Indice

Abstract **1**

1 Il dibattito mondiale sull'energia
1.1 Impegno internazionale e politiche per uno sviluppo sostenibile..... 2
1.2 Le tappe storiche dello sviluppo sostenibile 5
1.2.1 La situazione italiana 14
…

2 Gli obblighi di legge e gli incentivi per la riqualificazione
2.1 La legislazione energetica in Italia: panoramica 23
2.2 La legislazione energetica italiana: i principi fondamentali 30
2.2.1 La Legge 308/1982 30
2.2.2 Le Leggi 9 e 10/1991 31
2.3 Gli incentivi per la riqualificazione energetica degli edifici residenziali 37
…

5 Le applicazione del solare termico
5.1 Il pannelli solare: com'è fatto e come funziona 84
5.2 Tipologie di pannelli solari 85
…

9 Qualificazione energetica con l'architettura bioclimatica
9.1 Principi di architettura bioclimatica 427
9.1.1 Sistemi solari attivi e passivi 427
9.1.2 Modellazione dei flussi energetici 429

Conclusioni **468**

Bibliografia **470**

Indice delle figure **475**

Indice delle schede **480**

Indice delle tavole **483**

Ringraziamenti **500**

Abstract

Questa Tesina si inserisce nel più ampio dibattito sul risparmio energetico e, illustrandone a grandi linee le tematiche principali, rivolge l'attenzione all'ambito edile ed in particolare al settore della ristrutturazione.
Vengono introdotti la nozione di certificazione energetica degli edifici così come proposta dallo norrnative italiana ed europea, ed il concetto di analisi energetica come strumento indagativo delle prestazioni dell'immobile e come procedimento di diagnosi ed ipotesi dei possibili interventi riqualificativi.
Le diverse operazioni di recupero energetico sono ricondotte a tre ambiti principali:
introduzione di supporti energetici alternativi, quali il solare termico, interventi possibili sugli impianti e, in particolare, interventi riqualificativi dell'involucro edilizio.
Si è valutato l'utilizzo di diverse metodologie analitiche, sia semplificate sia computative, e se ne è trattata l'applicazione ad un caso specifico: la Scuola Elementare di Turbigo.
Il complesso in esame è stato oggetto del rilievo delle caratteristiche edilizie ed impiantistiche la cui elaborazione ha fornito la classificazione dell'immobile secondo il metodo semplificato ed i dati prestazionali energetici poi certificati. L'analisi di quegli stessi dati e dei risultati, ottenuti dalla computazione informatica, ha evidenziato gli ambiti che più necessitano l'intervento.
In base a tali elementi, ed a considerazioni tattiche di opportunità contingente, sono state proposte alcune operazioni per la riqualificazione energetica, i cui apporti, in termini di risparmio energetico, sono stati poi valutati tramite simulazione al calcolatore.
Si è visto come, per l'edificio in esame, il metodo computazionale risulti estremamente vantaggioso per una corretta pianificazione degli interventi di riqualificazione energetica.
Nel loro complesso gli interventi ipotizzati portano ad un notevole risparmio di energia.

Abstract

In inglese

Capitolo 1
Il dibattito mondiale sull'energia

1.1 Impegno Internazionale e politiche per uno sviluppo sostenibiìe

I consumi energetici ed Il conseguente livello dl inquinamento ambientale raggiunti negli ultimi anni si sono presentati con urgenza alla ribalta mondiale ed hanno preteso da una parte l'approfondimento di tali questioni e dall'altra la ricerca immediata di una politica soprannazionale per la regolazione della gestione dei beni ambientali comuni.

La scena politica internazionale si è a tal proposito adoperata per concordare la stipulazione di Trattati e Convenzioni ai quali si è giunti attraverso una successione di conferenze ed incontri.

Se nei primi anni Settanta fu avviato il dibattito sulla esauribilità delle risorse e sul riconoscimento dei limiti alla crescita materiale e quantitativa (citiamo, per tutti, il rapporto "The Limits to Growth" curato dal Systems Dynamics Group del MII per conto del Club di Roma nel 1972), a dominare la questione ambientale nella seconda metà degli anni Settanta e negli anni Ottanta furono la preoccupazione e la ricerca del come intervenire per "pulire" l'ambiente, risolvendosi generalmente attraverso interventi alla fine del ciclo produttivo.

Nell'ultimo decennio invece l'attenzione si è piuttosto concentrata sulla riduzione dei livelli di immissione di risorse nei processi economici.

