

The economic value of sustainability. Real estate market and energy performance of homes

Ezio Micelli*, Giulia Giliberto**,
Eleonora Righetto***, Greta Tafuri****

Key words: housing market, sustainable buildings,
energy transition, energy performance, hedonic prices

Abstract

The energy transition and decarbonisation require a major transformation of the housing stock. Responsible for around 40% of fossil fuel consumption and 30% of CO2 emissions, the built heritage must be upgraded in terms of energy performance. The issue is particularly sensitive for Italy, where seven out of ten homes are in the worst energy classes according to the classification introduced by the EU.

The research aimed at investigating whether, and to what extent, energy-efficient homes command a premium price on the market compared to less efficient homes. The study focused on three medium-sized cities in northern Italy and developed three hedonic models based on more than 900 ask prices.

The results confirm the stratification of the market in terms of energy efficiency levels. Estimates converge in absolute and relative terms between different cities. Particularly significant is the average gap found between properties in the highest efficiency class (Class A) and those in the lowest efficiency class (Class G), with values of around thirty percentage points, while the gap is around fourteen percentage points if we consider properties in Class D compared to Class G.

The conclusions are in line with European studies on the subject, but show a trend towards an increasing gap between the market values of properties with different energy performance classes.

1. INTRODUCTION

The energy transformation of the housing stock is one of the greatest challenges facing the international community. Building stock accounts for 40% of energy consumption and 36% of greenhouse gas emissions in Europe (European Commission, 2020).

The energy transformation of the built heritage involves important actions in terms of energy savings and energy production from renewable sources. The challenge is to meet the carbon neutrality targets introduced by the *European Green Deal*.¹ The housing

market is therefore faced with an unavoidable challenge in the broader process of decarbonising cities.²

The relationship between energy efficiency and property values is problematic. On the one hand, it can

¹Communication of the Commission of the European Parliament and Council to the European Economic and Social Committee and to the Committee of Regions COM (2019) 640 final.

²Directive 2010/31/EU, 2010 of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings.

be assumed that the market would capitalise on the superior efficiency of energy-efficient buildings. A change in value is expected because energy-efficient buildings have lower running costs and superior ability to adapt to expected norms. On the other hand, it is possible to assume that energy performance is undervalued because demand may not consider it important.

Deepening the two hypotheses is also relevant to the investment decisions of private operators and affects public policies. In the first case, investment in energy efficiency allows a return linked to the *premium price* that better-performing buildings can command on the market. In the second case, improving the energy performance of real estate represents a pure cost for the owner.

The Italian scenario has particular characteristics. More than 70% of the country's residential buildings belong to the most energy-intensive classes, Classes E, F, and G of the APE scale (the Italian equivalent of the EPC³). The challenge is considerable in terms of the resources at stake, since the transition to Class D alone - indicated by the European Commission as necessary by 2033⁴ - affects a stock of almost 25 million building units.⁵

The study aims at analysing property values in the Italian residential market to verify whether and to what extent the energy performance of properties is valued by the market and can therefore be a determining factor in pricing.

The survey is conducted within a precise economic and geographical perimeter. The markets considered are those of three medium-sized cities in the north of the country: Padua, Mestre and Bergamo. The research therefore sought to focus its attention on medium-sized cities, which represent a central element of the Italian territorial structure (IFEL, 2013).

The paper is divided into four sections. The first deals with the main theoretical and empirical references on the subject. The second section presents the methodology used and the data collected. In line with a large body of similar research, the study uses the hedonic price method concerning a *dataset* covering the three cities. The value analysis models are presented in the third section, while the fourth section deals with their discussion and interpretation.

³ Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings.

⁴ Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings.

⁵ Data provided by ISTAT, ENEA and Revenue Agency data (2016-2021).

2. BACKGROUND. FUNDAMENTALS AND MEASURES OF THE PREMIUM PRICE ASSOCIATED WITH THE ENERGY EFFICIENCY OF HOMES

Does the property market differentiate between energy-efficient and inefficient properties? And if so, how? The research question at the heart of this paper has two theoretical references.

The first concerns the possibility of capitalising on savings related to lost operating costs in building management. Buyers of energy-efficient buildings can count on future savings. The cost difference related to lower operating costs can be capitalised and results in a *premium price* that considers the future savings of the property. Aydin et al. (2020) and Eichholtz et al. (2013) argue that demand accurately values the economic investment and future savings associated with superior energy performance.

There are some exceptions to this argument. Such savings are valued differently by the demand side. In markets where demand pressure is higher, the value difference between properties with different energy performance is lower. Addae-Dapaah and Wilkinson (2020) point to smaller value differentials in the tertiary market in areas of highest demand concentration compared to peripheral areas, confirming Eichholtz et al. (2010) measurements for similar markets.

Furthermore, demand may anticipate a gap between actual and declared performance. In the Irish residential market, Coyne and Danny (2021) found that consumption was significantly higher than what was declared in EPC certificates. The gap between actual and declared performance is therefore an important phenomenon (Rajithan et al., 2021), which could influence the extent to which demand values the energy performance of buildings.

Finally, demand could be characterised by the behaviour and use patterns of the home such that the performance of the unit is of little relevance (e.g. second homes used only in summer) and thus prove insensitive to energy efficiency.

However, these exceptions do not seem to have a significant impact on the overall preferences of the market, which should normally use energy efficiency as a differentiating factor, which in turn should be able to determine a clearly recognisable *premium price* (Porter, 1985).

The second theoretical reference, on the other hand, concerns expectations regarding the regulation of real estate. As in other markets (Konar & Cohen, 2001), as in the case of the car market (Haščič et al., 2009), the regulator has increasingly imposed constraints in terms of energy and environmental performance.

Such adjustments could make it difficult or impossible to sell or rent a property, resulting in a loss of value.

The market should therefore highlight a *premium price* for properties that are protected in the medium and long term from forms of rental and sale restrictions, compared to properties that could find themselves in this situation due to their technological characteristics.

In March 2023, the proposal for a directive on the energy performance of buildings⁶, was approved, establishing zero emissions for all new buildings from 2028, while existing buildings will have to reach energy Class E by 2030 and Class D by 2033.

