

Valutazione statistica della prestazione energetica degli edifici nella provincia di Lecce

Matteo Viscoti, Antonella Sarcinella, Michele Ingrosso

Scuola Superiore ISUFI,
Università del Salento

Nel presente articolo si effettua un'analisi della prestazione energetica del parco edilizio della Provincia di Lecce. Lo scopo principale è quello di fornire uno strumento in grado di fornire un quadro complessivo sintetico e significativo del comportamento degli edifici al fine di descrivere la situazione *as-is*, ma soprattutto valutare l'efficienza ed efficacia di interventi di *retrofit* sulla popolazione.

Obiettivi dell'analisi

La questione energetica rappresenta una sfida attuale di interesse globale. Infatti, la domanda mondiale di energia sta crescendo rapidamente e un maggiore consumo di combustibili fossili porta a un aumento emissioni di gas a effetto serra che contribuiscono alla creazione di pesanti impatti ambientali, come l'assottigliamento dello strato di ozono, il riscaldamento globale e i cambiamenti climatici. Tra tutte le attività che

impiegano una grande quantità di energia, uno dei settori principali, in alcuni paesi, è quello legato agli edifici. Secondo l'Agenzia internazionale dell'energia (IEA), questo settore coinvolge oltre il 30% del consumo totale di energia e produce circa il 30% delle emissioni totali di CO₂. La causa principale dell'intensificazione del consumo di energia è il cambiamento complessivo degli standard di vita e le esigenze di comfort per il riscaldamento nelle regioni fredde e il raffreddamento in quelle calde. Di conseguenza, l'efficienza energetica degli edifici è oggi un obiettivo primario delle politiche relative all'energia a livello regionale, nazionale e internazionale [1].

La ricerca di nuove strategie per lo sviluppo di tecnologie in grado di limitare l'uso dell'energia deve avere un significativo cambio di rotta rispetto al passato, in quanto oggi iniziano a venir fuori problematiche legate alle limitazioni fisiche delle risorse conosciute del pianeta. Il rapporto del Fondo Mondiale per la Natura (WWF) e del Global Footprint Network ha fissato nel giorno 29 Luglio 2019 quello che viene definito *Over-*

shoot Day, simbolicamente, il giorno nel quale l'umanità consuma interamente tutte le risorse che il pianeta può generare in un anno. Se si guarda dentro i confini nazionali italiani, si può constatare quanto questa situazione sia allarmante; infatti, il Bel Paese ha esaurito le sue risorse utili per l'anno in corso il 15 Maggio, attestandosi un anticipo di oltre due mesi rispetto all'*Overshoot Day* della Terra.

In un quadro come questo, diventa di fondamentale importanza ottimizzare la strategia di pianificazione politica nella gestione degli interventi e delle misure efficienti ed efficaci per ridurre al minimo gli effetti dell'impronta ecologica dell'uomo sull'ecosistema e, in particolare, gli effetti collaterali dovuti ad attività ad alta intensità energetica.

Secondo il Rapporto Energia e Ambiente 2009-2010, considerando tutte le fonti energetiche computate, in Italia sono state consumate 28015 tonnellate equivalenti di petrolio (tep), ripartite tra GPL (1518 tep), gas naturale (15532 tep), gasolio (1840 tep), olio combustibile (11 tep), carbone (4 tep), legna (3129), energia elettrica (5981 tep), per quanto riguarda i consumi finali di energia del settore residenziale [2], Fig. 1.

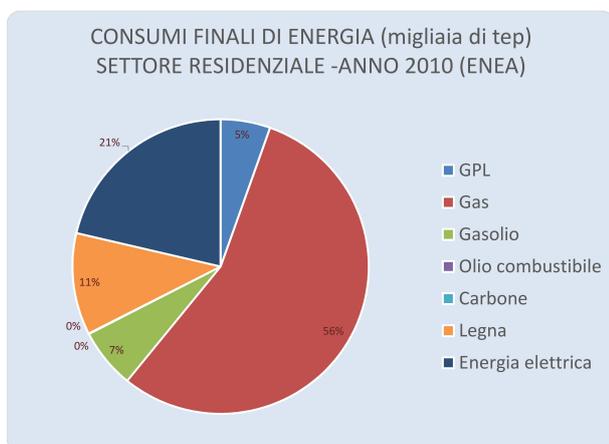


Figura 1: Consumi finali di energia settore residenziale anno 2010 (dati ENEA)

Sempre nello stesso documento sono riportati i dati relativi al totale dei consumi all'interno del residenziale per funzione, suddivisi per uso: ogni anno emerge una fortissima incidenza delle attività di riscaldamento delle abitazioni sul consumo totale rispetto a tutte le altre attività: citando il 2010, ENEA riporta, su un totale di 25936 ktep di energia speso nel settore residenziale, un

valore di 17217 ktep per il solo riscaldamento, ovvero con un'incidenza del 66.38% sui consumi totali.

