni, quelle relative alle qualità spaziali, e così via.

Nel contempo è necessario intercettare le dinamiche del percorso progettuale, favorire lo scambio di conoscenze e favorirne il trasferimento, valutando e integrando punti di vista, conoscenze e approcci differenti.

In prima istanza è necessario realizzare strumenti flessibili e aperti, in questa fase progettuale il campo delle variabili non è costante ma varia a seconda della tipologia di progetto: alcune sono completamente operabili, altre lo sono solo parzialmente, altre fisse.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Le variabili non operabili possono essere le grandezze relative al sito di intervento, talvolta la superficie, quelle parzialmente operabili possono essere i materiali, gli impianti ecc, le variabili operabili possono essere l'orientamento, le tecnologie, le fonti energetiche.

È possibile costruire uno strumento di supporto alla decisione che lavori su processi di affinamenti successivi, attraverso il progressivo restringimento del campo della variabilità sino a fornire, per alcune grandezze, un range limitato di scelte e perciò di tecnologie possibili, in questo senso la scelta tecnologica, frutto di una serie di successive elaborazioni e computazioni, rimane contestualizzata al progetto e alla sua fattibilità.

Definendo come obiettivo principale il consumo energetico massimo è possibile lavorare sul legame tra variabili geografiche – rapporti superficie/volume – consumo energetico come proposto dalla normativa italiana e in altre normative europee (si veda il capitolo II).

Il calcolo del consumo energetico è una procedura che è influenzata da numerosi parametri, alcuni dei quali, ragionando secondo l'ordine di input dei parametri, potrebbero non essere definiti in questa fase.

Un altro obiettivo specifico può essere il comfort termo – igrometrico interno calcolato secondo procedure internazionali e valutazione degli indici PMV e PPD⁶⁴.

La valutazione del comfort è una procedura complessa, in quanto è un parametro estremamente variabile e anche essa tiene conto di una grande

64. Il PMV (Predicted Mean Vote) è un indice che dipende da molte grandezze: vestiario, temperatura dell'aria, attività svolta, temperatura media radiante, velocità dell'aria, umidità. Esso rappresenta il voto medio espresso da un campione di persone residenti nello stesso ambiente, che esprimono la propria sensazione termica attraverso una scala psicofisica che va da un valore +3 (molto caldo) fino a -3 (molto freddo), lo 0 corrisponde alla neutralità. Il PMV è correlato sperimentalmente al PPD (percentuale prevista di insoddisfatti) ed esprime il numero di persone che sarebbero portate a lamentarsi delle condizioni climatiche riscontrate. Viene definito soggetto insoddisfatto quello che attribuisce all'ambiente in esame un valore del PMV pari a +/-3, +/-2. Secondo la norma ISO 7730 lo stato di benessere termico si ha per valori del PMV che oscillano tra -0.5 e +0.5, corrispondenti ad un valore del PPD = 10 %. Secondo lo standard ASHRAE 55 la percentuale reale di insoddisfatti non deve superare il 20%.

quantità di variabili, alcune delle quali devono essere valutate con procedure iterative dinamiche.

Assumendo la grandezza “consumo energetico” come obiettivo specifico si lavora sui parametri che lo determinano con procedure di affinamento all'interno di range di variazione fissati. I parametri possono essere, inizialmente, legati al fattore di forma dell'edificio, alle sue caratteristiche costruttive, al suo orientamento, alle superfici trasparenti.

Se si assumesse il comfort ad obiettivo specifico, i parametri sarebbero i carichi termici, la velocità dell'aria e così via.

E' possibile lavorare direttamente su queste grandezze secondo range suggeribili dallo strumento, come nel caso della limitazione (o ampliamento) delle superfici trasparenti aventi una determinata posizione in una particolare situazione climatica

In sostanza si lavora su un range che consentirà di diminuire i carichi termici o di aumentarli, a seconda della necessità, aumentando o diminuendo le superfici dei vetri e/o cambiandone il tipo.

In questo senso le scelte fatte a monte consentono da un lato di rispettare gli obiettivi che potrebbero essere definiti di “alto livello”, dall'altro aprono delle finestre di scelta tecnologica contestuali a quelle scelte stesse.

Si ha così un “processo a cascata” con definizioni e scelte via via più stringenti fatte a seconda delle scelte e delle intenzioni progettuali, da queste discendono conseguentemente le scelte relative alle tecnologie.

Si noti che quando si parla di tecnologie contestuali, o adeguate, il concetto non è (sempre) direttamente afferente al progetto stesso. Un esempio è dato dalla scelta dei materiali. Alcuni materiali saranno preferibili ad altri in funzione delle loro caratteristiche prestazionali come richieste dal progettista, altri potrebbero esserlo per motivi differenti, perché ad esempio disponibili nelle vicinanze del cantiere o perché prodotti con tecnologie più pulite.

Queste analisi preliminari rimandano alla necessità di avere come punto di partenza dello strumento una serie di database relativi a impianti, clima, materiali e tipo di occupazione (occupation pattern). Il database è rappresentato

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

da un campo di dati che deve essere operabile, cioè è aperto e implementabile attraverso l'immissione di nuovi dati.

4.2 Implementazione dello schema logico.

La struttura di database è un layer di dati che fornisce informazioni alla prima parte di elaborazioni, cioè quella in cui si ha la definizione delle grandezze operabili, parzialmente operabili e chiuse che devono essere definite dall'utente.

In prima istanza è necessario definire la destinazione d'uso dell'edificio e il tipo di progetto che si esegue, se cioè si tratta di un nuovo edificio, di una ristrutturazione e così via. Queste decisioni sono sempre note inizialmente e influenzano tutte le decisioni che devono essere prese nei passi successivi.

Il campo delle normative per il risparmio energetico (capitolo I) fissa una serie di parametri da rispettare, quali la trasmittanza e i consumi, in funzione dei gradi giorno⁶⁵ e del rapporto superficie disperdenti / volume climatizzato.

Nello step successivo entrano le grandezze primarie del progetto definibili in questa fase.

Come detto è pensabile che molte di esse non siano ancora definite, mentre altre lo saranno completamente. Il sistema è pensato in modo che sia possibile inputare le costanti e che per le altre grandezze vengano forniti dei range di variazione partendo dalle richieste delle normative e procedendo per passi.

Il rapporto superficie volume e i gradi giorno sono determinanti per i limiti di consumi energetici fissati dalla norma, in funzione di queste due grandezze vengono fissati i limiti di consumo da rispettare.