The two references now discussed contribute to the theoretical basis for market differentiation between properties characterised by different energy levels. International and national empirical studies confirm this hypothesis. If we focus our attention on the residential market, the reviews by Fuerst et al. (2016), Copiello et al. (2021), Copiello and Donati (2021) and Zhang et al. (2018) trace the main results of research on the *premium price* associated with energy performance. Although there is no shortage of exceptions (Wahlström, 2016), almost all studies show positive marginal prices associated with residential energy savings.

Scientific literature in Europe follows the European Union's Directive on the Energy Performance of Buildings (Directive 2002/91/EC), which makes it mandatory to measure the energy consumption of new and existing buildings, thus providing a common standard for energy classification across the continent.

Awareness of these issues is particularly strong in northern European countries. Brounen and Kok (2011) conducted one of the first studies investigating the value differentiation between differently efficient properties in the Netherlands. The research showed the existence of a *premium price* of 5% related to energy level when considering a Class D home compared to a Class G home.

Jensen et al. (2016) studied the effect of EPC classification in the residential segment of the Danish market, highlighting a positive effect of energy efficiency on property values. Other studies limit the scope of the investigation to specific cities. Fuerst et al. (2016) find a 3.5% *premium price* for the most energy-efficient buildings (Classes A, B and C) compared to Class D properties in the city of Helsinki.

Fuerst et al. (2015; 2016) and the Bio Intelligence Service report (2013) attest to a similar trend for the English market. In the Welsh residential market, Fuerst et al. (2016) found a 12.8% discrepancy in the purchase and sale values of Class A properties compared to Class D properties. Comparable percentages are found in the

Irish market, where Hyland et al. (2013) find a gap of 9.3% between Class A and D properties and 10.6% between Class A and Class F/G.

In recent years, research has also looked at markets in the Mediterranean region. In Spain, De Ayala et al. (2016) measured the impact of energy efficiency on the price of homes and found a 5.4% premium for properties in Classes A, B, C or D compared to those in Classes E, F or G. A study limited to the city of Barcelona (Marmolejo-Duarte & Chen, 2019) highlights a 7.8% *premium price* for the most energy-efficient homes (Class A) compared to those classified as non-efficient (Class G).

In Italy, research highlights an increase in demand for the energy performance of buildings. The study carried out in Turin by Fregonara et al. (2015) finds a weak relationship between the ask price of a property and its energy efficiency level, a possible symptom of a still low consideration of energy characteristics.

The market in the city of Bolzano has been studied twice. In the first study, Morano et al. (2018) compared Bolzano with the city of Bari. In both cities, significant *premium prices* are recorded, with a higher valuation of energy characteristics in the case of Bolzano. In the second study, Bisello et al. (2020) focus exclusively on the South Tyrolean city and find a 6% premium for Class A properties compared to Class G properties.

Properties with superior energy and environmental performance are not only more in line with the decarbonisation and sustainability objectives at the heart of European policy, but also offer economic advantages that the market recognises and values. However, research to date does not seem to agree on the extent and magnitude of the *premium price* to be attributed to energy performance. The issue is particularly relevant for the residential segment, which represents the largest part of the housing market in Italy and an important part of Italian household wealth (Guerrieri, 2022).

3. DATA. THE REFERENCE MARKET, CITIES AND DATABASE UNDER INVESTIGATION

The research focuses on the most representative part of the real estate market, the housing market (Guerrieri, 2022). The choice was to exclude large metropolitan areas, but to concentrate on medium-sized cities or specific parts of metropolitan areas. The purpose is to represent urban centres where a large part of the Italian population is concentrated⁷ and which, in terms of property values, do not necessarily

⁶ European Parliament amendments adopted on 14 March 2023 to the proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings COM (2021)0802 - C9-0469/2021 - 2021/0426(COD).

⁷ Data on population distribution in suburbs, medium and large urban centres were obtained from Eurostat (2018).

follow the trends of the large metropolitan poles (IFEL, 2013; Antonucci & Marella, 2016; Micelli & Righetto, 2023).

The ask prices obtained concern three northern Italian cities that are representative of medium-sized cities: Padua, Bergamo and Mestre. The latter, although administratively defined as part of the municipality of Venice, has similar economic and demographic characteristics to the other two cities studied. The three cities are characterised by numbers that are representative of the average size of Italian cities (IFEL, 2013). Indeed, the population varies from a minimum of 87,036 inhabitants in the Venetian mainland to a maximum of 209,938 in Padua, with the city of Bergamo recording 121,546 inhabitants.⁸ The three cities also have a similar administrative rank: Padua and Bergamo are provincial capitals, while Mestre represents the mainland part of Veneto's regional capital.

The data collection was made possible thanks to the ask prices of the main buying and selling platforms of the housing market.⁹ The ask prices collected - 901 in all - concern 354 residential units for Padua, 254 for Mestre and 293 for Bergamo. The data were collected in January 2023.

The methodological choice involves the use of the hedonic price model to determine the contribution to the value of the positional and technological characteristics of the properties (Lancaster, 1966; Rosen, 1974; Forte & de' Rossi, 1979; Simonotti, 1993).

The regression used to estimate hedonic prices can assume several functional forms (Kain & Quigley, 1970; Yayar & Demir, 2014). There is no specific guidance in the literature on which functional form is best suited to represent value articulation (Malpezzi, 2002). In this study, the functional form is of the semilogarithmic type, which is particularly popular due to its characteristics, including its ability to minimise the problem of heteroscedasticity (Boza, 2015; Ottensmann et al., 2008).

During the data collection phase, eight variables were collected for each property. In terms of locational characteristics, the macro-area (centre, semi-central and suburbs) was observed, in line with the

classification promoted by the Real Estate Market Observatory (OMI) of the Italian Revenue Agency. Additionally, proximity to the relevant local transport infrastructure was observed (Tab. 1).

In terms of the typological characteristics of the sample, a distinction was made between individual (villa) and collective (apartment) homes. The form also recorded the size (in square metres of gross floor area) and the number of bathrooms (number of bathrooms in the residential unit).

