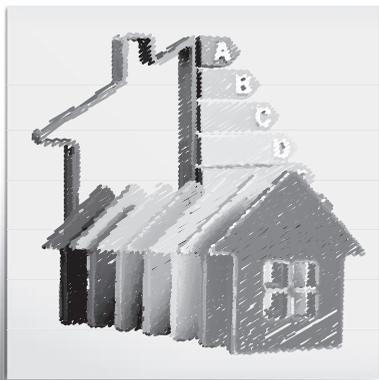


Gaspare Biondo – Paolo Gesani – Girolamo Maria Lattuca

DIAGNOSI ENERGETICA NELL'EDILIZIA

**INVOLUCRO, IMPIANTI E PROFILI D'USO DEGLI IMMOBILI
SOLUZIONI PER IL RETROFIT ENERGETICO DELL'EDIFICIO**



SOFTWARE INCLUSO

PRINCIPALI PROVVEDIMENTI LEGISLATIVI DI RIFERIMENTO

Glossario (principali termini tecnico-normativi), **F.A.Q.** (domande e risposte sui principali argomenti),

Test iniziale (verifica della formazione di base), **Test finale** (verifica dei concetti analizzati)



GRAFILL

Gaspare Biondo, Paolo Gesani, Girolamo Maria Lattuca
DIAGNOSI ENERGETICA NELL'EDILIZIA

ISBN 13 978-88-8207-495-1
EAN 9 788882 07495-1

Manuali, 131
Prima edizione, maggio 2013

Biondo, Gaspare <1983->

Diagnosi energetica nell'edilizia / Gaspare Biondo, Paolo Gesani, Girolamo Maria Lattuca – Palermo: Grafill, 2013.

(Manuali ; 131)

ISBN 978-88-8207-495-1

1. Edifici – Risparmio energetico.

I. Gesani, Paolo <1983->. II. Lattuca, Girolamo Maria <1983->.
696 CDD-22 SBN Pal0253339

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

© **GRAFILL S.r.l.**

Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313
Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

Finito di stampare nel mese di maggio 2013

presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l.** Via del Cavaliere, 93 – 90011 Bagheria (PA)

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

Gli autori sono responsabili delle liberatorie per la riproduzione delle immagini.

INDICE

PREFAZIONE di <i>Sebastiano Trapani</i>	p.	5
INTRODUZIONE di <i>Rossella Corrao</i>	"	9
Strategie sostenibili per il retrofit energetico del patrimonio edilizio esistente: BIPV e mitigazione del microclima urbano per l'incremento del comfort indoor e outdoor	"	9
1. FINALITÀ E SCOPI DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	"	15
1.1. Valutazione della qualità dell'immobile	"	17
1.2. Valutazione delle modalità di gestione dell'immobile	"	18
1.3. Raccolta, interpretazione e valutazione dei consumi energetici	"	19
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	"	23
2.1. Direttive europee	"	23
2.1.1. 2002/91/CE Rendimento energetico nell'edilizia / Energy Performance Building Directive	"	23
2.1.2. 2006/32/CE Efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici	"	24
2.1.3. 2010/31/CE Prestazioni energetiche nell'edilizia	"	25
2.2. Normativa nazionale	"	25
2.2.1. Decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, attuazione della 2002/91/CE	"	26
2.2.2. Decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 115	"	27
2.2.3. D.P.R. n. 59/2009	"	28
2.2.4. Decreto ministeriale 26 giugno 2009, Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici	"	28
2.2.5. Decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28	"	29
3. LA DIAGNOSI ENERGETICA	"	31
3.1. Acquisizione dei dati: input	"	33
3.1.1. Preparazione	"	34
3.1.2. Ispezione	"	39
3.1.3. Programmazione	"	40
3.2. Elaborazione	"	40
3.3. Risultati finali: output	"	42

3.3.1. Scheda diagnostica	p.	42
3.4. Scenario di intervento	~	48
4. LA DIAGNOSI STRUMENTALE	~	57
4.1. Termoflussimetro	~	57
4.2. Blower-Door	~	66
4.3. Termocamera	~	71
5. GLI INTERVENTI SUGLI IMMOBILI	~	83
5.1. Interventi sull'involucro edilizio	~	84
5.2. Interventi sugli impianti	~	87
6. FAQ	~	93
7. APPENDICE NORMATIVA	~	109
Decreto 3 marzo 2011 – <i>Disposizioni in materia di certificazione energetica degli edifici nel territorio della Regione siciliana</i>	~	109
Decreto 26 gennaio 2010 – <i>Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici</i>	~	114
Decreto 11 marzo 2008 – <i>Attuazione dell'articolo 1, comma 24, lettera a) della legge 24 dicembre 2007, n. 244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'articolo 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296</i>	~	117
<i>Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione) del 19 maggio 2010</i>	~	123
8. INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE ALLEGATO	~	147
8.1. Introduzione	~	147
8.2. Requisiti minimi hardware e software	~	147
8.3. Download del software e richiesta della password di attivazione	~	147
8.4. Installazione e attivazione del software	~	148
BIBLIOGRAFIA	~	149

PREFAZIONE

Sebastiano Trapani

Professore associato del SSD Fisica Tecnica presso il Dipartimento di Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici – UNIPA

I temi della sostenibilità ambientale e dell'efficienza energetica sono oggi diventati prioritari nelle politiche europee e nazionali.

Il 40% del consumo di energia totale viene assorbito dal comparto edilizio, in cui gli edifici esistenti costituiscono l'85% del totale con pregi storico-artistici e scarsa qualità energetica.

La diagnosi energetica nel corso del tempo ha acquistato un'importanza crescente.