Dalle statistiche precedentemente esposte, appare evidente che per risolvere i problemi energetici di cui sopra, il settore dell'edilizia assume un ruolo di primaria importanza, e quindi risulta necessario, se non addirittura perentorio, promuovere un miglioramento prestazionale del patrimonio abitativo relativamente alla questione del riscaldamento e climatizzazione, non solo per quanto riguarda tematiche relative agli impianti tecnologici, ma soprattutto appare evidente come la sfida del futuro sia l'efficientamento energetico dell'involucro, in modo tale da ridurre il fabbisogno energetico complessivo del settore edilizio.

Uno strumento di fondamentale importanza per lo studio di tali problematiche è la valutazione della prestazione energetica degli edifici, introdotta con la Direttiva 2002/91/CE, e poi recepita dalle varie normative nazionali di riferimento.

Analizzando la situazione italiana, lo strumento che risulta di maggiore utilità nell'accompagnare l'amministratore nelle scelte di pianificazione del territorio e delle risorse economiche da un punto di vista energetico è l'Attestato di Prestazione Energetica degli Edifici (APE), le cui definizioni ed indicazioni per il calcolo sono riportate nel Dlgs 192/2005 e Dlgs 311/2006.

Tra gli obiettivi principali vi sono quelli di "razionalizzare le procedure nazionali e territoriali per l'attuazione delle normative energetiche al fine di ridurre i costi complessivi, per la pubblica amministrazione e per i cittadini e per le imprese; applicare in modo omogeneo e integrato la normativa su tutto il territorio nazionale; assicurare l'attuazione e la vigilanza sulle norme in materia di prestazione energetica degli edifici, anche attraverso la raccolta e l'elaborazione di informazioni e dati; promuovere l'uso razionale dell'energia anche attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti finali" [3].

Tale mole di dati tuttavia presenta una serie di problematiche legate alla loro interpretazione: se da un lato il legislatore pensa all'Indice di Prestazione Energetica (EP) come ad uno strumento che possa descrivere in maniera efficiente ed efficace lo stato di salute prestazionale del

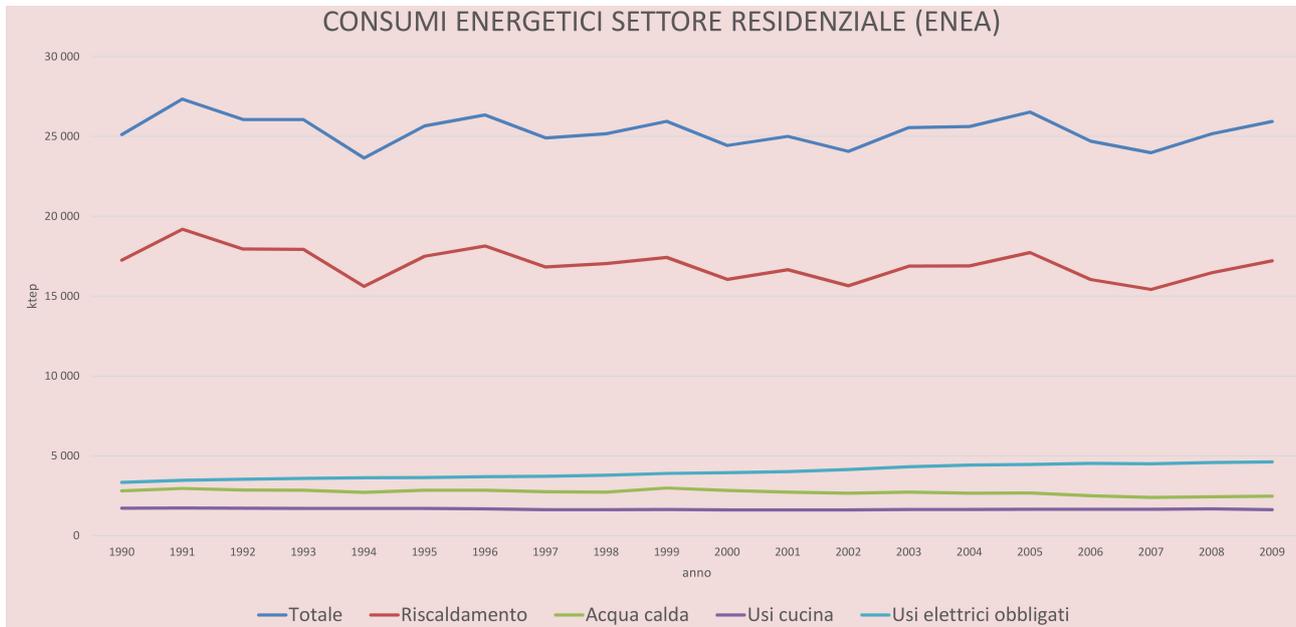


Figura 2: Andamento dei consumi finali di energia per il riscaldamento del residenziale

parco edilizio nazionale, dall'altra il quadro sintetico dipinto dall'analisi dati della prestazione energetica degli edifici non sempre rispecchia la situazione reale *as-is*; ciò è dovuto ad una serie di cause interne ed esterne al sistema di valutazione, di cui si fornisce un elenco non esaustivo (si rimanda per approfondire la tematica a testi specialistici):