Table 1 - Surveyed variables and metrics used to define numeric datasets

Variable	Type of variable	Characters and units of measurement	Scale
Unit value	Cardinal	€/sqm	n.a.
Zone (OMI)	Ordinal	Centre	1
		Semicentral	2
		Suburbs	3
Proximity to local transport infrastructure	Ordinal	Up to 200 m	1
		From 201 to 500 m	2
		Over 500 m	3
Energy class (EPC)	Ordinal	A4	1
		A3	2
		A2	3
		A1	4
		A+	5
		A	6
		B	7
		C	8
		D	9
		E	10
		F	11
Type	Nominal dichotomous	Villa	0
		Apartment	1
Number of bathrooms	Cardinal	no	n.a.
Gross floor area	Cardinal	sqm	n.a.
Maintenance status	Ordinal	New - under construction	1
		Excellent - renovated	2
		Good - habitable	3
		Very bad - in need of renovation	4

⁸ Data for the city of Mestre were obtained from the digital platform of the Municipal Registry of Venice, Municipality of Mestre-Carpenedo (year 2022). Data for the city of Padua are provided by the Padovanet.it portal, the civic network of the Municipality of Padua. Information on Bergamo was obtained from the BergamoinCifre page of the web portal of the Municipality of Bergamo.

⁹ For the acquisition of ask prices, collected in December 2022 and January 2023, specific reference was made to the digital portal Immobiliare.it, available at the following link <https://www.immobiliare.it/>.

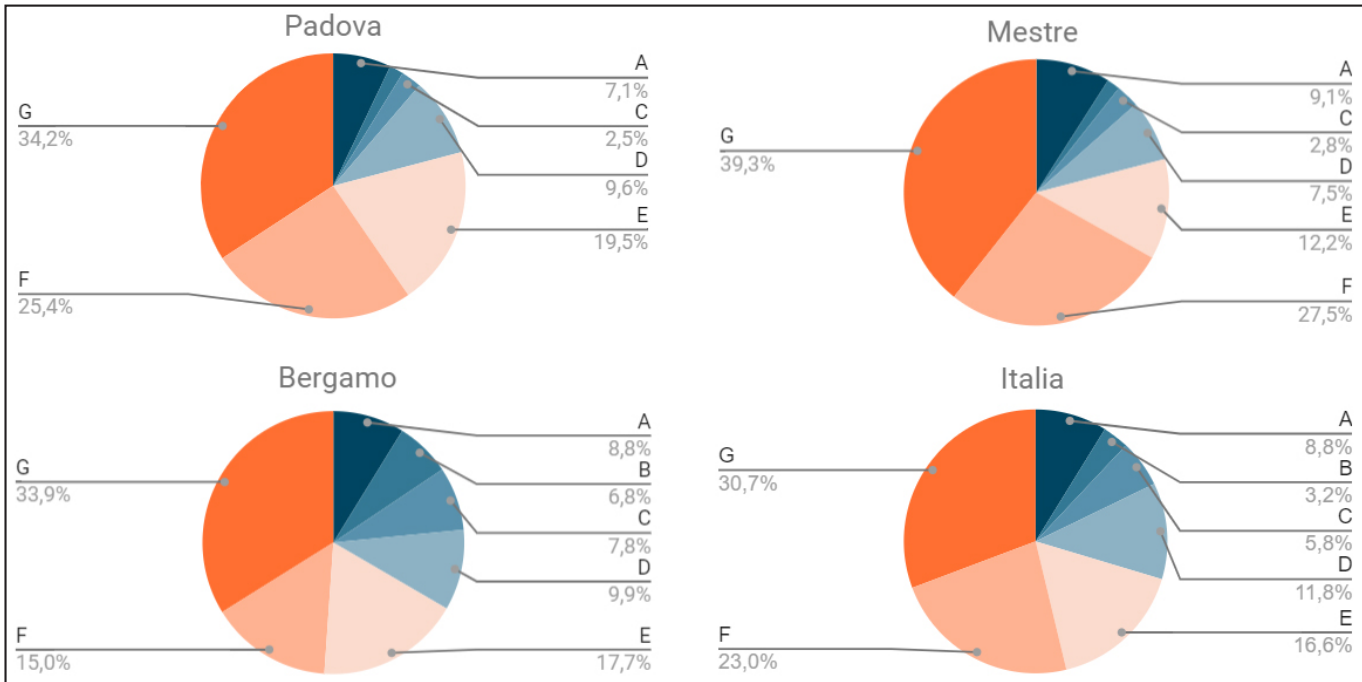


Figure 1 - Energy rating (EPC) of the sampled properties in the three cities and in Italy.