Si passa infatti dalla direttiva 2002/91/CE, in cui la diagnosi energetica viene considerata una raccomandazione “per il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio” al decreto legislativo 30 maggio 2008, n. 115 in cui costituisce un servizio energetico equivalente ad una certificazione energetica.

Mentre la certificazione energetica costituisce uno studio in condizioni standard, la diagnosi energetica costituisce una certificazione che tiene conto della effettiva gestione dell'utilizzatore del sistema edificio-impianto.

La diagnosi energetica consente di ottenere una corretta valutazione delle prestazioni energetiche di un edificio nelle reali condizioni d'uso, e di definire gli interventi necessari per la riqualificazione energetica, economica ed ambientale, che possono riguardare l'involucro edilizio, il sistema impiantistico, le fonti energetiche rinnovabili, la manutenzione.

L'individuazione delle inefficienze e delle criticità consente di intervenire con le soluzioni a minor costo e maggior efficacia per la riduzione dei consumi energetici, individuando e quantificando le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo dei costi/benefici.

La Diagnosi Energetica integra i dati raccolti sul campo, a seguito di sopralluoghi, con strumenti di calcolo che elaborando un modello matematico dell'edificio consentono di analizzare ed individuare gli interventi di riqualificazione energetica dell'edificio.

Le fasi di una procedura di diagnosi sono:

- redazione di una check-list in cui vengono riportati i dati relativi all'edificio (dati generali, caratteristiche geometriche e termofisiche dell'involucro, ...), agli impianti (meccanici ed elettrici) ed alla gestione (orari funzionamento, temperature interne, dati di consumo, ...);
- simulazione del comportamento energetico dell'edificio nelle condizioni reali di utilizzo;
- individuazione degli interventi di riqualificazione per ridurre le dispersioni termiche e le spese energetiche, per migliorare il comfort ambientale e la classe energetica dell'edificio;
- valutazione tecnica ed economica della fattibilità degli interventi proposti utilizzando appositi indicatori (VAN, IP, TIR, TRA, TR).

Per gli edifici esistenti spesso non sono disponibili gli elaborati grafici e descrittivi del progetto o non risultano corrispondenti al vero. Sarà necessario in tal caso effettuare un rilievo delle dimensioni dell'edificio, delle superfici disperdenti, dei volumi interni e dello schema impiantistico.

Si possono definire tre possibili livelli di diagnosi energetica, una semplificata, una standard ed una avanzata, ognuna corrispondente ad un livello crescente di accuratezza nella raccolta dei dati di input e nella presentazione degli output.

Le informazioni relative alle prestazioni termofisiche dell'involucro edilizio e dell'impianto possono essere supportate dall'impiego di tecniche diagnostiche strumentali non invasive.

Nella diagnosi energetica standard vengono utilizzate la termoflussimetria e la termografia a raggi infrarossi, e viene effettuata l'analisi dei consumi per gli ultimi due anni.

Nella diagnosi energetica avanzata le indagini strumentali comprendono anche un Blower-Door Test e l'analisi dei consumi viene estesa agli ultimi tre anni.

L'analisi termoflussimetrica è utilizzata per valutare la trasmittanza termica dei diversi elementi costruttivi (murature, solette, basamenti, vetri, ecc.) allo scopo di poter calcolare le perdite per trasmissione attraverso l'involucro edilizio che, insieme alle perdite per ventilazione, costituiscono la maggiore fonte di dispersione energetica.

La trasmittanza termica viene misurata con un termoflussimetro, quattro sensori di temperatura superficiale ed un datalogger.

Come da UNI 8301 le acquisizioni durano 72 ore con rilevamenti ogni 15 minuti effettuati nelle stagioni in cui si realizzano Δt tra interno ed esterno elevati (inverno con impianto di riscaldamento ON).

I dati raccolti vengono processati con software specifici che possono utilizzare come metodo di analisi il "metodo black box" o il "metodo delle medie progressive".

La termografia tramite una telecamera ad infrarossi (termocamera) consente di mappare la temperatura superficiale apparente dei corpi, misurando la radiazione infrarossa emessa.

La presenza di anomalie nella distribuzione termica superficiale denuncia l'esistenza di problematiche strutturali, energetiche, conservative e impiantistiche nell'edificio.

Nell'involucro consente di individuare la tipologia strutturale, i ponti termici, la tessitura muraria delle pareti, la stratigrafia e le prestazioni dei componenti opachi e trasparenti, la posa dell'isolante, e la presenza di umidità latente.

Negli impianti, consente di verificare l'isolamento termico dei generatori di calore, e l'efficienza dei sistemi di distribuzione e di emissione.

Può essere utilizzata anche per verificare il corretto funzionamento delle celle solari termiche e fotovoltaiche.

Il Blower-Door Test, consente di quantificare le infiltrazioni d'aria provenienti dai diversi componenti che compongono l'involucro edilizio.

Viene effettuato secondo la norma UNI EN 13829 con il Minneapolis Blower-Door, che consente di individuare il valore caratteristico della permeabilità all'aria (n_{50}) che rappresenta la portata volumetrica d'aria dispersa dall'involucro edilizio sotto un gradiente pressorio di 50 Pa tra interno ed esterno.

La qualità dell'involucro nei confronti della permeabilità viene ottenuta per confronto di n_{50} con i valori di riferimento riportati nella ISO 9977.

Per poter effettuare comparazioni omogenee occorre procedere ad una normalizzazione dei risultati ottenuti facendo riferimento ad una temperatura di 20 °C ed una pressione di $1,013 * 10^5$ Pa.

Una indagine termografica condotta in parallelo con un Blower-Door Test consente di rilevare le zone di infiltrazione d'aria.

