

POLITECNICO DI TORINO  
I FACOLTA' DI ARCHITETTURA  
Corso di Laurea Magistrale in Architettura (costruzione)  
**Tesi meritevoli di pubblicazione**

---

**Occupants' action scenarios. Influenza del comportamento dell'occupante sulla qualità climatica indoor e sui consumi energetici negli edifici**

di Francesca Venezia

Relatore: Stefano Paolo Corgnati

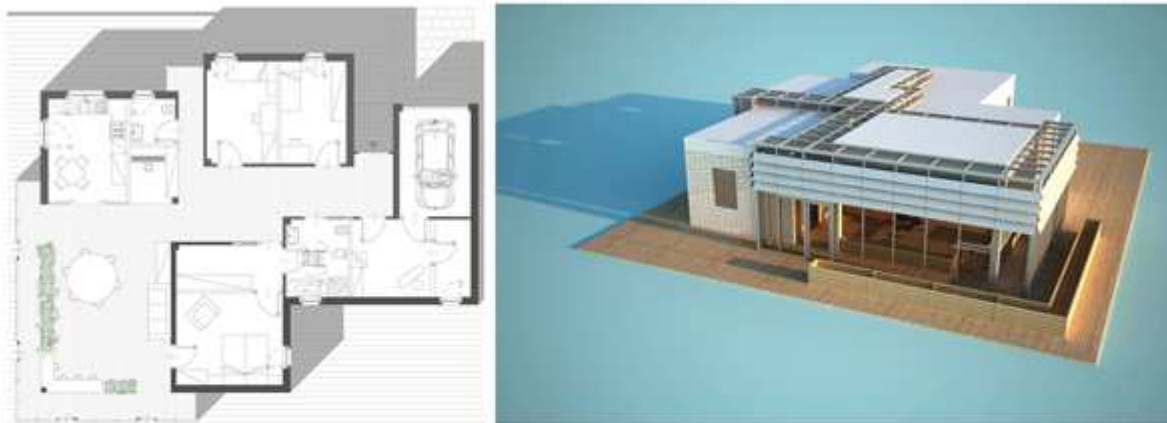
Correlatori: Bjarne W. Olesen, Rune Vinther Andersen

Uno tra gli aspetti che maggiormente influenzano l'inquinamento ambientale nei paesi sviluppati è il consumo di energia negli edifici. In tutto il mondo l'industria delle costruzioni è tra quelle che più contribuiscono al consumo di materiali ed energia. Nell' Europa del nord il 41% dei consumi totali di energia è dovuto alle costruzioni, di questi il 30% sono da attribuirsi al settore residenziale.

Di conseguenza le riduzioni dei consumi energetici negli edifici e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub> sono l'obiettivo principale che l'architettura sostenibile si propone. Le simulazioni energetiche sono sempre più utilizzate nella fase progettuale ma la maggior parte dei programmi di calcolo sono in grado di simulare accuratamente soltanto le proprietà fisiche dell'edificio. La capacità di calcolare i consumi energetici reali è infatti minata da una scarsa rappresentazione delle variabili stocastiche che mettono in relazione le interazioni umane con il controllo dell'ambiente interno.

La ragione della discrepanza tra i consumi energetici simulati e reali risiede nel fatto che gli strumenti di simulazione sono soltanto capaci di descrivere le azioni di controllo modellando deterministicamente e seguendo *schedule* prefissate e, di conseguenza, non realistiche. In realtà i modelli di comportamento dell'utente sono generalmente descritti da algoritmi statistici mentre gli strumenti di simulazione si basano su equazioni che mimano la realtà in maniera statica. Vengono di solito adottate supposizioni che descrivono la presenza degli occupanti e le loro azioni sull'edificio, ma il comportamento umano è molto più complesso. Nelle regolari simulazioni energetiche è impossibile stabilire quanto vicini saranno i risultati all'uso energetico totale.

In una prima fase di studio della tesi si sono svolte simulazioni energetiche su un caso studio. L'approccio seguito per queste simulazioni è di tipo deterministico, questo si basa su *schedule* decise a priori e rappresenta l'attuale metodo adottato nelle simulazioni energetiche.



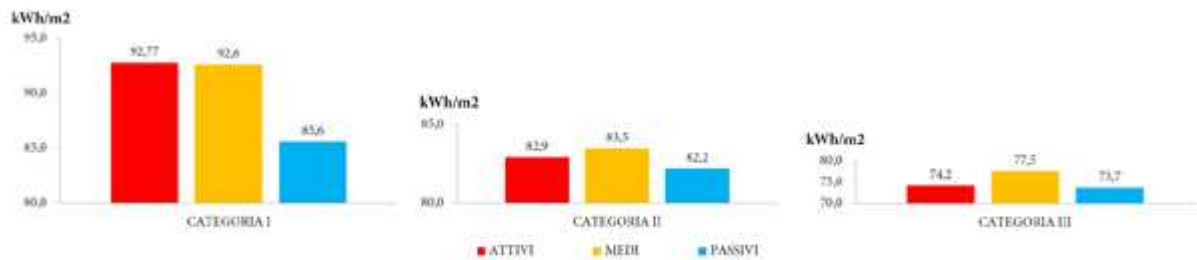
EN15251			Results of Energy Simulations				
Comfort category	Ventilation rate (l/(s·m <sup>2</sup> ))	Temperature for heating (°C)	Heating, EP (kWh/m <sup>2</sup> )	HVAC, EP (kWh/m <sup>2</sup> )	Lighting, EP (kWh/m <sup>2</sup> )	Equipments, EP (kWh/m <sup>2</sup> )	Total Energy, EP (kWh/m <sup>2</sup> )
I	0.49	21.0	22.65	22.23	27.63	11.28	83.80
II	0.42	20.0	14.75	19.05	27.63	11.28	72.72
III	0.35	18.0	5.52	15.85	27.63	11.28	60.29