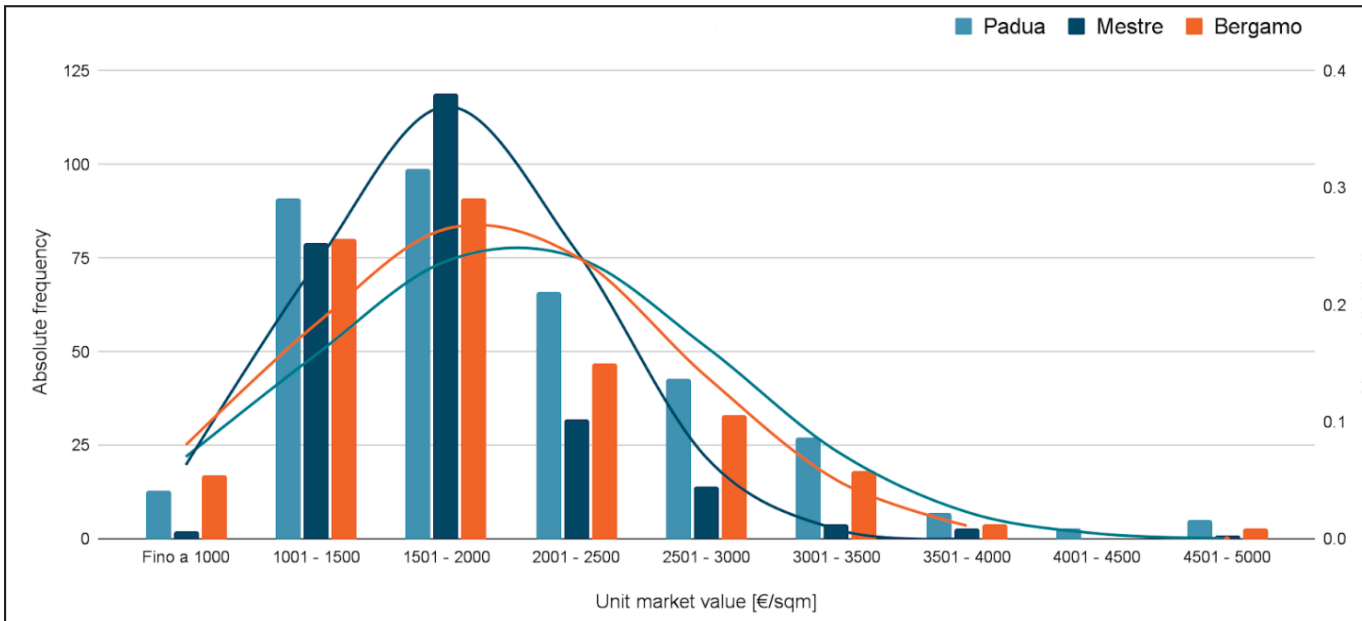


Figure 2 - Frequency distribution of ask prices of the three cities.

In terms of technological characteristics, the properties were classified according to local market practices as «new - under construction», «excellent - renovated», «good - habitable» and «very bad - in need of renovation».

The survey of the energy class of the homes followed the classification of the European Parliament and Council Directives¹⁰, broken down according to the

EPC classification into ten energy classes from A4 to G (Tab. 1), with the addition of Classes A and A+ surveyed from the housing market. The sample frequency

¹⁰ Directive of the European Parliament and the Council 2002/91/EC and Directive 2010/31/EU, 2010.

analyses are given in the appendix (Tables A, B and C). The sample analysis shows the preponderance of homes belonging to the lowest energy efficiency classes. In particular, the percentages of the least energy-efficient homes (E, F and G) reach percentages of 79.1%, 79.2% and 66.5% for Padua, Mestre and Bergamo, respectively (Fig. 1). The characteristics of the sample are consistent with the national building stock data, which show a building stock percentage for these three classes, amounting to 70.3%.

The descriptive statistics show a homogeneous picture in terms of typological characteristics and state of maintenance. In fact, the majority are multi-family buildings in a good state of maintenance, despite the low energy efficiency highlighted (Tables 2, 3 and 4).

The average unit value is € 2,034.85/sqm for the city of Padua, 1,905.43/sqm for Bergamo and 1,767.02 €/sqm for Mestre (Fig. 2).

Table 2 - Padua: descriptive statistics

Variable	n	mean	s.d.	min	max
Unit value [€/sqm]	354	2,034.85	805.45	790	6,341
Zone (OMI)	354	1.72	0.89	1	3
Proximity to local transport infrastructure	354	1.99	0.85	1	3
Energy class	354	10.25	2.36	1	12
Type	354	0.94	0.23	0	1
No. of bathrooms	354	1.85	0.68	1	3
Gross floor area [sqm]	354	143.35	67.75	26	450
Maintenance status	337	2.67	0.76	1	4

Table 3 - Mestre: descriptive statistics

Variable	n	mean	s.d.	min	max
Unit value [€/sqm]	254	1,767.02	538.95	950	5,376
Zone (OMI)	254	1.59	0.81	1	3
Proximity to local transport infrastructure	254	1.84	0.81	1	3
Energy class	254	10.21	2.75	1	12
Type	254	0.99	0.11	0	1
No. of bathrooms	252	1.37	0.50	1	3
Gross floor area [sqm]	254	96.40	28.34	38	205
Maintenance status	246	2.50	0.70	1	4

Table 4 - Bergamo: descriptive statistics

Variable	n	mean	s.d.	min	max
Unit value [€/sqm]	293	1,905.43	714.89	665	4,793
Zone (OMI)	293	1.83	0.92	1	3
Proximity to local transport infrastructure	293	2.17	0.74	1	3
Energy class	293	9.85	2.41	1	12
Type	293	0.97	0.16	0	1
No. of bathrooms	293	1.44	0.58	1	3
Gross floor area [sqm]	293	108.86	45.85	35	300
Maintenance status	291	2,41	0.80	1	4

4. METHODS AND ANALYSIS. THE HEDONIC MODELS FOR THE THREE CITIES

The regression model used to estimate hedonic prices uses the natural logarithm of the unit's market value as the unknown variable. The known variables are the locational, typological and technological characteristics of the housing unit.

Formally, the model employed is as follows (Fuerst et al., 2016) Eq. (1):

$$P_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^I \beta_i X_i + e_i \quad (1)$$

where

- P_i is the natural logarithm of the price of a home expressed in €/sqm;
- β_0 is the model's constant;
- β_i is the marginal price of the characteristic;
- X_i is the numerical value of the variables studied, including the EPC;
- e_i represents the random error.

The regression models for Padua and Mestre show an R^2 of 51.9% and 52.2% and an adjusted and corrected R^2 of 51.3% and 51.2%, respectively. On the other hand, the model for the city of Bergamo shows lower values, with an R^2 of 35.9% and an adjusted R^2 of 34.8%.

The reliability of the models was tested using the F-statistic, whose p -value is less than 0.05 in all three cities (less than 0.001 for Padua, 0.034 for Mestre and 0.024 for Bergamo). The results of the variance analysis (ANOVA) are presented in Table 5.

Table 5 - Variance analysis of the three models

City		Sum of squares	df	Quadratic mean	F	p value
Padua	Regression	25.118	5	5.024	75.223	<0.001
	Residual	23.240	348	0.067		
	Total	48.358	353			
Mestre	Regression	9.141	5	1.828	54.111	<0.001
	Residual	8.379	248	0.034		
	Total	17,521	253			
Bergamo	Regression	13.959	5	2.792	2.200	<0.001
	Residual	24.883	287	0.087		
	Total	38.842	292			

The hedonic prices of the characteristics all have a *p-value* of less than 0.05, so their reliability can be considered significant. Table 6 highlights the model values and reports the implied marginal prices of the identified characteristics.