- Le ipotesi semplificative non permettono una valutazione di dettaglio dell'indice di prestazione energetica, ma forniscono un indice che per definizione è di natura sintetica, pensato per determinare il valore energetico dell'edificio traducibile anche in valore economico aggiunto, con l'obiettivo di comparare il valore di due immobili differenti che si trovano in contesti totalmente diversi tra di loro;
- Il parco edilizio italiano è sostanzialmente obsoleto, ovvero gran parte degli edifici esistenti sono stati realizzati in periodi storici precedenti all'entrata in vigore di qualunque normativa sulla prestazione energetica. Le nuove costruzioni sono tutte dotate di APE, in quanto la normativa attuale prevede l'emanazione di tale Attestato in fase autorizzativa iniziale quale prerequisito fondamentale per l'ottenimento del Certificato di Agibilità (D.M. 63/2013). Le costruzioni esistenti si dotano invece della documenta-

zione in oggetto solo in seguito a situazioni quali la ristrutturazione, locazione ecc; ciò significa che i dati relativi al quadro complessivo offerto dall'EP non combaciano con i dati energetici presenti nei Bilanci Energetici e Piani di Azione redatti su scala nazionale o locale;

- Molte volte sono presenti delle banche dati accessibili sulla prestazione energetica degli edifici, ma non sempre queste forniscono un quadro sintetico della situazione *as-is*, prerequisito fondamentale per l'amministratore per definire degli obiettivi strategici nell'ambito dell'attività di pianificazione, in modo tale da poter effettuare le giuste scelte di allocazione ed ottimizzazione delle risorse economiche in un'ottica di analisi costi-benefici e spending review.

L'intento di questo lavoro, pertanto, è quello di fornire uno strumento che abbia lo scopo principale di delinare lo status quo energetico relativamente al parco edilizio della provincia di Lecce, fornendo uno strumento utile alla determinazione di una maggiore consapevolezza nell'attuare quelle scelte che implicano, inevitabilmente, un impatto sul territorio in termini energetici ed economici.

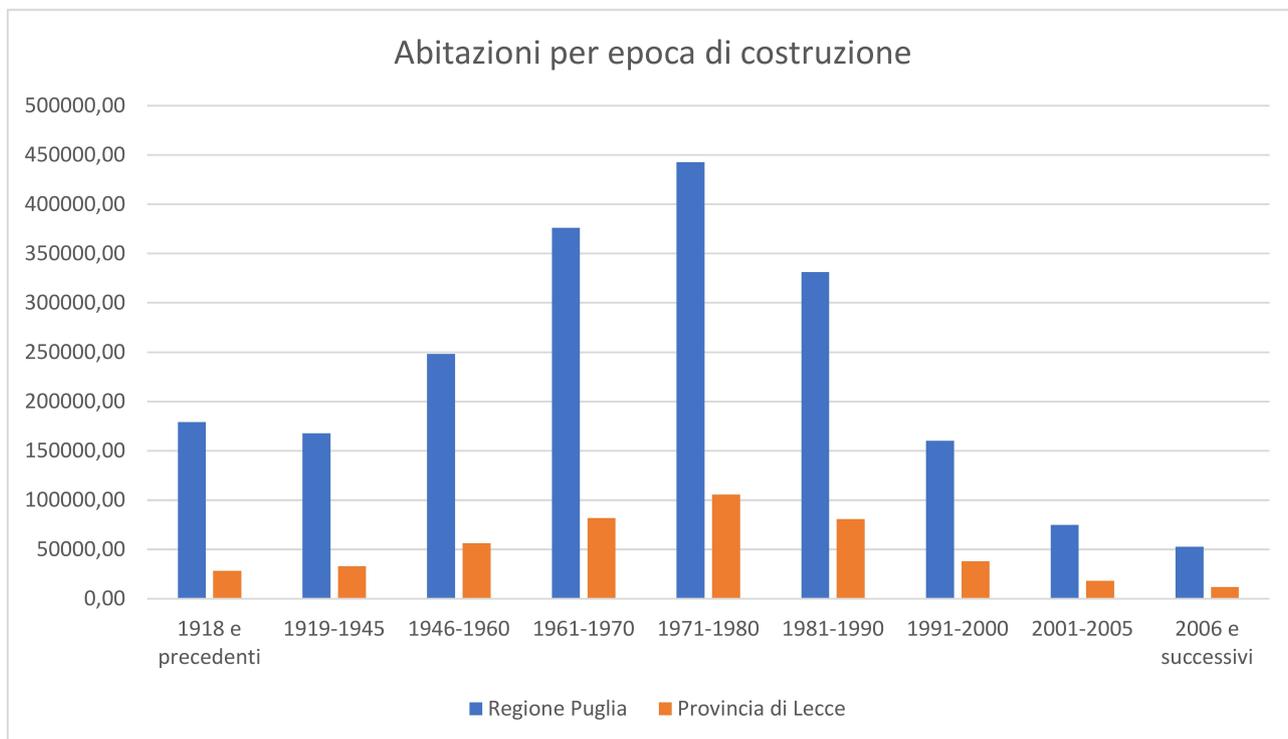


Figura 3: Abitazioni in edifici residenziali per epoca di costruzione - dati nazionali e provinciali (fonte: ISTAT,2011)