Il volume riporta oltre ad un'accurata esposizione degli argomenti, delle normative, delle strumentazioni e delle procedure di indagine, i risultati di alcune esperienze in campo professionale degli autori, e rappresenta uno strumento di utile ed agevole consultazione per i tecnici che si troveranno ad affrontare le tematiche relative alla diagnosi energetica degli edifici.

INTRODUZIONE

Rossella Corrao

Professore associato del SSD Architettura Tecnica presso il Dipartimento di Architettura – UNIPA

► Strategie sostenibili per il retrofit energetico del patrimonio edilizio esistente: BIPV e mitigazione del microclima urbano per l'incremento del comfort indoor e outdoor

Al giorno d'oggi si fa un gran parlare della necessità di riqualificare il patrimonio edilizio esistente al fine di ridurre i consumi energetici degli edifici e, conseguentemente, le emissioni di CO₂ nell'aria, garantendo il comfort indoor (ed outdoor) nell'ottica della sostenibilità ambientale.

Tutti sanno, infatti, che gli edifici sono i principali responsabili delle immissioni di CO₂ in atmosfera, con una percentuale che si aggira intorno al 43%, rispetto al 32% del settore dei Trasporti ed al 25% del settore dell'Industria¹. In particolare, ad incidere significativamente su tale percentuale sono gli edifici residenziali (21%), seguono quelli per il commercio (17%) e per l'industria (5%)².

Anche le “strategie” di retrofit risultano, ormai, ben note agli addetti ai lavori così come alla gente comune, riguardando queste, ed in maggior misura, tutti gli interventi mirati alla ridefinizione delle caratteristiche tecnologiche e prestazionali degli elementi di “frontiera” dell'edificio (infissi esterni, pareti perimetrali verticali, coperture) che, prevalentemente – com'è ovvio comprendere – più direttamente si relazionano con l'ambiente esterno in cui lo stesso edificio è inserito. Gli elementi tecnici che connotano l'involucro edilizio, infatti, sono molto spesso responsabili delle inefficienze più gravose per la gestione degli edifici – indipendentemente dalla tipologia funzionale di questi ultimi – in ragione del loro più o meno prematuro degrado o della loro connaturata incapacità di mantenere a lungo adeguate condizioni di comfort indoor³ per la determinazione delle quali, molto spesso, è richiesto l'impiego ed il funzionamento continuo di elementi impiantistici integrativi⁴ con ovvie ricadute in termini di dispendio energetico, economico nonché di compromissione della salubrità dell'aria e delle condizioni di comfort outdoor.

¹ Fonte: Center for Climate and Energy Solutions, già Pew Center on Global Climate Change. Il centro, fondato nel 1998, è stato riconosciuto dall'Università della Pennsylvania – nel 2009 e nel 2011 – come il migliore centro indipendente – a livello mondiale – per la raccolta di informazioni e l'analisi di dati sul clima e l'ambiente. Il centro è in grado, anche, di mettere in atto pragmatiche azioni che tengono in considerazione interessi di natura diversa (ambientale, economica, ecc). Cfr: <http://www.c2es.org/>.

² *Ibidem*.

³ Ad esempio, tempi di sfasamento e di smorzamento del flusso termico molto brevi.

⁴ Si pensi all'utilizzo dei climatizzatori e dei condizionatori che, molto spesso, devono rimanere costantemente accesi data l'incapacità degli elementi dell'involucro, appunto, di mantenere le condizioni di comfort ottimali all'interno degli spazi abitati per un lasso di tempo congeniale all'espletamento delle attività previste all'interno degli edifici stessi.

Anche le norme tecniche e la legislazione relativa alla valutazione del rendimento energetico degli edifici, fissando parametri di efficienza sempre più restrittivi in relazione alle differenti zone climatiche⁵ in cui gli stessi elementi tecnici vengono impiegati, impongono – anche agli utenti meno “avvertiti” – la conoscenza delle problematiche connesse al risparmio energetico ed alla salvaguardia ambientale, nonché delle possibili “misure correttive” da adottare per il “risanamento energetico” degli immobili oggetto, ad esempio, di semplici compravendite da cui si intendono ricavare maggiori guadagni.

“Più efficienza più guadagni!”, potremmo dire con uno slogan che certamente è in grado di catturare l'attenzione dei più. E non senza ragione!

Una maggiore efficienza degli edifici, oltre a comportare maggiori guadagni – come già accennato – all'atto di eventuali compravendite degli stessi⁶ comporta, indubbiamente, notevoli risparmi – in termini economici – all'atto della gestione dei consumi energetici derivati dalla necessità di garantire adeguati livelli di comfort indoor.

In ragione di ciò risulta necessario, quindi, individuare correttamente gli interventi realmente utili al fine di adeguare il patrimonio edilizio esistente agli “standard” prestazionali connessi prevalentemente al Benessere dell'utenza, nel rispetto dei limiti imposti dalle normative vigenti. E in ciò, un corretto *audit energetico* risulta di fondamentale importanza per suggerire, correttamente, all'utente quali siano gli interventi che possono essere messi in atto in ragione non solo della fattibilità tecnica ma anche e, soprattutto – forse – di quella economica al fine, appunto di non “disperdere energie” (di qualsiasi “natura” esse siano) attraverso inopportuni interventi nient'affatto risolutivi.

Non va, poi, tralasciato il contributo che a tale corretta individuazione può fornire una preliminare indagine sulle caratteristiche degli spazi esterni in cui tali edifici ricadono, al fine di individuare idonee strategie di mitigazione del microclima urbano che potrebbero contribuire a ridurre l'incidenza (tecnologica ed economica) degli interventi da effettuare sugli involucri degli edifici.