It reports the *Variance Inflation Factor* (VIF), which provides a measure of multicollinearity between the independent variables. The factor allows the detection of any interaction effects present in the model (Bottero et al., 2018). In the three cases considered, a VIF close to one indicates that the variables are weakly correlated and therefore independent.

For two of the three cities studied, the locational characteristics condition the articulation of the values. For Padua and Bergamo, the traditional centre-

periphery articulation marks the decline in property values. The case of Mestre is a significant exception, in that the market does not distinguish the traditional hierarchy between the centre and the periphery.

Proximity to urban public transport infrastructure is a positional advantage that the models reported in two out of three cases, Padua and Mestre. One city is an exception: in Bergamo, no significant relationship was found between proximity to public transport infrastructure and residential market values.

Property types that are adequately equipped record higher values, as indicated by the positive sign for the variable of the number of bathrooms in the cases of Mestre and Bergamo. As maintenance features increase, the unit value of the property also increases in all cities.

Finally, in line with the law of diminishing marginal utility, the larger the gross floor area of the property, the lower the unit value.

The EPC energy rating is a critical element of value creation in all three urban markets. The model confirms the empirical research cited above on the relevance of superior energy efficiency for value creation. The developed hedonic prices show similar and comparable magnitudes, confirming the robustness of the models.

The models development the building energy performance variable in an ordinal form. To reach more robust conclusions regarding the contribution to the value of this intrinsic characteristic of the home, a second model considered energy class membership in the form of multiple *dummy* variables.

The development of models based on variables of the latter type makes the estimation methodology more robust on account of the two alternative classifications of the variable sought and its weight in value creation.

Table 6 - Regression models

Predictors Xi	Padua			Mestre			Bergamo		
	β_i	p value	VIF	β_i	p value	VIF	β_i	p value	VIF
Costant	9.190	<0.001	-	8.233	<0.001	-	7.970	<0.001	-
Zone (OMI)	-0.244	<0.001	1.141	-	-	-	-0.061	0.002	1.015
Proximity to local transport infrastructure	-0.115	<0.001	1.047	-0.032	0.034	1.122	-	-	-
Energy class (EPC)	-0.049	<0.001	1.667	-0.039	<0.001	1.537	-0.043	<0.001	1.767
Type	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. of bathrooms	-	-	-	0.161	<0.001	1.667	0.275	<0.001	1.834
Gross floor area	-0.001	<0.001	1.073	-0.003	<0.001	1.530	-0.002	<0.001	1.757
Maintenance status	-0.114	<0.001	1.682	-0.097	<0.001	1.462	-0.066	0.024	1.789

R² Padua: 0.519; R² Mestre: 0.522; R² Bergamo: 0.359

Table 7 - Regression models with dummy variables for energy characteristics

Regression models	Padua		Mestre		Bergamo	
	F: 57,018 p value: <0,001 R ² : 0,509		F: 50,478 p value: <0,001 R ² : 0,513		F: 25,365 p value: <0,001 R ² : 0,349	
Predictors Xi	β_i	p value	β_i	p value	β_i	p value
Costant	8.675	<0.001	7.708	<0.001	7.502	<0.001
Zone (OMI)	-0.235	<0.001	-	-	-0.061	0.002
Proximity to local transport infrastructure	-0.119	<0.001	-	-	-	-
High energy efficiency (Classes A and B)	0.316	<0.001	0.317	<0.001	0.231	<0.001
Medium energy efficiency (Classes C and D)	0.179	<0.001	0.179	<0.001	0.111	0.024
Type	-	-	-	-	-	-
Number of bathrooms	-	-	0.172	<0.001	0.286	<0.001
Gross floor area	-0.001	<0.001	-0.003	<0.001	-0.002	0.002
Maintenance status	-0.131	<0.001	-0.103	<0.001	-0.082	0.006

Following the buyer’s heuristic (Kahneman & Egan, 2011), the homes were grouped into three domains. The first includes homes belonging to the efficient classes (EPC A and B). The second includes the intermediate classes (EPC C and D), while the last includes the lowest energy-efficient classes (EPC E, F and G). Membership of each class determines a different hedonic price according to a scheme that is no longer constrained, as before, by the ordinal nature of the variable.

Increasing energy class corresponds to increasing statistically significant hedonic prices (*p-value* always <0.05): the patterns shown in Table 7 confirm the results of the patterns previously described in Table 6.

5. DISCUSSION. VALUE DEVIATIONS AND COMPARISON WITH THE LITERATURE

The analysis shows that there are significant differences in value according to the energy quality of the properties, confirming the theoretical premises outlined in the first section and the empirical research developed nationally and internationally. The economic advantage associated with lower operating costs is capitalised in the market value. Added to this is the prospect of marketing the property without constraints and limitations, a characteristic associated with properties of superior energy efficiency.

The difference in value between the energy classes deserves further study to compare the results with other researches carried out in Italy and internationally. Starting from the models for the three cities, the unit value is calculated for a property in Classes A, D and G. In the second step, the gap between the identified prices is evaluated in relative and absolute terms.

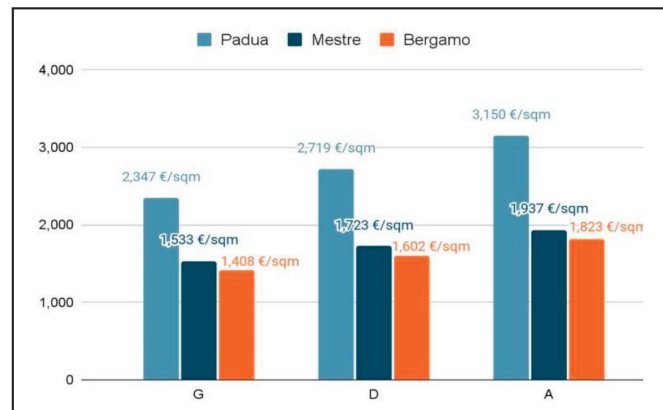


Figure 3 - Unit values of homes in Padua, Mestre and Bergamo according to energy class.