Metodologie di analisi

Alla base delle volontà sopra espresse vi è la volontà di effettuare un'analisi critica di informazioni di una grande quantità di dati raccolti in campagne di indagine e misurazione nel contesto della Provincia di Lecce: la metodologia proposta consiste nell'opportuna organizzazione di dati mediante la determinazione di indicatori sintetici, in modo da rendere quanto più accessibile, ma allo stesso tempo accurata, la lettura e l'interpretazione anche da soggetti che non hanno gli strumenti teorici necessari per interpretare dati. La fonte da cui sono state ottenute la maggior parte delle informazioni è la banca dati del Censimento Istat 2011, in quanto dalle informazioni in esso contenute, oltre ai dati della normativa tecnica e altre fonti minori, è possibile giungere a delle tipologie edilizie ben rappresentative del parco edilizio della provincia di Lecce dal punto di vista della geometria e dell'attività termofisica. Per contro, i dati Istat analizzati fanno riferimento esclusivamente ad edifici impiegati ad uso residenziale, tralasciando le unità immobiliari pensate per attività economiche o del settore terziario, come ad esempio uffici e negozi. Una prima implicazione è la sottostima delle dimensioni degli edifici in cui sono inserite le unità re-

sidenziali e, dunque, una misura maggiore delle dispersioni per trasmissione dell'edificio stesso. Un'ulteriore fonte di dati indispensabili è costituita dai differenti Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile (PAES) dei comuni della Provincia di Lecce; si tratta di un documento chiave che intende rendere note le modalità tramite le quali i firmatari del Patto intendono rispettare l'impegno nel ridurre l'emissione di gas serra entro il 2020. Il documento delinea misure concrete atte ad identificare i settori nei quali intervenire e le opportunità più idonee alla riduzione di CO₂. Segue, infine, un'accurata consultazione del Rapporto Energia e Ambiente (REA) [2], da sempre riferimento per la descrizione della situazione energetica nazionale e delle sue ricadute sul piano economico-sociale. Sono state consultate anche le normative valide per l'individuazione di indici già calcolati e tabellati.

Nella prima parte del presente articolo si discute sull'andamento dei consumi medi degli edifici residenziali del territorio, per poi nella seconda parte descrivere la metodologia necessaria per ottenere delle distribuzioni di frequenza dell'EP. Il procedimento si ispira al lavoro di Fracastoro et al.[4], che fornisce uno strumento analogo, relativamente alla Provincia di Torino.

Come ulteriore ipotesi semplificativa iniziale, le abitazioni non occupate non sono state contemplate nel modello, in quanto le si suppone non caratterizzate da alcun tipo di consumo energetico (i.e. edificio non riscaldato).

Valor medio del consumo energetico normalizzato

Per la determinazione del consumo, poichè mancano molti dati su scale di dettaglio, alcune ipotesi di base sono necessarie. Le uniche fonti disponibili per quanto riguarda i consumi energetici in Italia sono il Bilancio Energetico Nazionale, il PEAR regionale e i PAES comunali; l'ipotesi di fondo è che tali dati siano tra di loro commensurabili: ciò è una forte limitazione al modello in quanto le statistiche in oggetto fanno riferimento ad anni di rilevazione differenti, tuttavia lo sfasamento è comunque riferito ad una scala temporale di circa 5 anni, relativamente contenuta. È possibile pertanto supporre che il comportamento delle serie storiche non vari in tale intervallo di tempo.

I dati relativi al consumo totale del residenziale sono calcolati a livello nazionale, a partire dai dati relativi al 2011 del Bilancio Energetico Nazionale (BEN), mentre la suddivisione per consumi specifici viene presa facendo riferimento al numero totale di stanze in abitazioni occupate da persone residenti presenti nel territorio nazionale e la dimensione media di una singola stanza, calcolata in precedenza. Per l'analisi delle distribuzioni di frequenza si fa riferimento invece ai PAES trovati in rete dei singoli comuni della provincia, in particolare sono stati ottenuti i dati di un campione di 38 comuni. Il valore medio relativo al consumo specifico di energia per il settore residenziale si fissa pertanto pari a

$$\begin{aligned} EP_{medio} &= \frac{Q_{tot}}{S_{abocc}} \\ &= \frac{11630 \frac{kWh}{tep} \cdot 32378.1 tep}{25.22 m^2 \cdot 102497749} \\ &= 0.145 kWh/m^2 \end{aligned}$$

Nella Figura 4 sono riportate le dispersioni relative ai consumi generalizzati degli

usi energetici finali di singoli comuni della Provincia.