65. Il D.P.R. n.412/93 suddivide il territorio in zone climatiche individuate attraverso il parametro del grado giorno GG, che rappresenta la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale, delle sole differenze positive (o negative) giornaliere tra la temperatura convenzionale, fissata in Italia a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

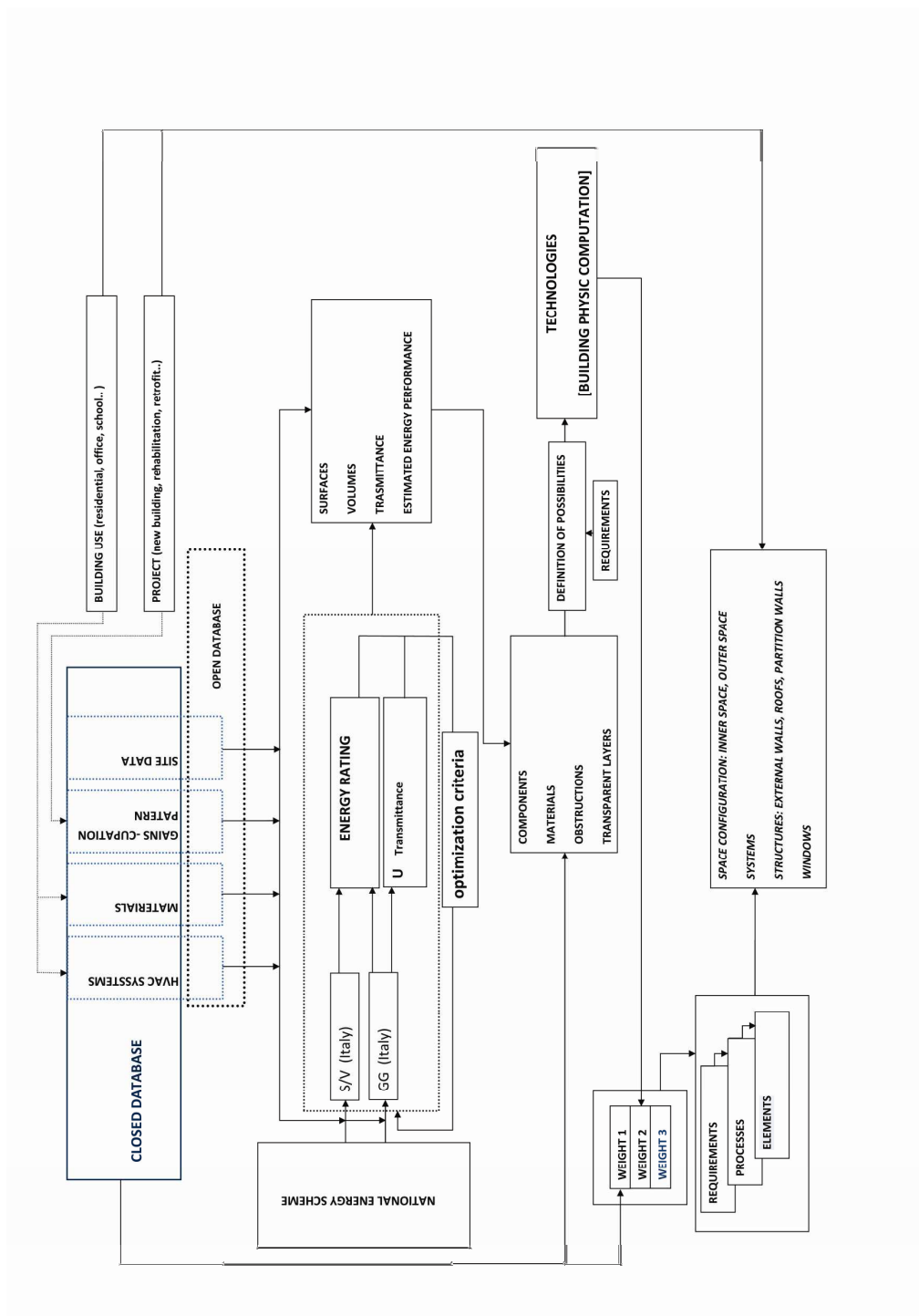


Figura 13 - Schema logico della struttura dello strumento

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Le componenti climatiche sono note, le altre grandezze sono aperte. Il sistema, in funzione di differenti indici prestazionali fornisce un range di rapporti superficie/volume adatti ad esse: questo consente di fissare dei rapporti S/V ottimali dipendentemente dai gradi giorno e dal consumo ipotizzabile. Evidentemente a un certo valore di gradi giorno e a un certo consumo (valore espresso in kWh/m²anno) corrisponde un solo valore S/V, che significa però una infinita (dal punto di vista analitico) combinazione di valori di superfici e volumi.

È possibile che almeno una di queste due grandezze sia nota, questo porterebbe a una ridefinizione della procedura: diventa noto il rapporto di forma e il valore di consumo. Evidentemente quello che viene calcolato non è il reale consumo energetico, tuttavia vengono inquadrati dei parametri che concorrono al contenimento dei consumi: la funzione del sistema in queste fasi è fornire un quadro estremamente vicino alle prescrizioni normative e di supporto soprattutto considerando che il progetto evolve definendo grandezze via via più stabilmente, restringendo cioè la variabilità di molte grandezze. Si tratta di un processo aperto e iterativo che termina quando le grandezze vengono fissate in maniera definitiva dall'utente.

In questo caso termina significa che una serie di parametri viene assegnato, naturalmente essi possono essere, durante lo sviluppo del progetto, riassegnati.

In questo momento cioè sono noti i parametri di forma dell'edificio, secondo lo stesso schema il sistema fornisce i limiti delle trasmittanze di strutture opache verticali, coperture, pavimenti, finestre che dipendono unicamente dalla zona climatica.

Uno degli aspetti che è maggiormente rilevante in termini di prestazioni energetiche è l'orientamento dell'edificio e perciò la sua esposizione, anche questi parametri non sono sempre inizialmente noti.

Rispetto ad un orientamento ottimale nord – sud e considerando il rapporto di forma ora noto occorre definire la dimensione delle superfici esposte e degli ostacoli presenti per calcolare l'irraggiamento.

Supponendo tale orientamento il sistema calcola in prima battuta possibili scenari di irraggiamento dai dati climatici e sulla base delle equazioni viste nel capitolo II attraverso la stessa modalità iterativa precedentemente spiegata.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

In uscita il sistema fornisce allora le trasmittanze da rispettare, rapporti superfici volumi verificati sui consumi, irraggiamenti su superfici.

Un altro aspetto rilevante è legato alle superfici trasparenti.

Le aperture dal punto di vista fisico, come interruzioni della struttura muraria, rappresentano punti deboli nella trasmissione del calore, d'altra parte permettono l'illuminazione e la ventilazione naturale degli spazi.

Sulle dimensioni assegnate in questa fase il sistema fornisce delle possibili configurazioni, in termini di dimensioni (secondo norma) rispetto agli orientamenti, cioè dipendentemente dalle condizioni climatiche e dall'orientamento dell'edificio è possibile avere differenti configurazioni per massimizzare / minimizzare i guadagni solari, anche come scelta implementabile dall'utente.

Il processo anche in questo caso è ricorsivo e iterativo.

L'uscita della prima fase è una serie di grandezze relative a strutture, orientamento, superfici trasparenti, dimensioni. Lo scopo ultimo è non tanto procedere per singole ottimizzazioni di parametri sostanzialmente indipendenti, ma seguire il progetto nelle prime definizioni fornendo in funzione della sua dinamica suggerimenti e miglioramenti di alcune soluzioni.

Fornire suggerimenti significa definire possibilità piuttosto che configurazioni stabili, e procedendo per progressivi restringimenti e allargamenti di campi in modo da tenere conto delle reciproche ripercussioni delle grandezze che vengono analizzate.

4.3 Definizione di alternative.

Il sistema in uscita deve fornire alternative progettuali e tecnologiche. È emerso, rispetto a questo, la necessità di definire una scala di valori. In cosa consiste la appropriatezza?