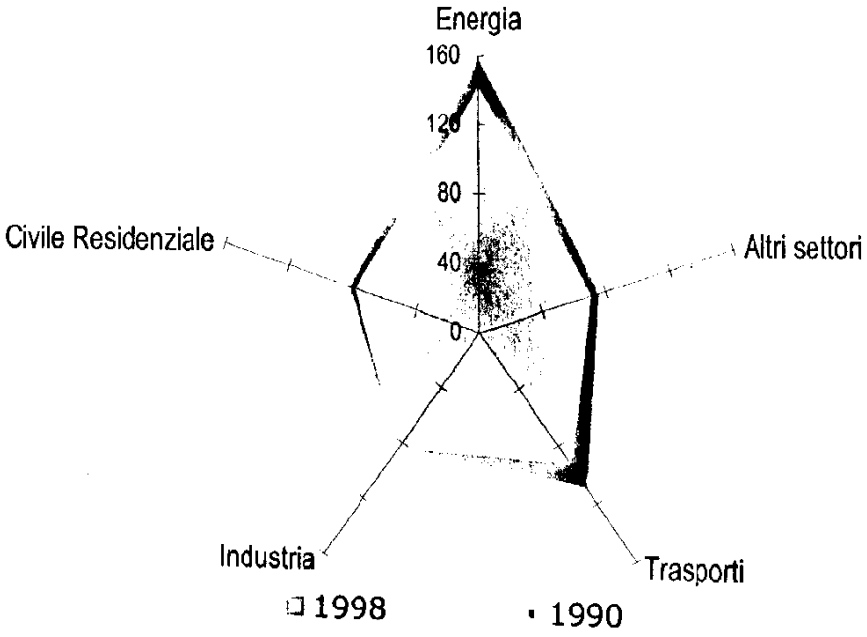

Figura 1.1 Emissioni di CO_2 per settore (Mt)

Conclusioni

In questa Tesina sono state analizzate due metodologie per il calcolo dei consumi energetici e la predisposizione degli interventi più idonei a limitarli: una metodologia semplificata, di tipo check list, e quella computazionale.
I due aspetti su cui si è concentrata l'attenzione sono:
— gli impianti di produzione e distribuzione del calore;
— l'involucro e le dispersioni termiche pertinenti.
Questi due clementi sono chiaramente inscindibili ai tini dell'analisi energetica e così intatti sono concepiti dalla normativa alla quale abbiamo fatto riferimento (in particolare alla Legge 10/91 ed al suo Regolamento applicativo, il D.P.R. 412/93).
Nella trattazione dell'analisi energetica della Scuola Elementare di Turbigo si è dapprima considerata una metodologia di tipo qualitativo, la lista positiva, riconducendo l'immobile studiato ad un Tipo classificato, in base ad alcuni parametri (zona climatica di appartenenza, geometria del fabbricato, tipologia di impianto termico, livello di isolamento termico), e definendone a priori le caratteristiche energetiche in base a studi statistici condotti su immobili appartenenti alla stessa Classe Tipo. In base a questa stessa classificazione, la metodologia ha indicato le probabili patologie presenti e le operazioni riqualificative che spesso sono indicate per edifici di caratteristiche simili.
L'applicazione al caso in esame non ha fallo che confermare le proprie carenze, dovute al fatto che le indicazioni fornite sono il risultato di considerazioni di massima e che quindi un'analisi specifica non possa esimersi dal contestualizzare considerazioni generiche con contenuti informativi di scarso valore. Ci si riferisce in particolare a come per la tipologia di edificio riscontrata venisse fallacemente esclusa la presenza dl un'intercapedinee nelle chiusure e quindi la possibilità di intervenire con l'insufflamento di materiale isolante.
Parallelamente alla metodologia semplificata si è effettuata l'analisi del medesimo edificio con un metodo computazionale. Malgrado anche quest'ultimo abbia dimostrato alcune mancanze (ad esempio non considerando lo stato di degrado degli elementi, siano essi impiantistici o edilizi, o la presenza o meno di condensa superficiale o interna agli elementi di chiusura), e naturalmente richieda il raccoglimento di una mole di dati piuttosto imponente, si è rivelato decisamente più significativo e specifico.
Per il calcolo dei parametri termici degli elementi tecnici, nonché per la previsione della condensa superficiale ed interstiziale dovuta alla diffusione del vapore, aspetto rilevante che entrambe le metodologie trascurano, *è* stato creato un foglio di calcolo apposito, che permette di valutare e di confrontare con immediatezza e semplicità (e accessibilità, si tratta di utilizzare un semplice foglio di Microsoft Excel®) le proprietà di diverse soluzioni tecniche sia esistenti, sia ipotizzabili in fase di progetto come di ristrutturazione
Per il calcolo dello stato di fatto dei consumi energetici e la simulazione degli effetti degli interventi si è invece utilizzato uno strumento esistente: il CENED 4 (realizzato e messo gentilmente a disposizione dalla Associazione dei Punti Energia).
Si è effettuata la certificazione dei due edifici costituenti il complesso e, tramite l'analisi dei dati relativi alle varie voci di dispersione, si sono individuati gli elementi che più necessitavano di essere riqualificati, anche grazie all'analisi dei parametri di legge relativi ai limiti imponibili in caso di intervento su componenti impiantistici o edilizi.
Entrambi gli edifici sono risultati carenti dal punto di vista dell'isolamento dell'involucro, benché ciò fosse prevedibile, data la totale mancanza di coibentazione, il riscontro numerico ha fornito un'idea del livello di inadeguatezza, riconoscendo ad esempio come più grave la situazione dell'edificio Parte Nuova (e non basta la mancanza prestazionale dei serramenti a giustificare il divario).
Identificati i settori di intervento, le operazioni più indicate sono state scelte in base a considerazioni tecniche di condizioni dell'esistente, operative, e di opportunità contingente (ad esempio la realizzazione di un pavimento sopraelevato destinato ad ospitare sia la coibentazione, sa la distribuzione dell'impianto termico nell'edificio Parte Vecchia, oppure 'a realizzazione di un cappotto esterno in concomitanza alla manutenzione det'e 'ai:ciate nell'edificio Parte Nuova).