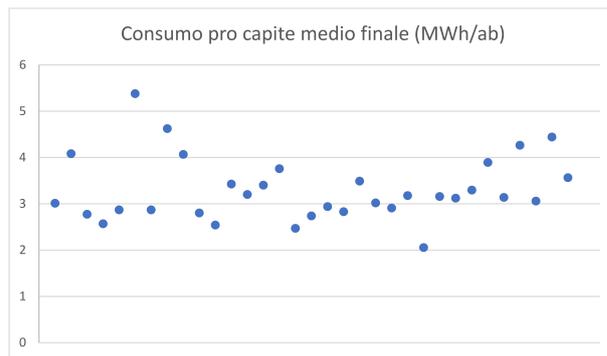


Figura 4: Consumo medio specifico residenziale pro capite - dati comunali PAES.

Valutazione dei consumi energetici per il riscaldamento nel residenziale

Ci si pone ora l'obiettivo di valutare, utilizzando i dati a disposizione, una distribuzione di frequenza degli edifici residenziali in relazione al fabbisogno energetico del riscaldamento ambientale.

In generale, il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione ambientale viene calcolato come

$$Q_{PE,H} = \frac{Q_{UE,H}}{\eta_g} ,$$

essendo $Q_{UE,H}$ il fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento ed η_g il rendimento globale medio stagionale.

stanze per abitazione	superficie (m ²)	abitazioni (freq. ass.)
1	25.22	3425
2	50.44	36007
3	75.66	148558
4	100.88	359717
5	126.10	418324
8	201.76	465982

Tabella 1: Distribuzione delle abitazioni per numero di stanze.

	25.22	50.44	75.66	100.88	126.1	201.76
0	6.08896E-05	0.000640132	0.002641061	0.00639504	0.007436954	0.008284217
1	0.001810663	0.019035488	0.078536786	0.190168265	0.221151486	0.246346401
2	0.000355015	0.003732273	0.015398643	0.037286135	0.04336099	0.048300936
3.5	0.000109362	0.001149725	0.004743544	0.011485975	0.013357331	0.014879079
6.5	3.49744E-05	0.000367686	0.001517003	0.003673257	0.004271723	0.004758384
12	1.39747E-05	0.000146915	0.000606145	0.001467714	0.001706842	0.001901296
18	6.85877E-06	7.21062E-05	0.000297497	0.000720355	0.00083772	0.000933158

Tabella 2: Frequenza relativa delle abitazioni per superficie e altezza dell'edificio.

Fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento

Per determinare il fabbisogno di energia termica utile per il riscaldamento, si fa riferimento all'equazione di bilancio dell'energia scegliendo come volume di controllo l'intero edificio. Da un punto di vista statistico ciò significa utilizzare la distribuzione di frequenza delle volumetrie e di altri parametri significativi. Diventa di fondamentale importanza determinare dai dati ISTAT 2011 le caratteristiche geometriche degli edifici da un punto di vista statistico, in particolare il rapporto S/V tra la superficie disperdente dell'edificio e il volume occupato. Si effettua un'analisi utilizzando dati a scala provinciale.

Ricordiamo infatti che, ai sensi di UNI TS 11300-2, [5] si ha:

$$Q_{UE,H} = (q_T + q_V) \cdot V ,$$

dove, V è il volume dell'edificio, $q_T = Q_T/V$ la dispersione specifica per trasmissione e $q_V = Q_V/V$ dispersione specifica per ventilazione. Abbiamo indicato con Q la quantità di calore scambiata.

Nella determinazione di tali parametri statistici, si considerano tutti gli edifici di forma parallelepipedica. Ciò è una forte semplificazione rispetto al reale, ma è l'approssimazione più ragionevole in relazione ai dati presenti dalle statistiche.

Distribuzione di frequenza delle grandezze geometriche

Punto di partenza è la determinazione della superficie netta media della stanza: essa viene ottenuta come rapporto tra la superficie totale delle abitazioni occupate da persone residenti e il nu-

mero di stanze totali in abitazioni occupate da persone residenti, ossia

$$S_{media} = \frac{35865542 \text{ m}^2}{1422333 \text{ stanze}} = 25.22 \text{ m}^2/\text{stanza} .$$

Successivamente si determina il numero di stanze presenti in ogni abitazione, al variare del numero di abitazioni presenti all'interno dell'edificio.

N.B. Per la classe "6 o più" si è fatto riferimento ad un valore convenzionale pari a 8 stanze, mentre per le altre si è preso il valore medio come rappresentativo della classe.

Noto il numero di stanze per abitazione, si determina la superficie netta di pavimento di ogni singola abitazione e dell'intero edificio (in m^2). Questi dati sono presentati nella tabella 1.

Essendo anche nota la distribuzione delle abitazioni per edificio, supponendo l'ipotesi di indipendenza delle distribuzioni, si riporta, nella tabella 2, la distribuzione delle frequenze relativa alla superficie di pavimento degli edifici.