The market value of a home with the most common characteristics in the sample in Padua is 2,347 €/sqm for energy Class G, 2,719 €/sqm for Class D and 3,150 €/sqm for Class A. The values of homes with the most common characteristics in Mestre are 1,533 €/sqm for a home in Class G, 1,723 €/sqm for a home in Class D and 1,937 €/sqm if the home is classified in Class A. The values of homes in Bergamo are 1,408 €/sqm, 1,602 €/sqm and 1,823 €/sqm for EPC energy performance Classes G, D and A, respectively (Fig. 3).

The absolute difference between a property in Class G and a property in Class D is 372 €/sqm, 190 €/sqm and 194 €/sqm for the cities of Padua, Mestre and Bergamo, respectively. The absolute differences correspond to very similar percentage increases: 15.84% for Padua, 12.41% for Mestre and 13.77% for Bergamo (Fig. 4).

On the other hand, if we consider the gap between the least energy-efficient Class G and the most energy-

efficient Class A (conservatively the first subclass A), the hedonic prices in absolute value are 802 €/sqm for Padua, 404 €/sqm for Mestre and 414 €/sqm for Bergamo. In percentage terms, the deviations are 34.18%, 26.36% and 29.43%, respectively for the three locations (Fig. 4).

In the three cities, the shift from Class D to Class A shows a significant convergence in percentages, between 12.4% and 15.8%. There is a more pronounced convergence in the *premium price* between the values of Class G and those of Class A, but this convergence is around thirty percentage points.

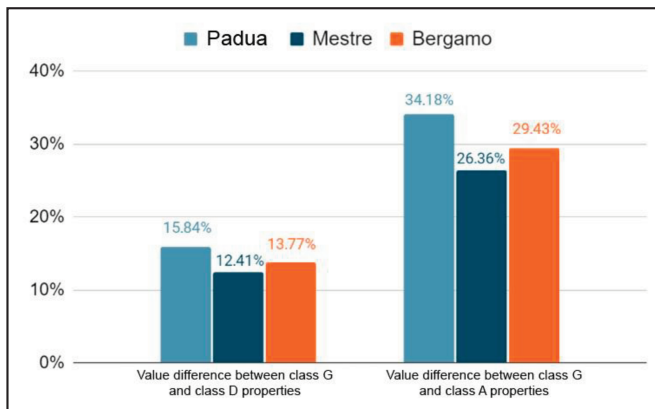


Figure 4 - Change in value between properties in energy classes G and D and between properties in energy classes G and A in the cities of Padua, Mestre and Bergamo.

The results converge even when the energy variable is reported as a dummy variable. The value gaps highlighted in Figure 5 show the increasing value of the properties compared to the less efficient classes.

More specifically, the gap between inefficient classes E, F and G and moderately-efficient properties classes C and D is 19.60% for the cities of Padua and Mestre and 11.74% for Bergamo. The results also converge for the value gap between the least energy-efficient properties and those in the highest classes (A and B), with percentages of 37.16% for Padua, 37.30% for Mestre and 25.99% for Bergamo.

The results of the survey are in line with the academic research on the subject. In particular, the estimated *premium prices* are in line with the results of empirical studies on the Dutch (Brounen & Kok, 2011), Welsh (Fuerst et al., 2016) and Irish (Hyland et al., 2013) housing markets. The three studies report an average premium of 14% for properties in energy class A compared to D.

Compared to the Italian studies, the research highlights empirical evidence that is consistent with some studies and contradictory with others. Manganelli et al. (2019) found similar results to those

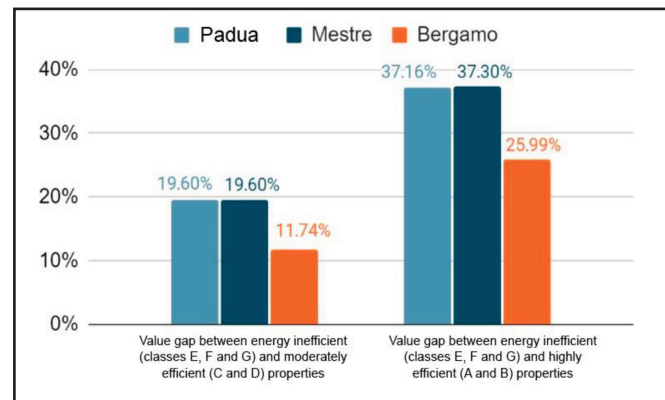


Figure 5 - Change in value between properties with different energy performance in the cities of Padua, Mestre and Bergamo (energy classification measured with dummy variables).

of this study. In the study of the Bari housing market, the analysis of values is carried out for both central and suburban areas. In the former case, the spread between Class A and Class G homes is 29.41%, while in suburban areas it rises to 41.2%.

Less consistent, however, are the values obtained in studies carried out in other cities. Dell'Anna et al. (2019) and Bisello et al. (2020) studied the markets of Turin and Bolzano. In both cases, the value deviation is estimated in relation to Class G, the minimum energy class. In Turin, the value deviation from Class A is 6.33%, analogous to the 6.3% found for the city of Bolzano.

The difference between the deviations found can be attributed to two factors. The first is related to the dynamism of the property markets considered. Turin is a metropolitan city and Bolzano, despite being a medium-sized city, has a very active market with values of absolute importance in the country. As pointed out by Eichholtz et al. (2010), value gaps increase where the real estate market is characterised by less active trading and values. In addition, recent EU positions may have had an effect by further widening the gap of the property values.

In other segments of the real estate market, a similar trend of value divergence seems to be confirmed. In the tertiary market, JLL (2023) finds value gaps of more than twenty percentage points between *green* and traditional buildings, exceeding previous international (Eichholtz et al., 2010) and national (Mangialardo et al., 2019) estimates. Thus, even in segments other than residential, the trend appears to be one of increasing market polarisation between different levels of energy performance.

6. CONCLUSIONS

The energy transition and decarbonisation require a major transformation of the housing stock. The issue

is particularly sensitive for Italy, where seven out of ten homes belong to the least energy-efficient classes, according to the classification introduced by the EU with Directive 31/10.

The study aimed at investigating whether, and to what extent, energy-efficient homes command a *premium price* on the market compared to less efficient homes.

The study focused on three medium-sized cities in Northern Italy and developed three hedonic models on more than 900 ask prices. The results confirm the stratification of the housing market, with converging estimates of value differences between energy performance classes. Particularly significant is the average discrepancy found between Class A and Class G properties, with values of thirty percentage points, while the discrepancy is smaller - around fourteen percentage points - if we consider Class G compared to Class D properties.