⁵ È il Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, con il “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'articolo 4, comma 4, della legge del 9 gennaio 1991, n. 10” (che costituisce un decreto attuativo della legge quadro in materia di uso razionale dell'energia e di risparmio energetico sul territorio nazionale – Legge n. 10 del 1991), a suddividere il territorio italiano in 6 zone climatiche identificate dalle prime lettere dell'alfabeto e definite in funzione dei valori assunti dai gradi-giorno (GG) specifici di ogni località, indipendentemente dalla localizzazione geografica della stessa. I gradi-giorno di una località si calcolano come la somma – estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento – delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente – convenzionalmente fissata a 20°C – e la temperatura media esterna giornaliera. Il numero di GG aumenta, quindi, al diminuire della temperatura esterna.

La suddivisione del territorio italiano in zone climatiche è, però, nota ai più soltanto dal 2006, a seguito dell'emanazione della Legge n. 296 del 27 dicembre, che ha introdotto la detrazione delle spese sostenute per gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici. In base a questa legge, per usufruire della detrazione bisognava ridurre i consumi energetici limitando le dispersioni attraverso le superfici dell'involucro edilizio e rispettando i valori limite della trasmittanza termica, imposti a seconda della Zona Climatica dell'area dove l'edificio risultava ubicato.

Tali limiti sono stati ulteriormente aggiornati con il Decreto del 26 gennaio 2010 “Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici” (pubblicato sulla G.U.R.I. 12-02-2010, n. 35) in base al quale il Ministero dello Sviluppo economico ha, appunto modificato i valori limite della trasmittanza termica per i componenti dell'involucro edilizio, richiesti per accedere alle detrazioni fiscali del 55%.

⁶ In relazione alla classe energetica di appartenenza.

Molto spesso, infatti, a fronte di significativi e costosi interventi che possono riguardare gli elementi tecnici che costituiscono le chiusure degli edifici ed i rispettivi impianti per la climatizzazione ed il condizionamento degli stessi, potrebbe essere significativamente utile intervenire preliminarmente anche sugli spazi esterni, perseguendo il comfort outdoor attraverso l'integrazione di elementi vegetali (sia in orizzontale⁷ che in verticale⁸) atti a mitigare il microclima – grazie all'evapotraspirazione – ed a ridurre il carico termico degli edifici, grazie anche all'azione di schermatura dall'irraggiamento solare – nei giorni più caldi dell'anno – che potrebbe essere effettuata dallo stesso apparato fogliare delle diverse specie arboree opportunamente selezionate allo scopo.

Va da sé, però, che proprio quest'ultima potenzialità va vagliata con attenzione perché, se da un lato l'azione di schermatura nei giorni più caldi dell'anno potrebbe apportare utili benefici sul comfort indoor, di contro, durante i mesi invernali, la stessa potrebbe comportare un'inopportuna riduzione dell'illuminazione naturale all'interno degli edifici, con un conseguente discomfort in ragione delle differenti/possibili tipologie funzionali interessate ed un sicuro aggravio di spesa, nonché di dispendio energetico, per il ripristino del comfort luminoso.

In quest'ottica, non bisogna soltanto pensare all'incidenza del problema nel caso di edifici "particolari", quali possono essere quelli per uffici, ad esempio, o commerciali e per il terziario in generale ma, più semplicemente, basti pensare ai consumi elettrici di una famiglia media italiana – composta da 3-4 persone – per la quale tali consumi ammontano a circa 3.000 kWh/anno, ricordando al contempo che, in particolare, il consumo elettrico nazionale è determinato per il 24% dall'illuminazione e dall'uso energetico degli elettrodomestici. Va da sé che, già agendo soltanto sul parametro connesso ad un maggiore e più razionale impiego della luce naturale per l'illuminazione degli spazi interni⁹ si potrebbe ottenere una significativa contrazione dell'utilizzo dell'energia elettrica prodotta da fonti non rinnovabili ed utilizzata per l'illuminazione, con una conseguente riduzione dei costi e delle emissioni di CO₂ nell'aria. Inoltre, se un'aliquota dell'energia necessaria al "funzionamento" diurno e notturno degli edifici¹⁰ fosse prodotta da fonti di energia rinnovabile si potrebbe senz'altro ottenere oltre che un indubbio guadagno in termini di "salubrità" dell'aria, anche un vantaggio in relazione alla conservazione delle risorse naturali da preservare per le

⁷ Ad esempio, attraverso la realizzazione di coperture vegetali.

⁸ Attraverso la realizzazione di "pareti verdi" o "vertical gardens" o – ancora più "fascinosamente" – "mur végétal" alla Patrick Blanc, com'è quello realizzato – ad esempio – al Musée du Quai Branly a Parigi, in cui è stato, appunto, realizzato un muro vegetale di 800 m² con 15.000 piante di 150 differenti specie provenienti da Giappone, Cina, Europa centrale e Stati Uniti – in linea con la provenienza degli oggetti esposti all'interno del museo che rappresenta il museo più importante al mondo dedicato alle arti e alle civiltà primitive di Africa, Asia, Oceania e delle Americhe –.

⁹ Oltre che all'utilizzo di corpi illuminanti maggiormente efficienti come, ad esempio, le lampade a bulbo fluorescente.