Dai dati ISTAT è possibile ricavare la distribuzione delle abitazioni per numero di piani fuori terra. Assumendo per semplicità un'altezza di piano costante per ogni categoria pari a 3m, si ottiene indirettamente la distribuzione delle altezze degli edifici, si veda la tabella 3.

Da tali dati viene ricavata l'area di basamento o di copertura del fabbricato, fondamentale per il calcolo S/V .

Riferendosi alle indicazioni di UNI TS 11300-2 [5], avendo determinato tali valori netti si passa ai corrispondenti lordi di superficie e volume, ipotizzando uno spessore dell'involucro in funzione dell'epoca di costruzione.

numero piani	altezza edificio	frequenza edifici
1	2	182743
2	6	117224
3	9	12654
5	15	3661

Tabella 3: Distribuzione degli edifici per numero di piani.

Per terminare l'analisi geometrica diventa ora fondamentale determinare la superficie disperdente, e in particolare le dimensioni dei due lati di base: come ipotesi fondamentale infatti si assume che tutti gli edifici siano di forma parallelepipedica. Per valutare ciò si utilizza la statistica ISTAT [6] riguardante la contiguità degli edifici in funzione dell'epoca di costruzione: in generale infatti non tutti i componenti verticali dell'involucro esterno sono di natura disperdente: quelli di contiguità vengono considerati adiabatici.

Si individua anche una ripartizione dei componenti verticali in superficie disperdente e superficie opaca.

Dispersioni termiche per trasmissione

La dispersione specifica media stagionale per trasmissione viene ottenuta come

$$q_t = \frac{Q_T}{V} = \left(U_m \cdot \frac{S}{V} \right) \cdot 0.024 \cdot GG \quad [kWh/m^3] ,$$

essendo U_m la trasmittanza termica media di involucro, S/V il rapporto tra la superficie disperdente e il volume dell'edificio e GG i gradi giorno della località.

Nella valutazione di tali parametri occorre tenere presente che U_m dipende a sua volta da S/V .

Il grafico della figura 5 riporta la distribuzione di frequenza dei gradi giorno all'interno dei Comuni della Provincia di Lecce. I dati sono ricavati direttamente dal DPR 412/93, riportato in bibliografia [6].

Si osserva un andamento evidentemente bimodale della distribuzione, in base alla discretizzazione del dominio attuato in 20 sottointervalli.

Per la determinazione del valore medio della trasmittanza bisogna fare un distinguo tra gli

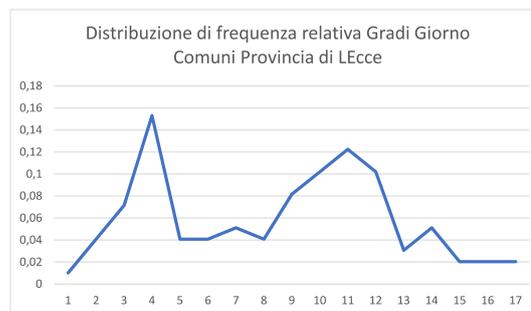


Figura 5: Distribuzione di frequenza relativa Gradi Giorno Comuni della Provincia di Lecce - Dati DPR 412/93.

edifici realizzati precedentemente e in seguito alla redazione di una legge energetica.

Nel caso di edifici realizzati successivamente alla legge energetica si pone l'ipotesi che questi siano realizzati seguendo pedissequamente la normativa: ciò semplifica notevolmente il lavoro in quanto limita la variabilità di alcuni parametri. In particolare si fa riferimento alle prescrizioni del D.M. 10 marzo 1977 e D.I. 30 luglio 1986 rispettivamente per gli anni 80 e 90: [7, 8] in entrambi gli strumenti legislativi il parametro caratterizzante l'isolamento minimo è il coefficiente volumico di dispersione per trasmissione C_d , definito come

$$C_d = U_m \cdot \frac{S}{V} .$$

Dispersioni termiche per ventilazione

Le dispersioni termiche per ventilazione vengono definite dalla normativa UNI EN 12831 come la dispersione termica di progetto per ventilazione, vale a dire la dispersione termica verso l'esterno dovuta a ventilazione o infiltrazione attraverso l'involucro dell'edificio, e il calore trasferito per ventilazione da uno spazio riscaldato ad un altro spazio riscaldato all'interno dell'edificio.

Per la valutazione delle dispersioni termiche di progetto per ventilazione si segue l'approccio semplificato indicato all'interno delle UNI TS 11300, facendo riferimento alla procedura di valutazione indicata per gli edifici non dotati di impianti di ventilazione meccanica controllata

(VMC). La valutazione della dispersione termica per ventilazione viene effettuata in relazione alla portata di aria di ventilazione minima di progetto: tale portata viene presa pari numericamente al volume netto occupato dall'abitazione/stanza, e poi moltiplicata per un coefficiente dipendente dalla destinazione d'uso; in particolare si farà riferimento al Prospetto riportato in UNI EN 12831, normativa unificata per la valutazione del carico termico invernale di progetto, relativamente alla sola aliquota di ventilazione.