Bibliografia

[1] ZENG H., BERT C.W., *A differential quadrature analysis of vibration for rectangular stiffened plates*, in “Journal of Sound and Vibration”, 241, 2001, pp. 247- 252.

[2] RAYLEIGH L., *Theory of Sound*, 2 voll., Dover Publications, New York 1877, nuova edizione 1945.

[3] SAS P., *Vibration testing: state of the art and challenges*, in *Modern Practice in Stress and Vibration Analysis*, M.D. Gilchrist (Ed.), A.A. Balkema, Rotterdam 1997, pp. 65-74.

[4] LANGLEY R.S., *The dynamic analysis on uncertain structures*, proceedings of the Seventh International Conference on Recent Advances in Structural Dynamics, Southampton, July 2000, pp. 1-20.

[5] FRAMBURGO A., *Acustica delle campane della cattedrale di Senlis*, in *Aaaaaaaaaa*, Atti del I Congresso di Acustica degli Strumenti Musicali, Cremona, gennaio 1905, vol. I, pp. 479-482.

[6] RIBEIRO P.M.L., *Geometrical non-linear vibration of beams and plates by the hierarchical finite element method*, PhD Thesis, University of Southampton, 1998.

[7] ROSSI M., *Intorno a una nuova teoria di profili epitrocoidali*, Report interno, Dipartimento di Meccanica, 21/64, 1964.

[8] http://www.polimi.it/pub/main.htm.

[9] SMITH A.B., comunicazione personale, 1999.

[10] Sysnoise rev. 5.5 User's Manual, LMS International, Leuven, Belgium, 2000.

[11] International Organization for Standardization ISO 2631-1, Mechanical vibration and shock - evaluation of human exposure to whole-body vibration - part 1: general requirements, 1997.

[12] LUEG P., *Process of silencing oscillations*, U.S. Patent No. 2,043,416, 1936.

[13] WOLFE J., SMITH J., FANN J., FLETCHER N.H., *Acoustics of classical and modern flutes: a compendium of impedance spectra, sound spectra, sounds and fingerings*, Online appendix, JSV+. http://www.elsevier.com/locate/jsvi.

[14] ROSSI G., *La teoria dei suoni*, in http://www.polimi.it/pub/main.htm.

…

Indice delle Figure

1.1 Emissioni di CO_2 per settore (Mt) 10
1.2 …
1.3 …

Indice delle Schede

1.1 Degrado della facciata Sud 12
1.2 …
1.3 …

Indice delle Tavole

1 Inquadramento
2 ….
3 ….
4 ….
5 ….

Ringraziamenti

Indicare eventuali ringraziamenti