¹⁰ Intendendo con tale espressione tutte quelle "azioni" che necessitano di un apporto energetico integrativo per il mantenimento delle condizioni di comfort indoor – prevalentemente durante le ore in cui gli edifici sono occupati dagli utenti – ma anche, ad esempio, semplicemente per la "caratterizzazione estetica" degli edifici stessi durante le ore notturne (si pensi, ad esempio, all'utilizzo della luce artificiale per l'illuminazione degli edifici monumentali o per il mantenimento delle condizioni di sicurezza all'interno di edifici commerciali, ospedalieri, per uffici, ecc. che, spesso, diviene "strumento di differenziazione formale" degli edifici nel panorama notturno delle città contemporanee).

generazioni future, in accordo con gli indirizzi fissati dal famoso, nonché lontano in termini temporali, Rapporto Brundtland¹¹.

La “sostenibilità” degli interventi di retrofit, quindi, può essere perseguita anche attraverso l'utilizzo delle fonti di energia alternativa e l'integrazione negli edifici degli elementi impiantistici che tali fonti energetiche utilizzano.

In quest'ottica, ad esempio, da qualche anno si va diffondendo anche in Italia il BIPV (letteralmente: Building Integrated Photovoltaic – Sistemi fotovoltaici architettonicamente integrati) che rappresenta la nuova “frontiera” del mercato del fotovoltaico, pensato non più “aggiunto” ma “integrato” negli edifici.

In tal senso – ed anche alla luce dei costanti progressi tecnologici raggiunti nel settore del fotovoltaico con i moduli di seconda e terza generazione – si vanno diffondendo soluzioni e prodotti pensati anche per il retrofit energetico degli edifici (e non soltanto “adatti” per la costruzione di edifici ex novo) come, ad esempio: tegole e guaine che integrano moduli fotovoltaici flessibili, in grado di garantire i requisiti connessi alla tenuta all'acqua e di produrre al contempo energia pulita; pannelli vetrocamera e vetri piani monolitici che integrano moduli fotovoltaici semitrasparenti di seconda e terza generazione, in grado di garantire i requisiti connessi alla tenuta all'acqua e all'aria, l'isolamento termico ed acustico, la trasmissione luminosa oltre che la produzione di energia da una delle fonti energetiche non inquinanti più diffuse a livello planetario e considerabile quasi inesauribile qual è il sole.

Seppure quest'indirizzo risulti ancora poco “praticato” dai più, che ancora si attardano nella predisposizione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici esistenti prevedendo – per il fotovoltaico – il semplice posizionamento in copertura, nel rispetto dell'orientamento più favorevole alla produzione di energia ed indipendentemente dalle problematiche di natura architettonica ed “estetica” che l'installazione dell'impianto può comportare, anche la normativa del V Conto Energia tutela e valorizza gli interventi di retrofit che prevedono l'impiego di soluzioni e prodotti BIPV, riconoscendo una tariffa incentivante sensibilmente più elevata rispetto a quella prevista fin qui per i normali interventi di installazione di impianti fotovoltaici “tradizionali” in copertura¹².

¹¹ Conosciuto anche come “*Our Common Future*” il Rapporto Brundtland è un documento redatto nel 1987 dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED) in cui, per la prima volta, viene introdotto il concetto di sviluppo sostenibile, in base al quale si intende «... uno sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni ...» (WCED,1987).

¹² L'articolo 8 del D.M. 5 luglio 2012 (c.d. Quinto Conto Energia) stabilisce che gli impianti fotovoltaici di potenza non inferiore a 1 kW e non superiore a 5 MW, realizzati secondo le previsioni del Decreto, che presentino tutti i requisiti prescritti, che utilizzano moduli non convenzionali e componenti speciali sviluppati specificatamente per integrarsi e sostituire elementi architettonici di edifici, energeticamente certificabili secondo la normativa nazionale, hanno diritto alle tariffe incentivanti riportate nell'Allegato 6 del Decreto. Possono accedere alle tariffe incentivanti gli impianti fotovoltaici che utilizzano moduli e componenti con le seguenti caratteristiche:

- 1) moduli e componenti speciali, sviluppati specificatamente per integrarsi e sostituire elementi architettonici di edifici, energeticamente certificabili;
- 2) moduli e componenti che abbiano significative innovazioni di carattere tecnologico;
- 3) moduli progettati e realizzati industrialmente per svolgere, oltre alla produzione di energia elettrica anche funzioni architettoniche fondamentali.

Alla luce di ciò non ci si può che augurare che gli interventi di riqualificazione energetica degli edifici esistenti – qualsivoglia essi siano e qualsivoglia “guadagno” perseguano (quello “meramente” economico o quello più “aulico” derivabile dal risparmio energetico e dalla conseguente riduzione delle emissioni di CO₂ nell’aria) – vengano messi in atto alla luce di corrette e circostanziate valutazioni preliminari dello stato di fatto (corrette e circostanziate diagnosi energetiche) che possano eventualmente estendersi al di là del singolo edificio, coinvolgendo il contesto cui lo stesso appartiene al fine di valutarne l’efficienza attuale e stimarne correttamente quella futura, nell’ottica dello slogan prima proposto: “Più efficienza più guadagni”!

FINALITÀ E SCOPI DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

La diagnosi energetica causa sempre più spesso negli utenti, e talvolta anche nei tecnici, equivoci e confusione, soprattutto se si vuole confrontarla o associarla alla certificazione energetica; per cui definire in modo chiaro e univoco cosa si intende per diagnosi energetica è elemento essenziale e preliminare ad ogni trattazione dell'argomento. Mentre per la certificazione energetica (con cui la diagnosi spesso viene confusa) esiste una precisa normativa di riferimento (D.Lgs. n. 192/2005 e s.m.i.), per la diagnosi non si è in presenza di una normativa chiara, e il quadro di riferimento, di cui è necessario tener conto, risulta essere quello generale delle leggi in argomento di energia, come la normativa tecnica di settore – norme UNI TS 11300 1, 2, 3, 4 (*Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale*).