Se ad esempio le condizioni climatiche, o il tipo di utilizzo dell'edificio, richiedono la presenza di strutture pesanti tali da consentire l'accumulo termico, il sistema dovrà fornire delle alternative che privilegino strutture ad alta inerzia.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Sono stati fissati limiti che riguardano le pareti, le chiusure trasparenti e così via. In funzione di questi il sistema fornisce differenti soluzioni orientate dalle necessità relative al tipo di occupazione, alla destinazione d'uso, all'andamento del clima.

Possono così essere avanzate differenti ipotesi ad esempio relative alle murature, strutture ad elevata inerzia se il clima è caldo, isolate dall'esterno se si prevede un utilizzo continuo, con sistemi aggiuntivi di protezione esterna (parete ventilata) se l'esposizione è sud.

Per le finestre allo stesso modo possono essere fornite soluzioni quali doppi vetri basso emissivi, presenza di schermi esterni isolanti se l'irraggiamento è troppo elevato, schermature quali alberature e così via.

Fino a questo momento è possibile affermare che le alternative fornite sono contestuali al sistema, nel senso che si tratta di una computazione sulla base di scelte in parte definite nel percorso del progetto e da altre sulla base di calcoli e dati impliciti nel sistema.

Nel capitolo III, sull'esperienza di Christoph Feldtkeller⁶⁶ sono state definiti requisiti prestazionali (riferiti a tutti i componenti dell'involucro) ed una serie di parametri rispetto a elementi della progettazione.

Requisiti:

- Isolamento termico
- Accumulo termico
- Riflessione dei guadagni termici interni
- Trasparenza alla luce naturale diffusa
- Trasparenza alla luce del sole diretta
- Trasparenza all'irraggiamento UV
- Trasparenza all'irraggiamento da microonde
- Riflessione e assorbimento della luce
- Collegamento visuale
- Possibilità di passaggio
- Difesa dall'intrusione

66. C. Feldtkeller,(1989), *op. cit.*

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

- Ricambio d'aria
- Difesa dall'inquinamento atmosferico
- Difesa dal vento
- Difesa dalle precipitazioni atmosferiche
- Regolazione dell'umidità e del vapore
- Isolamento acustico
- Riflessione e assorbimento del rumore
- Resistenza meccanica
- Resistenza al fuoco

Elementi (strategie):

- Topografia e orientamento
- Tipo di vegetazione e pattern vegetazionali
- Corpi idrici
- Larghezza delle strade e orientamento
- Spazi aperti e spazi costruiti
- Caratteristiche del terreno
- Andamento planimetrico e volumetrico dell'edificio
- Rapporto superficie / volume dell'edificio
- Forma della copertura
- Disposizione delle finestre
- Orientamento delle finestre
- Schermature delle finestre
- Colore dell'involucro e texture
- Materiali della copertura
- Muri
- Coperture
- Infissi
- Partizioni interne e layout interno
- Materiali interni
- Finiture interne

Parametri di controllo principali (processi)

- guadagni di calore

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

- illuminazione naturale
- movimento dell'aria
- ombreggiamento
- irraggiamento
- radiazione solare diretta e diffusa
- raffrescamento
- riscaldamento
- umidità relativa
- velocità dell'aria

È pensabile che vengano assegnati dei pesi alle diverse possibilità tecnologiche in funzione dei parametri – processi.

Queste relazioni sono implementabili: esse dipendono naturalmente dalle prime ipotesi progettuali, e quindi dalle selezioni all'interno del database, e dalle scelte che si sviluppano durante il percorso progettuale.

Es 1. Requisito 1 = isolamento termico

Processi: Guadagni di calore, radiazione solare diretta

Strategie: Schermature, colore involucro e texture, materiali copertura, muri

Es. 2 Requisito X = ricambio aria

Processi: movimento dell'aria, velocità dell'aria, umidità relativa

Strategie: Disposizione delle finestre, orientamento delle finestre, partizioni interne e layout, tipo di vegetazione e pattern vegetazionali, spazi aperti e spazi costruiti

Deve essere valutata l'importanza (il peso) del requisito 1

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Il database assegna automaticamente una prima componente del peso in funzione di una elaborazione interna, dipendentemente dai fattori climatici, pattern di occupazione previsti, materiali utilizzabili e così via.

Dall'elaborazione della prima fase viene elaborato una seconda componente del peso. Una terza componente è lasciata all'utilizzatore. Questo è necessario in quanto, come emerso nell'analisi legata al processo di progettazione, la necessità di interazione multidisciplinare è assunto a fondamento di una progettazione attenta alle problematiche ambientali ed energetiche.

Bisogna considerare che anche in questa fase è possibilità dell'operatore rimodulare le assegnazioni, cioè esso, in ultima istanza, decide quali pesi assegnare.

Massimizzare il peso come da esempio 1 significa che il requisito "isolamento termico" ha la massima importanza. Questo significa che i processi ad esso correlati, diventano prioritari: cioè massima difesa dalla radiazione solare e dai guadagni esterni. Il che significa predisposizione di schermature isolate esterne, utilizzo di colorazione chiara sulla superfici esterne, isolamento murature e coperture, utilizzo di materiali isolanti ad alte prestazioni.

Il peso assegnato corrisponde perciò alla possibilità di graduare queste possibilità.

Sempre in riferimento all'esempio 1, un peso inferiore incide sugli schermi esterni che possono essere non isolati, sul tipo di isolamento, sul tipo di murature e coperture.

Sulla base di questa procedura il sistema fornisce per gli elementi progettuali fissati ancora delle possibilità.

Il processo di assegnazione termina quando tutti i pesi sono stati assegnati.

Si costruisce in sostanza una scala di possibilità all'interno della quale il progettista può attingere liberamente ma con consapevolezza.

Il percorso proposto di assegnazione di pesi è uno dei tanti possibili. Rimane aperta la possibilità di integrare il procedimento con l'analisi LCA ad esempio.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Assegnare una scala di priorità in termini di scelte tecnologiche sulla base di un processo di assegnazione di pesi è una procedura che tiene conto sostanzialmente di parametri fisici e assegnazioni dirette sulla base di conoscenze del team di progettazione.

Parametri che più strettamente afferiscono al campo della progettazione architettonica quali la dimensione degli spazi e i collegamenti tra essi vengono valutati nello step successivo.

Si tratta di valutazioni che necessitano di maggiori informazioni e più dettagliate, e chi si basano sull'applicazione di equazioni di calcolo relativi alla trasmissione della luce, alle relazione tra superficie in pianta e superficie finestrate, alle pressioni in relazione alla ventilazione e così via.

La fase successiva consiste in una considerazione sincrona sulle relazioni tra requisiti, processi ed elementi, attraverso l'analisi di queste relazioni.

Il sistema in pratica si adatta alla dinamica del processo progettuale fornendo una serie di analisi che sono in prima istanza tecniche e tecnologiche aperte e interattive, cioè modificabili e valutabili in tutti gli step, in seconda battuta più vicine al progetto di architettura attraverso l'analisi delle relazioni tra spazi, interni ed esterni, ed involucro.