La dispersione termica di progetto per ventilazione, Φ_{vi} , per uno spazio riscaldato i è calcolata come segue:

$$\Phi_{vi} = H_{vi} \times (\theta_{int,i} - \theta_e) ,$$

essendo H_{vi} il coefficiente di dispersione termica di progetto per ventilazione in Watt per Kelvin (W/K), $\theta_{int,i}$ la temperatura interna di progetto dello spazio riscaldato i in gradi centigradi (°C) assunta pari a 20°C e θ_e la temperatura esterna di progetto in gradi centigradi (°C).

Sulla base delle informazioni riportate nella tabella apposita della suddetta normativa relativamente alla Provincia di Lecce, il valore della temperatura esterna di progetto viene convenzionalmente scelto pari a 0°C.

In particolare si ha:

$$H_{vi} = 0.34 \cdot \dot{V}_i \text{ [W/K]} ,$$

essendo $\dot{V}_i = 3 \cdot V$ ricambi/ora dove V è il volume della stanza, espresso in ricambi.

Dalle formule analizzate, diventa quindi fondamentale, ai fini di una conoscenza della distribuzione statistica delle dispersioni per ventilazione, la distribuzione di frequenza del volume delle stanze e delle abitazioni, desumibile dai dati del Censimento ISTAT 2011.

Rendimento globale medio stagionale

Ricordiamo che, ai sensi di UNI TS 11300-2 [5], il rendimento globale medio stagionale η_g si calcola come:

$$\eta_g = \eta_p \cdot \eta_d \cdot \eta_e \cdot \eta_c ,$$

essendo η_p il rendimento di produzione, η_d il rendimento di distribuzione, η_e il rendimento di

emissione, η_c il rendimento di regolazione.

Si assume un valore unitario del rendimento di accumulo, ossia si suppone per semplicità e per mancanza di informazioni al riguardo che gli impianti termici della popolazione in esame siano privi di sistemi di accumulo. Si trascura inoltre l'energia relativa alla componente elettrica degli impianti.

Per la valutazione statistica del rendimento medio stagionale si osserva che esso non è correlabile (se non per la sola parte del rendimento di distribuzione, il quale dipende dall'anno di costruzione) alla distribuzione di frequenza del fabbisogno di energia termica utile: tale informazione è fondamentale per la valutazione dei dati.

Rendimento di produzione

Al rendimento di produzione si può dare una connotazione statistica considerando le variabili aleatorie tipo di impianto e tipo di combustibile disponibili direttamente dal Censimento ISTAT. Tuttavia tali dati sono insufficienti perchè a tali distribuzioni di frequenza non è associato alcun valore di rendimento di produzione. Ciò induce a considerare cautelativamente un valore unitario del rendimento in esame, rimandando l'analisi in seguito ad approfondimenti relativi a nuove indagini statistiche sul parco edilizio della Provincia di Lecce.

$$\eta_p = 1.0 .$$

Rendimento di distribuzione

Il rendimento di distribuzione dipende, secondo i prospetti della normativa, dall'epoca di costruzione e dalla tipologia di impianto, grandezze che assumono il carattere di variabili aleatorie essendo note le distribuzioni di frequenza. I valori da associare ai rendimenti sono ricavati dal Prospetto 21 di UNI TS 11300-2. Si riportano i valori sintetici nella tabella 4.

Rendimento di emissione

Il censimento ISTAT 2011 non fornisce alcun dato sulla tipologia di terminali presenti nella popolazione statistica, pertanto si considera forfettariamente una distribuzione costante di impianti

Rendimenti di regolazione per diverse tipologie di sistema di controllo dei terminali

Sistema di controllo	Tipologia di regolazione	Rendimento di regolazione
Regolazione centralizzata	Regolazione ON-OFF	0,84
	Regolazione modulante	0,90
Controllori zona	Regolazione ON-OFF	0,93
	Regolazione modulante (banda 2 °C)	0,95
	Regolazione modulante (banda 1 °C)	0,97
Controllo singolo ambiente	Regolazione ON-OFF	0,94
	Regolazione modulante (banda 2 °C)	0,96
	Regolazione modulante (banda 1 °C)	0,98

Figura 6: Prospetto 20 UNI TS 11300-2 [5].

Anno	Freq. assoluta	Freq. relativa	η_d
<1961	20369	0.16	0.958
1961-1976	58637	0.37	0.969
1977-1993	52245	0.32	0.980
>1993	25010	0.15	0.990

Tabella 4: Rendimento di distribuzione al variare dell'anno di costruzione.

a radiatori su parete interna, secondo lo stato dell'arte relativamente a tali sistemi. Seguendo il Prospetto 17 di UNI TS 11300-2, vedi la figura 6, si suppone un valore pari a

$$\eta_e = 0.96 \text{ .}$$

Rendimento di regolazione

Il rendimento di regolazione non è oggetto di valutazione statistica per il Censimento del 2011, tuttavia si possono fare delle ipotesi per correlarlo alle distribuzioni analizzate. In particolare è possibile associare il sistema di regolazione, e quindi il relativo rendimento, alla tipologia di impianto, che invece viene analizzata.