In realtà a livello europeo la prima chiara definizione di diagnosi energetica viene data dalla Direttiva 2006/32/CE recepita in Italia dal *D.Lgs. n. 115/2008*, il quale definisce più estesamente la diagnosi energetica come: «*procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati*»; definizione pressoché equivalente la troviamo nella norma europea prEN 16247-1:2011 che definisce l'«*energy audit*»: *systematic inspection and analysis of energy use and energy consumption of a system or organization with the objective of identifying energy flows and the potential for energy efficiency improvements*.

In altre parole la certificazione energetica è di fatto la fotografia del comportamento energetico dell'edificio in condizioni normalizzate, cioè basato su calcoli in condizioni standard: impianti che funzionano per un numero di ore prestabilito, temperatura dell'aria costante per tutte le ore della stagione, condizioni climatiche desunte dalle medie di un anno di riferimento e così via. Questo approccio è giustificabile se si pensa che la certificazione ha lo scopo di definire un valore medio che permetta un confronto tra diversi immobili, tuttavia produce risultati che non sempre sono in linea con la qualità reale verificabile in opera in condizioni d'esercizio.

In queste situazioni è di aiuto la *diagnosi energetica*, intesa come un insieme sistematico di rilievo, raccolta e analisi dei parametri relativi ai consumi specifici e alle condizioni di esercizio dell'edificio.

La diagnosi energetica integra dati raccolti sul campo a seguito di sopralluoghi con strumenti avanzati di rilevamento, allo scopo di individuare e analizzare interventi di riqualificazione energetica dell'edificio. Ben sapendo che analizzare non significa di per sé riqualificare, cosa che semmai avverrà dopo, ma acquisire tutti gli elementi conoscitivi sullo stato di fatto dell'edificio e sui possibili rimedi per programmare interventi mirati anche in

tempi successivi. Occorre, in altre parole, seguire uno studio che, attraverso una serie di analisi teoriche e verifiche sul campo, permetta di definire in che stato, l'edificio in questione, si trovi dal punto di vista energetico, quali siano le principali voci di consumo, quali siano le componenti della struttura o degli impianti che presentino fenomeni di criticità o di vetustà, quali possano essere le possibili soluzioni correttive ed i loro costi in termini di tempo e risorse da investire.

Tabella 1.1. *Tipologie di valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici (elaborazione della norma UNI TS 11300:2008)*

Tipo di valutazione energetica	Dati d'ingresso			Scopo della valutazione
	Uso	Clima	Edificio	
Di progetto (<i>Design rating</i>)	Standard	Standard	Standard	Permesso di costruire
Standard (<i>asset rating</i>)	Standard	Standard	Reale	Certificazione energetica
Adattata all'utenza (<i>Tailored rating</i>)	In funzione dello scopo	Reale	Ottimizzazione, valutazione, diagnosi e programmazione degli interventi di riqualificazione	
La diagnosi energetica degli edifici appartiene alla categoria <i>Tailored rating</i> .				

Più sinteticamente la *diagnosi energetica degli edifici* è una “valutazione tecnico-economica dei flussi di energia”. Gli obiettivi che essa si pone sono quindi:

- definire il bilancio energetico dell'edificio;
- definire gli indicatori di prestazione dell'involucro e degli impianti per pesare il fabbisogno energetico stimato sui reali consumi dell'edificio;
- individuare la presenza di degradi o malfunzionamenti nell'immobile;
- definire gli interventi di riqualificazione tecnologica;
- valutare per ciascun intervento le opportunità tecniche ed economiche;
- migliorare le condizioni di comfort e di sicurezza;
- ridurre le spese di gestione.

La figura tecnica, che si trova ad eseguire ed è responsabile di tale procedura, è l'auditor (referente della diagnosi energetica). Tale funzione può essere svolta da un singolo professionista (libero o associato), da una società di servizi (pubblica o privata, incluse le società d'ingegneria) oppure da un ente pubblico competente.

L'auditor può poi avvalersi di subcontratti per lo svolgimento di specifiche attività comprese nella diagnosi.

I tecnici chiamati a svolgere la diagnosi energetica devono essere esperti nella progettazione degli edifici e degli impianti ad essi asserviti. Nel caso in cui il tecnico non sia competente in tutti i campi necessari all'esecuzione della diagnosi, dovrà operare in collaborazione con altri tecnici, in modo che il gruppo così costituito sia in grado di coprire tutti gli ambiti professionali richiesti. In analogia a quanto avviene per la certificazione energetica degli edifici, sarebbe opportuno che Regioni e Province Autonome istituissero un'abilita-

zione al ruolo di auditor, identificando chiaramente quali titoli di studio tecnico-scientifici ne garantiscano l'accesso e predisponendo opportuni corsi di formazione, a seguito dei quali il soggetto possa ottenere la qualifica da parte delle suddette amministrazioni.

1.1. Valutazione della qualità dell'immobile

Il primo passo della nostra indagine è il reperimento dei dati che riguardano lo stato dell'arte dell'immobile ovvero la verifica sulla qualità energetica del sistema edificio-impianto. In prima istanza risulta estremamente utile acquisire, se sono disponibili il progetto esecutivo, termico, elettrico, edile e tutti i documenti che attestino eventuali ristrutturazioni, manutenzioni straordinarie ecc. oltre ai libretti di manutenzione e gestione degli impianti e tutte le dichiarazioni di conformità. Inoltre i sopralluoghi dovranno prevedere la verifica di dati quali:

- caratteristiche termofisiche dell'edificio;
- impianti di riscaldamento e produzione di acqua calda;
- sistema di condizionamento;
- ventilazione;
- impianto di illuminazione;
- posizione ed orientamento degli edifici;
- sistemi solari passivi e protezione solare;
- ventilazione naturale;
- qualità climatica interna;
- impiego di sistemi solari attivi e altri impianti di generazione di calore ad elettricità a partire da fonti energetiche rinnovabili.