Rimane una certa indeterminatezza, non si tratta di uno strumento di simulazione dinamico se non in alcuni step di calcolo, ma di un sistema di supporto alla decisione, uno strumento in grado di suggerire e fornire strategie, soprattutto per via della sua interattività, non si sostituisce perciò ne a al progettista ne a strumenti di simulazione evoluti.

4.4 Ipotesi di costruzione del motore di calcolo e processo di valutazione.

Il sistema, per come è stato concepito, dovrà essere aperto, dovrà cioè essere possibile aggiungere componenti di calcolo.

A partire dallo schema vengono riportate a seguire alcune indicazioni sulla sua costruzione.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La necessità di avere per alcuni parametri computazioni dinamiche obbliga all'utilizzo di software flessibili, interattivi ed estremamente potenti.

Matlab (laboratorio della matrice) è uno strumento che si presta a questo: si tratta di un linguaggio ad alto rendimento per la computazione tecnica che integra calcolo, visualizzazione e programmazione

E' strutturato secondo lo schema:

- Matematica e calcolo.
- Sviluppo di procedura.
- Modellistica, simulazione e prototyping.
- Analisi di dati, esplorazione e visualizzazione.
- Disegno industriale e scientifico.
- Sviluppo di applicazione, compreso la costruzione grafica dell' interfaccia di utente.

Il sistema è interattivo e ha come elemento di base è l'array per permettere la risoluzione di problemi di calcolo tecnici, con formulazioni vettoriali e matriciali, attraverso algoritmi semplici e snelli

MATLAB è caratterizzato da una famiglia di application-specific denominate toolboxe e da collezioni di funzioni dette M-files, che consentono di risolvere particolari categorie di problemi.

Gli ambienti in cui i toolboxe sono disponibili sono elaborazione dei segnali, sistemi di controllo, reti neurali, simulazione e molti altri, soprattutto attraverso Simulink, uno strumento integrato con Matlab per la modellazione e la simulazione di sistemi dinamici.

La sua struttura modulare consente il raggruppamento di modelli in gerarchie che forniscono un quadro semplificato di componenti o sistemi spesso molto complessi.

Simulink utilizza un ambiente grafico, basato su diagrammi a blocchi che supportano diverse operazioni, funzioni aritmetiche, input / output, manipolazione dei dati, il trasferimento di funzioni e così via.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Questo strumento consente di costruire dei “blocchi” che rappresentano operazioni matematiche. Si costruisce così, dall’associazione di blocchi, un diagramma e una routine di calcolo.

Il Dipartimento di ingegneria Civile e Ambientale della Chalmers University of Technology, Svezia e la Technical University of Denmark hanno realizzato un toolbox dal nome IBPT (International Building Physics Toolbox)⁶⁷, una libreria open source per la simulazione di edifici⁶⁸.

In Simulink, il termine "blocco" denota un elemento di modellazione. Può essere un operatore matematico, una variabile, una funzione oppure una subroutine stand-alone.

Nella libreria IPBR i blocchi sono raggruppati in cinque categorie, con elementi (o sub-sistemi) necessari per la simulazione di un edificio:

- Costruzioni (ad esempio pareti e finestre);
- Zone (zone ad esempio l'aria, cavità d'aria);
- Impianti (ad esempio, sistemi HVAC);
- Guadagni (ad esempio guadagni interni);
- Helpers (ad esempio la gestione dei dati meteo).

Queste cinque categorie sono organizzate in Simulink nella libreria IBPT.

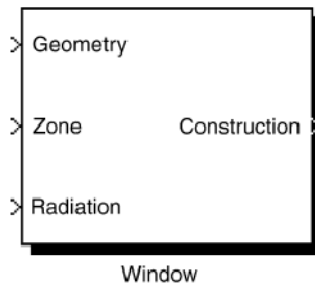


Figura 14 - Esempio di blocco nella toolbox IBPT

67. A. S. Kalagasidis, P. Weitzmann, T. Rammer Nielsen, R. Peuhkuri, C.E. Hagetoft, C. Rode, (2007), *The International Building Physics Toolbox in Simulink*, Energy and Buildings, vol. 39
68. <http://www.ibpt.org/>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Ogni categoria contiene blocchi come quello in figura 1, una finestra, che accetta come input 3 vettori o matrici (arrays) e ne restituisce uno in uscita.

Gli array esprimono stati fisici e proprietà a al contorno dei blocchi, disposti in numero definito e ordinato. Nell'immagine "costruzione" è un array di uscita da un elemento costruttivo (finestra) e comprende gli stati e i coefficienti di trasferimento verso la superficie interna della costruzione, l'energia solare e il flusso d'aria che vi passa attraverso.

Utilizzando array di dati predefiniti, l'uscita da qualsiasi tipo di componente è nota per quanto riguarda il tipo e l'ordine dei dati: questo significa che nuovi modelli possono essere collegati a quelli già esistenti se i loro input e output sono conformi.

Le proprietà dei materiali da costruzione utilizzati per i calcoli sono disposti in una libreria che viene creata in forma di struttura, le strutture sono array multidimensionali di dati chiamati campi. Ogni campo è definito da un nome e può contenere qualsiasi tipo di dato: testo, numero o matrice.

L'utilizzo di MatLab consente di avere procedure iterative di calcolo, questo significa che mentre inizialmente si definisce un obiettivo generico, durante il calcolo e l'inputazione delle altre grandezze sarà possibile avere dati parziali.

Una delle possibilità offerte dal software è la realizzazione di procedure di controllo su parametri definiti, cioè attraverso delle sub – routines nel ciclo di input – output è possibile stabilire dei criteri di ottimizzazione in cui alcune delle grandezze che vengono processate entrano in un controllo che lavora su processi di miglioramento in un ciclo che bloccando gli output in maniera iterativa riprocesa alcuni input.

Questo software si presta quindi ad essere utilizzato nelle fasi in cui sono necessarie verifiche ricorsive sui parametri che vengono di volta in volta computati e assegnati.

Si riporta nella figura un esempio di un modello elaborato con MATLAB relativo a un edificio