Thus, the market differentiates properties according to their energy consumption and environmental sustainability, and in line with what has been argued in other researches (Eichholtz et al., 2010), the gaps seem to increase inversely with the rank and size of the markets considered.

Future research will undoubtedly be able to enrich and better articulate the evolution of the market according to the goals of decarbonising the built

heritage towards higher standards of sustainability. In particular, the relationship between the vibrancy of markets and the values gaps seems to be an important area of research. The ecological transition could contribute to an increase in value differences between the buildings of large metropolitan centres and those of medium and small centres. Such studies could be carried out using different valuation methods, possibly more suited to the spatial characteristics of the context, such as hedonic models based on geostatistics.

In addition, future research could consider the growing importance along the time axis of the appreciation of the demand for the energy performance of buildings, depending on the ecological transition policies and the collective awareness of energy-saving issues.

The exploration of property investment opportunities certainly seems promising. Property refurbishment can generate significant capital gains, potentially justifying intervention in existing housing stock, with returns that must, however, be commensurate with the costs incurred. Finally, it seems important to consider the design of policies for the energy efficiency of buildings, which can undoubtedly take into consideration a common converging interest between ownership and the public body.

* **Ezio Micelli**, *Department of Architecture and Arts, Università Iuav di Venezia, Santa Croce 191, 30135 Venice*
e-mail: micelli@iuav.it

** **Giulia Giliberto**, *Department of Architecture and Arts, Università Iuav di Venezia, Santa Croce 191, 30135 Venice*
e-mail: ggiliberto@iuav.it

*** **Eleonora Righetto**, *Department of Industrial Systems Technology and Management, Università di Padova, Stradella S. Nicola, 3, 36100, Vicenza*
e-mail: eleonora.righetto.2@phd.unipd.it

**** **Greta Tafuri**, *Department of Architecture and Arts, Università Iuav di Venezia, Santa Croce 191, 30135 Venice*
e-mail: g.tafuri@iuav.it

Acknowledgments

The authors declare that they have no competing financial interests or personal relationships that could influence the work reported in this article.

Authors contributed

Ezio Micelli: Project administration, Conceptualisation, Supervision, Validation, Writing - review & editing. Giulia Giliberto: Investigation, Resources, Data curation, Formal analysis, Writing - original draft, Visualisation. Eleonora Righetto: Investigation, Resources, Data curation, Writing - original draft, Visualisation. Greta Tafuri: Investigation, Resources, Visualisation.

Bibliography

- ADDAE-DAPAAH K. & WILKINSON J., *Green Premium: What is the Implied Prognosis for Sustainability?* Journal of Sustainable Real Estate, 12(1), 2020, pp. 16–33. <https://doi.org/10.1080/19498276.2021.1915663>.
- ANTONIUCCI V. & MARELLA G., *Small town resilience: Housing market crisis and urban density in Italy*, Land Use Policy, 59, 2016, pp. 580–588. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.004>.
- AYDIN E., BROUNEN D. & KOK N., *The capitalization of energy efficiency: Evidence from the housing market*, Journal of Urban Economics, 117, 2020, 103243. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2020.103243>.
- BIO INTELLIGENCE SERVICE, RONAN LYONS AND IEEP, *Energy performance certificates in buildings and their impact on transaction prices and rents in selected EU countries*, Final report prepared for European Commission (DG Energy), 2013. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2014-11/2013_0619-energy_performance_certificates_in_buildings_0.pdf (available 17 January 2023).
- BISELLO A., ANTONIUCCI V. & MARELLA G., *Measuring the price premium of energy efficiency: A two-step analysis in the Italian housing market*, Energy and Buildings, 208, 2020, 109670. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109670>.
- BOTTERO M., BRAVI M., DELL'ANNA F. & MONDINI G., *Valutazione dell'efficienza energetica degli edifici con il metodo dei prezzi edonici: Gli effetti spaziali sono rilevanti?* Valori e valutazioni, 21, 2018, pp. 27–39. https://siev.org/wp-content/uploads/2020/02/21_04.
- BOZA E., *Investigation of housing valuation models based on spatial and non-spatial techniques* [Ph.D. - Doctoral Program]. Middle East Technical University, 2015. <https://hdl.handle.net/11511/24722>.
- BROUNEN D. & KOK N., *On the economics of energy labels in the housing market*, Journal of Environmental Economics and Management, 62(2), 2011, pp. 166–179. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2010.11.006>.
- COMMISSIONE EUROPEA, *Efficienza energetica nell'edilizia. Commissione europea*, Department: Energia – In evidenza, 2020. https://commission.europa.eu/system/files/2020-03/in_focus_energy_efficiency_in_buildings_it.pdf (available 17 February 2020).
- COPIELLO S. & DONATI E., *Is investing in energy efficiency worth it? Evidence for substantial price premiums but limited profitability in the housing sector*, Energy and Buildings, 251, 2021, 111371. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111371>.
- COPIELLO S., GABRIELLI L. & MICELLI E., *Building Industry and Energy Efficiency: A Review of Three Major Issues at Stake*, Computational Science and its Applications – ICCSA 2021, 12954, 2021, pp. 226–240. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86979-3_17.
- COYNE B. & DENNY E., *Mind the Energy Performance Gap: Testing the accuracy of building Energy Performance Certificates in Ireland*, Energy Efficiency, 14(6), 2021, p. 57. <https://doi.org/10.1007/s12053-021-09960-1>.
- DE AYALA A., GALARRAGA I. & SPADARO J.V., *The price of energy efficiency in the Spanish housing market*, Energy Policy, 94, 2016, pp. 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.032>.
- DELL'ANNA F., BRAVI M., MARMOLEJO-DUARTE C., BOTTERO M.C. & CHEN A., *EPC Green Premium in Two Different European Climate Zones: A Comparative Study between Barcelona and Turin*, Sustainability, 11(20), 2019, 5605. <https://doi.org/10.3390/su11205605>.
- EICHHOLTZ P., KOK N. & QUIGLEY J.M., *Doing Well by Doing Good? Green Office Buildings*, American Economic Review, 100(5), 2010, pp. 2492–2509. <https://doi.org/10.1257/aer.100.5.2492>.
- EICHHOLTZ P., KOK N. & QUIGLEY J.M., *The economics of green building*, The Review of Economics and Statistics, 95(1), 2013, pp. 50–63.
- FORTE C. & DE' ROSSI B., *Principi di economia ed estimo*. Milano: Etas, 1979.
- FREGONARA E., ROLANDO D., SEMERARO P. & VELLA M., *The impact of Energy Performance Certificate level on house listing prices. First evidence from Italian real estate*, Aestimum, 65, 2015, pp. 143–163. <https://doi.org/10.13128/AESTIMUM-15459>.
- FUERST F., MCALLISTER P., NANDA A. & WYATT P., *Does energy efficiency matter to homebuyers? An investigation of EPC ratings and transaction prices in England*, Energy Economics, 48, 2015, pp. 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.12.012>.
- FUERST F., MCALLISTER P., NANDA A. & WYATT P., *Energy performance ratings and house prices in Wales: An empirical study*, Energy Policy, 92, 2016, pp. 20–33. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.024>.
- FUERST F., OIKARINEN E. & HARJUNEN O., *Green signalling effects in the market for energy-efficient residential buildings*, Applied Energy, 180, 2016, pp. 560–571. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.076>.
- GUERRIERI G., *Il mercato della casa. Domanda, offerta, tassazione e spesa pubblica*, Roma: Carocci, 2022.
- HAŠ I I., VRIES F.D., JOHNSTONE N. & MEDHI N., *Effects of environmental policy on the type of innovation: The case of automotive emission-control technologies*, OECD Journal: Economic Studies, 2009(1), 2009, pp. 1–18. https://doi.org/10.1787/eco_studies-v2009-art2-en.
- HYLAND M., LYONS R.C. & LYONS S., *The value of domestic building energy efficiency—Evidence from Ireland*, Energy Economics, 40, 2013, pp. 943–952. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.07.020>.
- ISTITUTO PER LA FINANZA E L'ECONOMIA LOCALE (IFEL), *L'Italia delle città medie*, Quaderni di Analisi ANCI-IFEL, 2013.
- JENSEN O.M., HANSEN A.R. & KRAGH J., *Market response to the public display of energy performance rating at property sales*, Energy Policy, 93, 2016, pp. 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.029>.