Si fa in particolare una distinzione tra impianto autonomo e centralizzato, e i rispettivi valori dei rendimenti sono presi da UNI TS 11300-2 Prospetto 20, supponendo che tutto il parco edilizio sia caratterizzato da sistemi a bassa iner-

zia termica e presenti delle regolazioni di tipo ON-OFF.

Il rendimento di regolazione complessivo verrà calcolato secondo una media pesata tra i rendimenti del Prospetto suddetto in relazione alla distribuzione degli impianti autonomi e centralizzati. Dai dati ISTAT 2013 relativi al censimento energetico, si osserva che nella Provincia di Lecce gli impianti di riscaldamento risultano così distribuiti:

- impianto centralizzato: 3.0%
- impianto autonomo: 82.9%
- apparecchi singoli fissi o portatili: 14.1%

Si ha pertanto:

$$\eta_c = 0.03 \cdot 0.84 + (0.829 + 0.141) \cdot 0.94 = 0.94 \text{ .}$$

Analisi di interventi di retrofit

Avendo definito un modello opportuno che descriva in maniera abbastanza efficace la prestazione energetica del parco edilizio salentino, si pongono le basi per l'utilizzo di tale strumento in un'ottica di valutazione dei benefici derivanti da un eventuale intervento sul costruito, supponendo che tutte le nuove costruzioni siano realizzate in conformità con la normativa vigente nazionale, in particolare il Decreto Requisiti Minimi, che orienta la progettazione verso i principi della sostenibilità ambientale.

Lo strumento della distribuzione di frequenza poc' anzi delineato diventa di fondamentale importanza, perché permette di valutare come cambia l' EP in seguito ad un particolare intervento, e in definitiva di effettuare una stima sui risparmi potenziali di vari interventi di riqualificazione energetica. La valutazione della convenienza energetica ed economica di un intervento è il SIR (Safety Investment Ratio), definito come

$$SIR = \frac{\Delta Q_{PE}}{C_1},$$

essendo ΔQ_{PE} [kWh/anno] il risparmio energetico annuo di energia primaria e C_1 il costo di investimento di una data tecnologia.

In relazione a tale indicatore, sono pertanto da privilegiare gli interventi ad alto SIR, ossia quelli che consentono di conseguire il massimo risparmio energetico annuo con il minimo investimento.

Conclusioni e Sviluppi futuri

Il presente articolo ha tracciato un filone speculativo in tema di energia nell'edilizia che prevede l'utilizzo della statistica, e quindi di un metodo scientifico sistematico, per analizzare la grande mole di dati provenienti dai vari attestati e certificati di prestazione energetica, in modo da fornire alle Amministrazioni e alla Politica uno strumento solido su cui basare la legittima discussione democratica in materia di piani, misure ed interventi volti al perseguire la sostenibilità ambientale del costruito all'interno della Provincia di Lecce.

In un'ottica futura, gli studi potranno proseguire affinando il modello precedentemente impostato, oltre alla pianificazione di campagne di indagine sempre più specifiche, in modo tale da diminuire il numero di ipotesi poste alla base della speculazione, e pertanto ottenere un modello non solo efficiente per la sua semplicità, ma anche efficace nell'effettuare una fotografia dello status quo del patrimonio edilizio della Provincia di Lecce da un punto di vista energetico.

- [1] Brian Dean, John Dulac, Ksenia Petrichenko, and Peter Graham. Towards zero-emission efficient and resilient buildings.: Global status report. 2016.
- [2] Enea. Rapporto energia e ambiente 2009-2010. Rome, Italy, 2012.
- [3] D Lgs. 192/2005 e sm-attuazione della direttiva 2002/91. CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.
- [4] GV Fracastoro and M Serraino. Valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici alla scala provinciale. Contratto di consulenza, 1064:2008, 2008.
- [5] Norma UNI TS 11300-2:2019 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale, per la produzione di acqua calda sanitaria, per la ventilazione e per l'illuminazione in edifici non residenziali.
- [6] Dati Statistici Istat. Popolazione residente - censimento 2011- superficie delle abitazioni occupate da persone residenti. Istat. Italian National Institute of Statistics. Available online: <http://daticensimentopopolazione.istat.it/>(accessed on 9 November 2016).
- [7] D.M. 10 marzo 1977, n. 801 Determinazione del costo di costruzione di nuovi edifici.
- [8] D.I. 30 luglio 1986, Aggiornamento dei coefficienti di dispersione termica degli edifici.



Matteo Viscoti: studente del corso di laurea Magistrale in Ingegneria civile, II anno

Antonella Sarcinella: dottoranda in Ingegneria dei Materiali, delle Strutture e Nanotecnologia, III anno.

Michele Ingrosso: studente di Ingegneria Industriale, III anno.