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

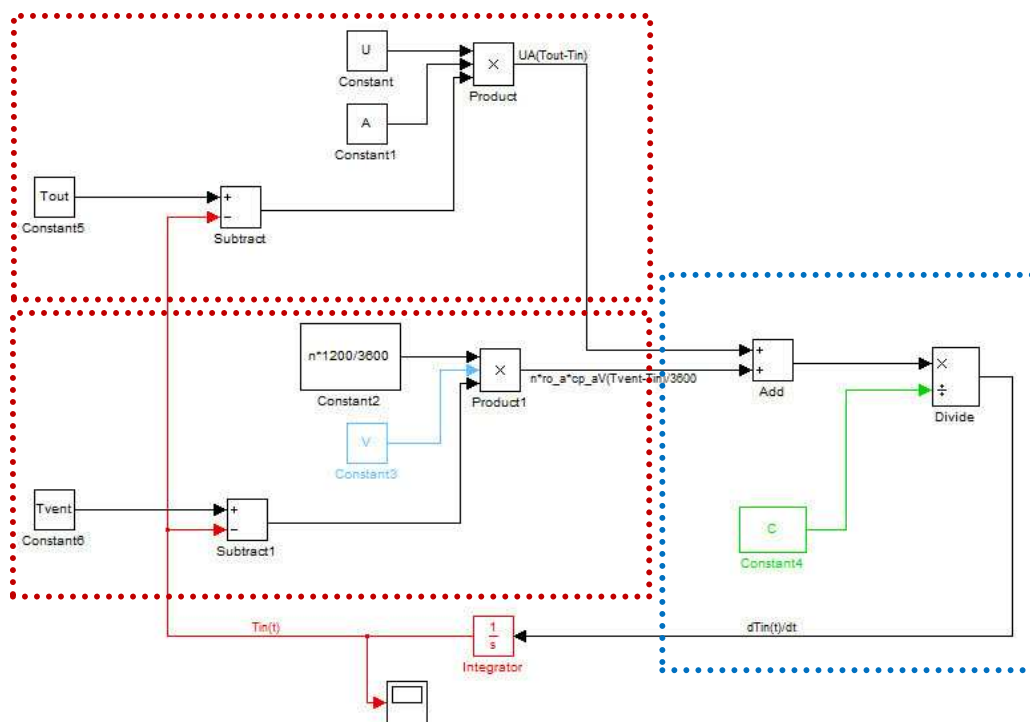


Figura 15 – Modellazione di un edificio attraverso il software MATLAB(LTH 2008)

Nella parte riquadrata con il tratteggio rosso a sinistra viene eseguito il calcolo delle variazioni di temperatura dovuti a perdite di calore per trasmissione e ventilazione attraverso l'equazione:

$$C \frac{dT_{in}(t)}{dt} = U \cdot A \cdot [T_{out} - T_{in}(t)] + \frac{n \cdot (\rho c_p) V}{3600} [T_{vent} - T_{in}(t)]$$

Tout, Tin, Tvent sono le temperature, A è la superficie, V il volume, n è il ricambio d'aria e C il suo calore specifico, U è la trasmittanza. Nella parte in blu a destra viene effettuata una semplice operazione di somma e divisione per C. In uscita vengono fornite le temperature.

In questa routine i parametri sono assegnabili, cioè è presente un'interfaccia attraverso cui è possibile inputare direttamente valori per eseguire i calcoli. In questo caso il modello è estremamente semplice.

Un sistema di array e una computazione sulla base di un sistema di equazioni. I dati richiesti sono quelli provenienti dal primo step dello strumento, l'uscita della computazione di MATLAB diventa una verifica delle strategie.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

La teoria dei criteri decisionali multipli può essere utilizzata per valutare le alternative fornite.

Un criterio rappresenta uno standard con il quale una determinata scelta, o azione, può essere giudicata più desiderabile di un'altra. Nei criteri decisionali a risposta multipla (MCDM) il (oppure i) decision-maker utilizza diversi criteri conflittuali per valutare la desiderabilità di alternative (decisioni) diverse.

L' MCDM è stata usata per problemi di allocazione di bilancio e di risorse, decisioni politiche, analisi delle risposte ai rischi ambientali e così via.

Questa procedura si articola in diversi passi:

- 1) Creazione di un modello gerarchico degli obiettivi;
- 2) Specificazione delle conseguenze e setting del range degli attributi;
- 3) Impostazione delle istruzioni di preferenza;
 - a) assegnazione di pesi agli attributi in relazione alle alternative;
 - b) attribuzione di pesi agli attributi per quanto riguarda l'obiettivo globale;
- 4) Analisi delle alternative e individuazione della soluzione migliore (analisi di sensibilità)

Questo tipo di analisi è sostanzialmente ha un approccio fortemente analitico, si basa cioè su procedure di computazione e analisi, assegnazione di pesi e tecniche di analisi statistica.

L'utilizzo di questi strumenti però può avere lo scopo di verificare, in funzione delle scelte che vengono effettuate, come variano le strategie adottabili dipendentemente dal tipo di strategia che si decide di adottare e di verifica di esse, questo è possibile perché dopo la prima fase computativa lo strumento fornisce una serie di strategie basate su dati fissati. Rispetto a questi dati è quindi possibile eseguire questi test.

4.4 CONCLUSIONI.

Nella progettazione architettonica gli strumenti informatici coprono ormai molti degli aspetti della pratica e delle possibili applicazioni. L'analisi del processo

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

progettuale dimostra che le dinamiche sono estremamente complesse, soprattutto nelle prime fasi, quando la maggior parte dei temi progettuali sono in via di definizione e la dialettica interna al team di progettazione lavora su campi di grande variabilità.

È proprio in questa fase che vengono assunte le decisioni che maggiormente influenzano le misure di contenimento dei consumi energetici e in generale le pratiche che portano alla realizzazione di un progetto sostenibile. Da qui la necessità di avere strumenti di supporto alla decisione, più vicini a quelle dinamiche, capaci di cogliere e riassumere spunti e decisioni progettuali e di mostrare un campo informato di possibilità.

Non si tratta di avere potenti strumenti di computazione e simulazione, strumenti per altro esistenti, ma bensì di circoscrivere il campo delle possibilità, progettuali in prima istanza, tecniche e tecnologiche in seconda, attraverso strumenti vicini alla pratica architettonica, che non lavorino semplicemente su ottimizzazioni parziali di parametri fisici, ma che tengano conto dei molteplici aspetti del progetto, degli spazi interni ed esterni, degli utenti, degli impianti e così via.

Lo strumento proposto ricerca un approccio relazionale, in cui questi aspetti siano considerati insieme, per fare questo vengono proposte in parte pratiche computazionali, e l' intervento *attivo* di chi esegue il progetto. Questo permette la presenza contemporanea dei diversi punti di vista degli esperti che partecipano al progetto, e nel contempo di valutare direzioni possibili, ottimali e ottimizzabili, e suggestioni.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

CONCLUSIONI E SPUNTI DI RICERCA

La necessità di avere strumenti operabili nelle fasi iniziali dell'azione progettuale deve farsi carico delle incertezze proprie di questa fase, attraverso meccanismi di affinamento "in progress" e di suggerimento di alternative, di circoscrizione del campo di possibilità del progettista.

Strumenti di simulazione evoluti non si prestano ad essere utilizzati in queste fasi in quanto richiedono dati (grandezze) già "affinati", certi e non disponibili inizialmente.

In generale la necessità è quella di avere strumenti di supporto alla decisione facilmente utilizzabili e che permettano la valutazione di scelte progettuali dove obiettivi conflittuali devono essere considerati simultaneamente.

L'obiettivo perciò non è quello di avere uno strumento che fornisca una classe energetica come negli schemi previsti dalle certificazioni energetiche, o simulazioni accurate di tutti gli aspetti energetici, ma piuttosto uno strumento che lavori in maniera interattiva con il team di progetto, attraverso processi di affinamento e di confronto di scelte possibili.

Il rispetto delle direttive sul contenimento dei consumi energetici non assicura la realizzazione di un progetto, e quindi di un edificio, che sappia dirsi sostenibile. Esse stabiliscono limiti e parametri di rispetto all'interno dei quali le possibilità restano sempre molto ampie, nelle scelte tecniche e tecnologiche in primo luogo.

In questa ricerca si mostra una prospettiva differente con cui guardare al progetto: l'edificio è un luogo in cui si svolgono processi legati ai flussi energetici, la pelle è il filtro attraverso cui l'edificio li regola, e che perciò definisce il campo delle tecnologie utilizzabili.