Il rilievo deve, quindi, essere accurato e meticoloso; è utile durante l'ispezione visiva, fornirsi di una planimetria ed una check-list che possiamo organizzare in tre macro aree di verifica: il rilievo geometrico, il rilievo degli impianti, la verifica dello stato di conservazione dell'involucro e la sua stratigrafia.

Quindi si partirà dalla verifica dei dati dimensionali, rilievo delle volumetrie, dimensioni delle superfici disperdenti, verifica delle dimensioni e della qualità degli infissi esterni, per poi proseguire con il rilievo degli impianti; questa è una delle fasi che richiede particolare attenzione. Se, infatti, risulta abbastanza semplice individuare i sistemi di emissione e di generazione, non è altrettanto facile avere informazioni sul sistema di distribuzioni che viene generalmente nascosto e che in fase di realizzazione spesso subisce delle modifiche rispetto al progetto; la terza fase prevede, invece, un'attenta analisi sull'involucro, questa è fondamentale per l'individuazione delle dispersioni, dei ponti termici e dei punti critici presenti nelle chiusure.

La verifica in loco quindi, oltre a definire le caratteristiche dimensionali ed impiantistiche, ha la funzione di verificare le qualità prestazionali dell'immobile. Tali dati sono estremamente importanti per valutare le condizioni standard che stanno alla base della fase preliminare della diagnosi energetica.

Ovviamente la maggior parte delle grandezze necessarie all'indagine valutativa non possono essere semplicemente desunte da un semplice sopralluogo o da un'analisi obiettiva dell'immobile, ma è indispensabile l'utilizzo di strumentazioni che possano, in alter-

nativa alle prove distruttive, far comprendere attraverso grandezze fisiche, i fenomeni e le patologie che fanno parte integrante del sistema edificio-impianto. L'utilizzo di apparecchiature, per la misura della trasmittanza, l'analisi dei punti critici dell'involucro, la disposizione e lo stato degli impianti, la qualità degli infissi e la tenuta all'aria dell'immobile, risulta indispensabile nella redazione di una buona diagnosi energetica. Dispositivi quali Termoflussimetro, Termocamera, Blower-Door, di cui parleremo più approfonditamente nei capitoli successivi, diventano quindi indispensabili per un'accurata analisi dell'immobile.

1.2. Valutazione delle modalità di gestione dell'immobile

La diagnosi energetica affonda la propria ratio nell'analisi della gestione dell'immobile. Se infatti quanto fin qui detto presenta profonde analogie con il metodo utilizzato nella stesura della certificazione energetica, indagare sull'effettivo utilizzo dell'unità immobiliare risulta determinante nella fase di sintesi del processo di diagnosi. Solo attraverso un'adeguata conoscenza della reale funzione, delle modalità di fruizione e delle abitudini degli utenti che utilizzano i singoli ambienti, sarà possibile dare consigli o modificare aspetti tecnici per evitare consumi elevati e discomfort dannosi per l'utente e l'edificio.

È assai frequente riscontrare utilizzi degli edifici che non sono congrui ai parametri utilizzati per la progettazione degli stessi, siano essi edifici pubblici o privati, è possibile ad esempio imbattersi in sovraffollamento di ambienti, utilizzo inadeguato degli impianti di climatizzazione (temperature troppo basse o troppo alte rispetto agli standard), eccessive produzioni di vapori senza un'adeguata aerazione; tutto ciò infatti può causare condense, produzioni di muffe, deterioramento dei materiali ed un inadeguato impiego di risorse energetiche.

È quindi indispensabile in questa fase confrontarsi con l'utenza, cercando di individuare quali sono le problematiche percepite ed i discomfort subiti, cercando di determinare se si tratta di un problema derivante dal "sistema edificio" o semplicemente da una non adeguata gestione dello stesso.

Risulta utile, quindi, che il primo sopralluogo avvenga in presenza dell'utenza che fruisce i locali, così da essere certi di poter accedere in tutti i locali significativi e soprattutto procedere all'intervista dell'utenza stessa.

Questo stato rappresenta una fase conclusiva del percorso di reperimento dati e si concentra su tutti gli aspetti legati alla presenza delle persone all'interno dell'edificio. Questi dati, uniti a quelli ricavabili dai progetti, rappresenteranno gli input per la simulazione termica della zona soggetta ad audit.

Si suggerisce di richiedere informazioni tecniche sull'involucro o sugli impianti all'utenza soltanto se non è presente alcun progetto e se non è possibile effettuare alcuna prova per determinarli. È importante che in tale intervista vi sia una bozza precisa di domande, affinché il conduttore non divaghi e fornisca informazioni che non sono utili alla diagnosi. Si fa notare che si consiglia il reperimento dei dati di occupazione e termostatazione delle zone confinanti per stabilire il coefficiente correttivo utilizzato nel calcolo delle dispersioni e per individuare possibili fonti di errore della simulazione rispetto al caso reale.

1.3. Raccolta, interpretazione e valutazione dei consumi energetici

La raccolta dei dati relativi ai consumi energetici ha lo scopo di valutare in che modo l'energia introdotta nel nostro edificio viene utilizzata, il suo rapporto di efficienza, l'adeguatezza dei vettori utilizzati ed i margini di risparmio che si possono ottenere.