**Fig 1** Approccio deterministico per il caso studio. Risultati: consumi annuali per le diverse categorie di comfort definite dalla Normativa Europea EN 15251

Negli ultimi anni è aumentata l'attenzione verso i modelli probabilistici di comportamento dell'occupante negli edifici; è necessario infatti iniziare a prendere in considerazione le interazioni degli occupanti al fine di ottenere valori che siano sempre più vicini ai consumi reali. Per fare questo, è necessario implementare nei programmi di simulazione le equazioni che descrivono il comportamento dell'occupante ed è necessario definire un metodo per una migliore previsione della domanda energetica.

I software attuali non sono al momento in grado di valutare adeguatamente gli *scenarios* e descrivere l'influenza del comportamento dell'occupante, che è il punto cruciale nello sforzo di ridurre i consumi energetici. Si è dunque cercato di definire un modello realistico di profili comportamentali in modo da poterlo implementare nei programmi di simulazione degli edifici. Il lavoro di tesi si è concentrato principalmente sulla ricerca di come diversi profili di utenti probabilistici, rispettivamente attivi medi e passivi, influenzino la qualità dell'ambiente interno e i consumi energetici allo scopo di confrontare i risultati ottenuti con un uso standard dei programmi di simulazione.

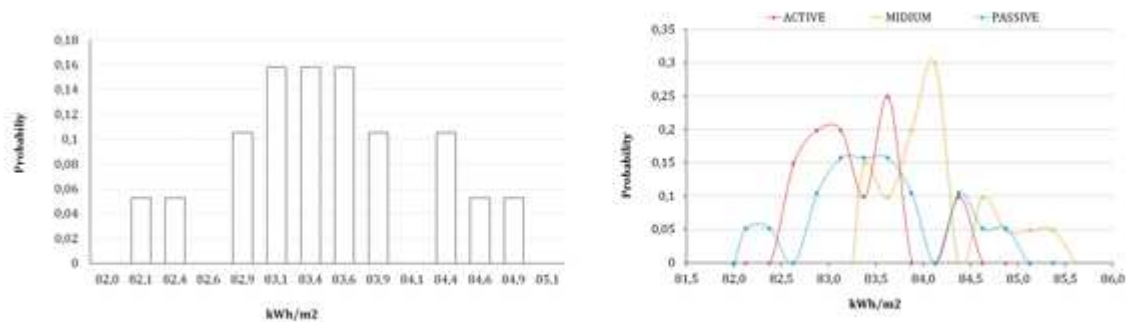
A partire dal database di un monitoraggio su 15 abitazioni Danesi a Copenhagen si sono analizzate le abitudini degli occupanti per mezzo della regressione logistica al fine di calcolare la probabilità di regolare i set-point di temperatura delle valvole termostatiche dei radiatori. I risultati delle analisi statistiche mostrano tre profili di utenti per la simulazione delle interazioni degli occupanti con i sistemi di controllo del riscaldamento da implementare come input all'interno dei programmi di simulazione. I risultati mostrano come le categorie di comfort abbiano un impatto significativo sulla qualità ambientale interna e sottolineano la loro influenza sui consumi energetici.



**Fig 2** Approccio probabilistico. Risultati dei consumi energetici annuali espressi in energia primaria per le diverse categorie di comfort e i modelli di utenti attivi, medi e passivi

In un ultima fase, a seguito di una serie di simulazioni lanciate per ogni modello di utente si è riusciti a descrivere i risultati dei consumi energetici per mezzo di distribuzioni probabilistiche per i tipi di utenti. È stata inoltre calcolata la qualità ambientale interna sia per i tre tipi di categorie di comfort che per i diversi tipi di utenti.

L'intento principale di questa tesi vorrebbe essere quello di mostrare come questa metodologia possa essere applicata in tutti gli aspetti delle interazioni degli utenti con l'edificio e gli impianti come ad esempio: l'apertura delle finestre, i dispositivi di ombreggiamento, l'illuminazione, etc. ottenendo così previsioni sempre più realistiche sui consumi energetici.



**Fig 3** Approccio probabilistico. Distribuzione probabilistica dei consumi energetici per il modello di utenti attivi e distribuzioni probabilistiche dei consumi annuali per i diversi tipi di utenti a confronto

Per ulteriori informazioni, e-mail:

Francesca Venezia: [venezia.francesca@gmail.com](mailto:venezia.francesca@gmail.com)