Ma pensare in termini di flussi comporta anche la necessità di allargare lo sguardo oltre le frontiere, di comprendere come gli spazi esterni e gli spazi interni definiscano il campo di operabilità del progettista e del progetto

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

In questo senso si parla allora di contestualizzazione e adeguatezza delle scelte tecnologiche: progettare o realizzare un'opera significa intervenire su un ambiente e riconfigurarne, trasformarlo, le relazioni tra edificio e contesto non sono solo visive, o di trasformazione fisica, ma ad essa concorrono tutti quei flussi, visibili o no, di cui il progetto deve farsi carico progettandoli.

L'operabilità dei flussi supera la dimensione tecnologica del progetto ed entra nella sostanza della qualità spaziale e negli aspetti sociali concorrendo a superare la definizione di tipologia come relazione tra le parti dell'ambiente costruito verso l'identificazione di tipo attraverso le relazioni tra interno ed esterno.

La scelta di soluzioni adeguate, per come il concetto di adeguatezza è stato definita nella ricerca, rimanda alla complessità della progettazione. Le scelte progettuali, e di seguito le scelte tecnologiche, dovranno essere adeguate rispetto a differenti parametri: le condizioni climatiche, il contesto, la tipologia di edificio, il tipo di utilizzazione, i materiali disponibili, i vincoli di legge e così via.

A monte di questo esiste il progetto di architettura e la sua qualità come obiettivo primario non ottenibile con strumenti di calcolo, di rappresentazione e norme.

Il processo progettuale si sviluppa con dinamiche estremamente complesse, soprattutto nelle prime fasi, quando la maggior parte degli aspetti sono in via di definizione e la dialettica interna al team di progettazione si sviluppa su campi di grande variabilità.

Uno strumento di supporto alla progettazione per queste fasi deve allora rispecchiarne le dinamiche, attraverso un approccio relazionale capace di mediare tra necessità computazionali e il continuo evolversi del progetto.

Nello strumento proposto in questa ricerca il contatto con il progetto avviene sotto due punti di vista: l'apertura interattiva al progettista e la definizione di grandezze per progressivi affinamenti.

L'interattività permette la presenza contemporanea dei diversi punti di vista degli esperti che partecipano al progetto per valutare direzioni possibili, ottimali e ottimizzabili, e suggestioni, intervenendo ad ogni step di assegnazioni, bloccando valori come forniti dal progetto, definendo e assegnando pesi, e quindi valori alle strategie possibili.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Lo sviluppo della computazione per progressivi affinamenti permette di passo in passo di ridurre la variabilità del campo delle grandezze, la loro analisi e la loro definizione.

Lo strumento proposto riceve in ingresso alcune informazioni, quali la localizzazione, le dimensioni presunte inizialmente, orientamento e così via.

Queste vengono processate e vengono forniti, in funzione di parametri previsti dalla normativa, i limiti da rispettare riguardo la trasmittanza e i consumi energetici.

Sulla base di questi valori il sistema deve iniziare a fornire delle alternative sugli input.

Nel caso in cui manchino alcuni parametri fondamentali per questo calcolo, il sistema lavora sull'obiettivo massimo, cioè sulla massima performance possibile, definendo una scala di possibilità.

Si tratta di una procedura a ritroso, si individua un target energetico che definisce una certa combinazione di superficie e volume, e un campo di possibili soluzioni legate al comportamento termico di chiusure e coperture.

Il campo di variabilità deve essere limitato dall'utilizzatore, che definendo alcune di queste grandezze permette che le altre vengano definite dallo strumento con maggiore accuratezza.

Il primo step è essenzialmente una computazione fisica su normative e di ridefinizione di variabili e costanti.

Da questo momento, e in funzione dei parametri individuati, il sistema deve fornire alternative tecnologiche come strategie, relative alle strutture, opache e trasparenti, ai materiali, agli impianti, agli spazi interni ed esterni con processi di assegnazione di pesi, in parte calcolati dal sistema stesso sulla scorta delle informazioni possedute, come la tipologia, la destinazione d'uso, l'assetto climatico, e in parte decisi (o decidibili) dall'utilizzatore (o dagli utilizzatori).

Le alternative fornite sono esito di valutazioni che si articolano sulla definizione di processi – requisiti - strategie, il peso del requisito contro il processo definisce

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

la strategia; la strategia è quindi definita dallo strumento e/o dall'utilizzatore, attraverso l'assegnazione dei pesi stessi.

La parte logica computazionale, legata a calcoli di temperature, irraggiamento, umidità è necessaria per elaborare strategie adeguate e verificabili, necessita di strumenti di elaborazione evoluti. Nella ricerca è stato proposto l'utilizzo di strumenti di calcolo dinamici che offrano la possibilità di creare interfacce utente, come MATLAB ad esempio.

Spesso le ricerche nel campo della sostenibilità dell'architettura sono indirizzate a specifici aspetti della progettazione, i materiali, gli impianti, le strutture e così via.

Esistono viceversa strumenti dinamici evoluti che consentono analisi alle diverse scale capaci di computare simultaneamente un gran numero di parametri, ma come detto richiedono un livello di progettazione avanzata. Gli altri strumenti disponibili per le prime fasi di realizzazione di uno strumento, dovendo assicurare facilità di uso e elevata flessibilità, sono strumenti che consentono verifiche parziali e di alcuni aspetti.

Evidentemente esiste la possibilità di utilizzare più strumenti. Il rischio è avere strumenti non capaci di dialogare tra di loro e che non consentano un controllo efficace del progetto.

La proposta avanzata in questa ricerca tenta di superare questi limiti e indaga sulla possibilità di avere uno sistema di supporto alla decisione capace di fornire alternative, riferite ad aspetti tecnologici, in cui si tengano conto della complessità del progetto e delle modalità attraverso cui tali aspetti entrano in maniera coerente nel progetto stesso.

La premessa è l'impossibilità di avere una configurazione architettonica prestabilita valida sempre.

Se la struttura deve essere leggera in un clima in cui caldo e freddo sono parimenti importanti divengono essenziali la ventilazione naturale, e perciò la dimensione e la collocazione delle finestre, e quella degli impianti, non come interventi separati ma organicamente concepiti nella struttura.

Se l'ambiente esterno è inquinato l'edificio si deve chiudere ad esso.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Al di fuori degli aiuti che gli strumenti possono offrire rimane la capacità del progettista a cui nessun software si può sostituire, ma è possibile intercettarle definendo procedure largamente interattive di scambio tra le conoscenze di chi progetta e le valutazioni del tool proposto.

In questa ricerca è stato sviluppato il work flow del sistema e se ne è verificata la realizzabilità, contemporaneamente si sono definite alcune routines di calcolo. La realizzazione definitiva dello strumento rimane uno spunto per future ricerche anche alle luce delle prospettive aperte da altre ricerche sulla necessità di questo tipo di strumenti di supporto alla decisione: le modalità e le metodologie applicate e applicabili non sono presenti attualmente nel panorama degli strumenti disponibili, la loro validità scientifica è viceversa supportato dalla letteratura esistente.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Bibliografia

Aa.Vv. (1996), *Environmental design : an introduction for architects and engineers*, E & FN Spon, London.

Banham R. (1978), *Ambiente e tecnica dell'architettura moderna*, Editori Laterza, Bari.