Per una corretta verifica dei consumi presunti del sistema oggetto della nostra indagine è fondamentale l'acquisizione dei dati relativi ai consumi energetici dell'edificio, tali consumi sono reperibili o con lo studio dei dati di contabilizzazione elettrica e/o termica (diretta o indiretta, in base all'UNI 10200), eventualmente presente, o dall'acquisizione e lo studio delle fatturazioni sui pagamenti relativi alle forniture elettriche e dei combustibili. Quest'ultimo deve essere molto accurato e deve tenere in considerazione molti fattori, in particolare: la condivisione di un unico punto di fornitura per numerosi edifici, l'utilizzo differenziato di un combustibile per usi finali diversi, i fattori di utilizzo dell'edificio servito, i fattori climatici caratteristici del periodo analizzato, la saltuarietà della fatturazione ecc..

È indispensabile analizzare almeno tre/quattro anni di dati energetici relativi a tutte le utenze presenti nel nostro edificio. Ciò risulta indispensabile per il calcolo dei benchmark energetici per il confronto con i valori medi di settore. Questa analisi è inoltre utile per l'individuazione delle abitudini dell'utenza e per una stima degli obiettivi di risparmio raggiungibili.

Nel caso in cui tali informazioni non siano univoche, ad esempio quando la fornitura di gas metano sia utilizzata per la produzione dell'acqua calda sanitaria ed il riscaldamento invernale, occorre eseguire una stima per la suddivisione dei consumi tra le due utilizzazioni. Una volta determinati i consumi energetici occorre confrontarli con le modalità di utilizzo degli impianti da parte dell'utenza, relativamente all'uso del riscaldamento invernale e dell'acqua calda sanitaria.

I dati desunti quindi dalle bollette non dovranno essere presi come rilevati ma occorre che questi vengano normalizzati al fine di renderli confrontabili tra i diversi vettori e i diversi anni, per far ciò è necessario conoscere:

- i dati climatici degli anni di riferimento e i gradi giorno della località;
- le bollette relative alle forniture dei singoli vettori;
- gli edifici o le zone serviti dai diversi vettori;
- le dimensioni delle aree climatizzate;
- le dimensioni delle superfici disperdenti;
- la temperatura interna;
- il numero di ricambi d'aria;
- la durata del periodo di riscaldamento;
- il regime di funzionamento dell'impianto termico;
- gli apporti di calore interni medi.

Inoltre i consumi possono essere schematizzati in quattro macroaree:

- petrolio;
- gas;
- elettricità;
- rinnovabili.

L'analisi dei dati acquisiti avrà quindi come scopo:

- la razionalizzazione dei flussi energetici significativi;

- il recupero delle energie disperse;
- l'individuazione di appropriate tecnologie "energy-saving";
- l'ottimizzazione dei contratti di fornitura energetica.

È importante fare anche una distinzione tra il fabbisogno di energia e l'energia primaria. La prima è la quantità di energia necessaria a mantenere i livelli della temperatura di progetto. La seconda è l'energia fornita in ingresso dai vettori energetici (metano, elettricità, biomassa ...) senza che abbiano subito alcun processo di conversione o trasformazione.

Se, da un lato, infatti, si tenterà di utilizzare sistemi ad alta efficienza, con percentuali di perdite impiantistiche minime o magari sistemi di produzione di energia rinnovabile, risulta determinante allo stesso modo intervenire sugli aspetti "disperdenti" del nostro sistema (involucro). Risulta evidente che intervenire sull'involucro, attraverso il contenimento delle dispersioni, comporterà la riduzione dell'energia che dovremo fornire per raggiungere gli standard richiesti.

Una volta verificata la possibilità di poter ottenere una sostanziale diminuzione dei fabbisogni energetici del nostro edificio, si procede alla simulazione degli interventi, ipotizzando azioni a livello dell'involucro, degli impianti termici, dell'illuminazione, degli impianti di produzione da fonti rinnovabili. Risulta, quindi, assai utile valutare anche possibili interventi integrati su più sistemi, in modo da ridurre eventuali conflitti (ad esempio, ottenere una sostanziale diminuzione del fabbisogno di energia termica con interventi sull'involucro senza contemporaneamente prevedere la sostituzione del generatore di calore può portare quest'ultimo a lavorare costantemente a fattori di carico troppo bassi dunque inefficienti).

Nella relazione finale di diagnosi energetica saranno descritti i possibili interventi di riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica (incluso il rispetto dei vincoli paesaggistici, architettonici, archeologici ...) ed economica. I principali indicatori economici d'investimento che è possibile utilizzare in queste valutazioni sono:

- VAN (valore attuale netto);
- IP (indice di profitto);
- TIR (tasso interno di rendimento) o IRR (internal rate of return);
- TRA (tempo di ritorno attualizzato);
- TR (tempo di ritorno semplice) o SP (simple payback time).

Questi indicatori, assieme ai vincoli precedentemente elencati, permetteranno di pesare in maniera più corretta interventi di riqualificazione energetica da attuare sui sottosistemi, stimando il costo e il rispettivo risparmio conseguibile, ottimizzare i benefici ambientali e quelli economici.

L'Unione Europea, con la sua "strategia" ambientale ed energetica rivolta ad una riduzione di consumi ed aumento di energia da fonti rinnovabili, ha dato slancio al settore energetico applicato al mondo dell'edilizia.

L'Italia, che con la Legge n. 10/1991 era nazione di riferimento in Europa per la rigorosa normativa vigente, è rimasta al palo per diversi anni. Solo nel 2005 con il D.Lgs. n. 192/2005, recependo la direttiva EPBD 2002/91/CE, ha ripreso il percorso virtuoso che già aveva avviato.