Battisti A., Tucci F. (2000), *Ambiente e cultura dell'abitare. Innovazione tecnologica e sostenibilità del costruito nella sperimentazione del progetto ambientale*, Dedalo Librerie, Roma.

Bertel S., Freksa C. et al. (2004), *Aspectualise and conquer in architectural design*, Key center of design computing and cognition, University of Sydney.

Bijker W.E., Hughes T.P., Pinch T.J. (1987), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*, Massachusetts: The MIT Press, Cambridge.

Bleil de Souza C., Knight L. (2007), *Thermal performance simulation from an architectural design viewpoint*, Building Simulation, 11th International IBPSA Conference.

Caroli, A., (2004), *Architettura e sostenibilità. La casa Passiva. Costruzione e Struttura*, Librerie Clup, Milano.

Cook P. (2004), *Experience will lead us to be certified*, Architects Journal: CreativeMews, vol. 219.

Crawley D. B., Hand J. W. et al., (2005), *Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs*, Building and Environment, vol. 43.

Crawley D. B., Joe Huang Y. (1997), *Does It Matter Which Weather Data You Use in Energy Simulations?*, Building Energy Simulation User News, vol. 18.

Darses F., Falzon P. (1996), *La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. In Coopération et conception*, Sous la direction de G. de Terssac et E. Freidberg Octarès (eds), Toulouse.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

D'Orazio, M. (2000), *Risultanze di un'indagine sperimentale in funzione del risparmio energetico nei tetti ventilati*, Modulo, n. 265.

Edge D.(1998), *The Social Shaping of Technology*, Edinburgh PICT Working Paper No. 1, Edinburgh University.

Eisenman P. (2000), *Peter Eisenman. Città della Cultura della Galizia, Santiago de Compostela, Spagna*, Domus, n. 824.

Evola G., Popov P. (2006), *Computational analysis of wind driven natural ventilation in buildings*, Energy and Buildings, vol. 38.

Feldtkeller C., (1989), *Die architektonische Raum: eine Fiktion*.

Fleck J. (1998), *Innofusion or Diffusation? The nature of technological development in robotic*, Edinburgh PICT Working Paper No. 7, Edinburgh University.

Ford B. (2001), *Passive downdraught evaporative cooling: principles and practice*, architectural research quarterly, Cambridge University Press.

Frampton K. (2005), *Tettonica e architettura. Poetica della forma architettonica nel XIX e XX secolo*, Skira, Milano.

Gaitani N., Mihalakakoua G., Santamouris M. (2005), *On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces*, Building and Environment, vol. 38.

Gallo C. (2000), *La qualità energetica e ambientale nell'architettura sostenibile*, Il Sole 24 Ore Pirola, Milano.

Gallo P. (a cura di), (2005), *Progettazione Sostenibile*, Alinea Editrice, Firenze.

García Casals X. (2005), *Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences*, Energy and Buildings, vol. 38.

Gauzin Muller D. (2003), *Architettura sostenibile. 29 esempi europei di edifici e insediamenti ad alta qualità ambientale*, Edizioni Ambiente, Milano.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Gregotti V. (1993), *La città visibile: frammenti di disegno della città ordinati e catalogati secondo i principi dell'architettura della modificazione contestuale*, Einaudi, Torino.

Gregotti V. (2002), *Architettura, tecnica, finalità*, Editori Laterza, Bari.

Grosso M.(1997), *Il raffrescamento passivo degli edifici*, Maggioli Editore,Rimini.

Gulli R. (1984), *La memoria delle tecniche. Le Corbusier e la volta catalana*, Clua, Ancona.

Hanser D.(2003). *Proposition d'un modèle d'auto coordination en situation de conception, application au domaine du bâtiment*, Thèse de doctorat en sciences de l'architecture. INPL. Nancy.

Hensen J. Radosevic, D.E., Yahiaoui, M., (2004), *Building Performance Simulation for Better Design: Some issues and solutions*, The 21st conference on passive and low energy architecture, Eindhoven, Center for buildings and systems, Neverlands.

Irving S.J., Babcock Q. (2001), *Novel HVAC Strategies for Well-Insulated Airtight Buildings* Oscar Faber Group Ltd.

Kalagasidis A. S., Weitzmann P., et. al. (2007), *The International Building Physics Toolbox in Simulink*, Energy and Buildings, vol. 39

Kaltenbrunner R. (2002). *Auf dem Weg zum nachhaltigen Bauen? - Über die "unscharfe Relation" von Ökologie, Architektur und gesellschaftlichem Wandel*, IzR -Informationen zur Raumentwicklung.

Kusuda T. (2001), *Building environment simulation before desk top computers in the USA through a personal memory*, Building an Environment, vol. 33.

Kusuda T., (1999), *Early history and future prospects of building simulation*, Building Simulation, 7th International IBPSA Conference.

Laaroussi A., Zarli A., Bignon J. C., *An approach to modeling the dynamics of the design process in architecture*, http://www.crai.archi.fr/media/pdf/32_laaroussi.pdf.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Law J., Bijker W. (1992), *Postscript: Technology, Stability and Social Theory*, in Bijker and Law (eds.).

Le Corbusier (ed. it. 2002), *Verso una Architettura*, Longanesi, Milano

Lloyd Jones, D. (2002), *Atlante di bioarchitettura*, Utet, Torino.

Lu Aye W.W.S., Charters A.M., Robinson, J.R.W. (2005), *Thermal Performance of Sustainable Energy Features*, Solar 2005 – Anzes.

Maciocco G., Pittaluga P. (2003), *Territorio e progetto : prospettive di ricerca orientate in senso ambientale*, FrancoAngeli, Milano.

Mackay H., Gillespie G. (1992), *Extending the social shaping of technology approach: ideology and appropriation*, Social Studies of science, n. 22.

MacKenzie D., Wajcman J. (1985), *The Social Shaping of Technology: How the Refrigerator Got Its Hum Milton Keynes*, Open University Press. (eds.).

MacKenzie D., Wajcman J. (1999), *Introductory Essay in The Social Shaping of Technology: Second Edition*. Open University Press: Buckingham.

Marsh R., Lauring M., Holleris Petersen E. (2000), *Passive solar energy and thermal mass, the implication of environmental analysis*, architectural research quarterly, Cambridge University Press.

Marsh, A., (2003), *Ecotect and EnergyPlus*, Building Energy Simulation, vol. 24.

Martì Aris C. (1994), *Le Variazioni dell'identità. Il tipo in Architettura*. Città Studi Edizioni, Milano.

McGetrick B., Koolhaas R. (2003), *Content : triumph of realization ; OMA - AMO*, Taschen, Köln.

Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens III W. W. (1972), *Limits to Growth*, Potomac Associates, New York.

Mithraratne N., Vale B. (2003), *Life cycle analysis model for New Zealand houses*, Building and Environment, vol. 39.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Mourshed M.K., Keane D. (2003), *Integrating simulation in design*, CEBE Academy.

Mourshed M.K., Kelliher D., et al. (2005), *Green Architecture, the need for climate analysis and thermal simulation during the early stages of design*, Global Built Environment Review.

Mourshed, M.K., Keane, D., (2003), *ArDot: A tool to optimise the environmental design of buildings*, Building Simulation, 9th International IBPSA Conference.

Musy M., Wurtz E., et al. (2001), *Buildings air-flow simulation: Automatically - generated zonal models*, Building Simulation, 8th International IBPSA Conference.

Nagano K., Takeda S., Mochida T., Shimakura, K., Nakamura, T. (2006), *Study of a floor supply air conditioning granular phase change material to augment building mass thermal storage – Heat response in small scale experiments*, Energy and Buildings, vol. 38.

O’Sullivan D.T., Keane M.M., et al. (2004), *Improving building operation by tracking performance metrics throughout the building lifecycle (BLC)*, Energy and Buildings vol. 36.

Olgay V., Olgay A. (1963), *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*, Princeton University Press.

Papamichael K., Laporta J., et al. (1998), *Building Design Advisor: Automated Integration of multiple simulation tools*, Building Technologies Program, Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley California.

Piemontese, A., Scarano, R., (2003), *Energia solare e architettura. Il fotovoltaico tra sostenibilità e nuovi linguaggi*, Gangemi, Roma.

Pinch T. (1993), *Turn, Turn and Turn Again: The Woolgar Formula*, Science, Technology & Human Values, vol. 18.

Pinch T., Bijker W. (1984), *The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology might Benefit Each Other*, Social Studies of Science, vol. 14.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Polimeni J.M., Mayumi K., Giampietro M., Alcott B. (2009), *The Myth of Resource Efficiency, The Jevons Paradox*, Earthscan.

Prichard, D., Twinn, C., (2001), *An integrated design: the Jersey Archive*, Design.

Renedo C. J., Ortiz A., Manana A., Silio M., Pérez S. (2006), *Study of different cogeneration alternatives for a Spanish hospital center*, Energy and Buildings, vol. 38.

Rogers R. G., Gumuchdjan P. (1998), *Cities for a small planet*, Westview Boulder Co.

Russell S., Williams R. (1998), *Opening the Black Box and Closing it Behind You: on Micro-sociology in the Social Analysis of Technology*, Edinburgh PICT Working Paper No. 3, Edinburgh University.

Sala M. (a cura di), (1994), *Tecnologie bioclimatiche in Europa*, Alinea Editrice, Firenze.

Santamouris M. (2005), *Passive cooling of buildings, Advances of Solar Energy*, ISES, James and James Science Publishers, London.

Soebarto V., Williamson T. (1999), *Designer orientated performance evaluation of buildings*, Building Simulation, 7th International IBPSA Conference.

Spanedda F. (2004), *Progetti di territori : la ricerca sul progetto ambientale di Giovanni Maciocco : un approccio multidisciplinare che accomuna un gruppo di architetti e studiosi di diversi saperi*, FrancoAngeli, Milano.

Spanedda F. (a cura di) (2007), *Energia e insediamento. Una ricerca interdisciplinare per l'applicazione di principi di efficienza energetica nei centri storici*, FrancoAngeli, Milano.

Spanedda F., Serra A. (2007), *Energy refurbishment in the city center of Osilo, Sardinia (Italy)*, Virtual Conference on Sustainable Architectural Design and Urban Planning, AsiaSustainabilityNet.upc.edu.

Spinardi G., Graham I., Williams R. (1996), *EDI and Business Process Reengineering Why the Two Don't Go Together*, New Technology, Work and Employment, vol. 11.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

- Stanley Jevons, W. (1865), *The coal question*, Macmillan and Co., London
- Stempfl J., Badke-Suhaub, P., (2002), *Thinking in design teams – an analysis of team communication*, Design Studies. vol. 23.
- Stravoravdis S., Marsh A. (2005), *A proposed method for generating, storing and managing large amounts of modeling data using scripts and on-line databases*, Building Simulation, 10th International IBPSA Conference.
- Turk Z., Katranuschkov R., et al. (1997), *Conceptual Modeling of a Concurrent Engineering Environment*, Collection Concurrent Engineering in Construction, Institution of Civil Engineers. London.
- Tzonis A. (2001), *Le Corbusier. La poetica della macchina e della Metafora*, Rizzoli, Milano.
- Uhlig G. (2000), *Peter Eisenman a colloquio con Günter Uhlig, Il carattere critico dell'architettura*, Domus, n. 824.
- Van Schijndel J. (2005), *HAMLab—Heat, Air & Moisture simulation Laboratory*, Department of Building Technology, Eindhoven University of Technology, the Netherlands
- Wienke U. (2004), *Manuale di Bioedilizia*, Dei Tipografia del Genio Civile, Roma.
- Williams R. (1995), *The social shaping of interorganisational IT systems and electronic data interchange*, COST A4 vol. 3, Social Sciences, European Commission Directorate-General Sciences Research and Development, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Williams R., Edge D. (1996), *The social shaping of technology*, Research Policy, vol. 25.

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

Webgrafia

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/l27042_en.htm

http://europa.eu/legislation_summaries/energy/european_energy_policy/l27067_it.htm

<http://freemat.sourceforge.net/>

<http://software.cstb.fr>.

<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>

<http://www.ambientediritto.it/Legislazione/Energia/energia.htm#Legislazione%20Comunit%C3%A0%20Europea>

<http://www.autorita.energia.it>

<http://www.bbr.bund.de>

http://www.bs2003.tue.nl/building_simulation_2003.html

<http://www.buildingsplatform.org>

<http://www.cmis.csiro.au/cfd/>

<http://www.codigotecnico.org/>

http://www.codigotecnico.org/fileadmin/Ficheros_CTE/Programas/iLIDER_070611.EXE

<http://www.comsol.com>.

<http://www.crai.archi.fr/media>

http://www.crai.archi.fr/media/pdf/32_laaroussi.pdf.

<http://www.cres.gr/kape/publications/download.htm>

[http://www.cres.gr/greenbuilding;](http://www.cres.gr/greenbuilding)

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

<http://www.cresme.it/>
<http://www.dena.de>
<http://www.ebst.dk>
http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory
<http://www.emsf.rai.it/>
http://www.enel.it/attivita/ambiente/energy/politiche16_hp/politiche16/
<http://www.enev-normen.de>
<http://www.epbd-ca.org/>
<http://www.expertcontrol.com.>
<http://www.gard.com/ml/bldg-sim-archive/msg00919.html>
<http://www.gnu.org/software/octave/index.html>
<http://www.ibpt.org/>
<http://www.istat.it/censimenti/popolazione/>
<http://www.logement.gouv.fr>
<http://www.mathworks.com.>
<http://www.mathworks.com/>
<http://www.parliament.gr/ergasies/nomodetails.asp?-lawid=585>
<http://www.rt-batiment.fr>
<http://www.sbcitalia.org/certificazione.html>
<http://www.scilab.org/>
<http://www.scipy.org/>
<http://www.sviluppoeconomico.gov.it>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero

<http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isdms2001/isdms2001economicB.htm>

<http://www.ypan.gr>

Dott. Antonio Serra

Definizione e sviluppo di uno strumento di aiuto alla progettazione preliminare orientata alla sostenibilità: un approccio relazionale.

Tesi di Dottorato in Architettura e Pianificazione

Scuola di Dottorato in Progettazione Architettonica e Urbana - Ciclo XXII

Università degli Studi di Sassari – Facoltà di Architettura di Alghero