JLL, *Environmentally sustainable real estate attracts higher prices*, 2023. <https://www.jll.co.uk/en/newsroom/environmentally-sustainable-real-estate-attracts-higher-prices> (available 17 January 2023).

KAHNEMAN D. & EGAN P., *Thinking, fast and slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.

KAIN J.F. & QUIGLEY J.M., *Measuring the value of house quality*, *Journal of the American Statistical Association*, 65(330), 1970, pp. 532–548.

KONAR S. & COHEN M.A., *Does the Market Value Environmental Performance?* *Review of Economics and Statistics*, 83(2), 2001, pp. 281–289. <https://doi.org/10.1162/00346530151143815>.

LANCASTER K.J., *A New Approach to Consumer Theory*, *Journal of Political Economy*, 74(2), 1966, pp. 132–157. <https://www.jstor.org/stable/1828835>.

MALPEZZI S., *Hedonic Pricing Models: A Selective and Applied Review*. In A. O'Sullivan & K. Gibb, *Housing Economics and Public Policy: Essays in Honor of Duncan MacLennan*, 2002, pp. 67–89. <https://doi.org/10.1002/9780470690680.ch5>.

MANGANELLI B., MORANO P., TAJANI F. & SALVO F., *Affordability Assessment of Energy-Efficient Building Construction in Italy*, *Sustainability*, 11(1), 2019, 1. <https://doi.org/10.3390/su11010249>.

MANGIARDINO A., MICELLI E. & SACCANI F., *Does Sustainability Affect Real Estate Market Values? Empirical Evidence from the Office Buildings Market in Milan (Italy)*, *Sustainability* 11(1), 2019, 12. <https://doi.org/10.3390/su11010012>.

MARMOLEJO-DUARTE C. & CHEN A., *The Uneven Price Impact of Energy Efficiency Ratings on Housing Segments and Implications for Public Policy and Private Markets*, *Sustainability*, 11(2), 2019. <https://doi.org/10.3390/su11020372>.

MICELLI E. & RIGHETTO E., *How do metropolitan cities evolve after the 2008/2012 crisis and the Covid-19 pandemic? An analysis from real estate market values*, *Valori e*

Valutazioni, 31, 2023, pp. 49–67. <https://doi.org/10.48264/VVSIEV-20223105>.

MORANO P., TAJANI F., DI LIDDO F. & GUARNACCIA C., *The value of the energy retrofit in the Italian housing market: Two case-studies compared*, *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 15, 2018, pp. 249–258.

OTTENSMANN J., PAYTON S. & MAN J., *Urban Location and Housing Prices within a Hedonic Model*, *Journal of Regional Analysis and Policy*, 38, 2008.

PORTER M.E., *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press, 1985.

RAJITHAN M., SOORIGE D. & AMARASINGHE S.D.I.A., *Analysing the gap between predicted and actual operational energy consumption in buildings*. A review. In *Proceedings of the 9th World Construction Symposium 2021 on Reshaping Construction: Strategic, Structural and Cultural Transformations towards the «Next Normal»*, 2021, pp. 63–74. <https://doi.org/10.31705/WCS.2021.6>.

ROSEN S., *Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition*, *Journal of Political Economy*, 82(1), 1974, pp. 34–55.

SIMONOTTI M., *I prezzi marginali impliciti delle risorse immobiliari*. In Fusco Girard, L. (a cura di). *Estimo ed economia ambientale*. Milano: Angeli, 1993.

WAHLSTRÖM M.H., *Doing good but not that well? A dilemma for energy conserving homeowners*, *Energy Economics*, 60, 2016, pp. 197–205. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.09.025>.

YAYAR R. & DEMIR D., *Hedonic estimation of housing market prices in Turkey*, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 43, 2014, pp. 67–82. <https://doi.org/10.18070/euiibfd.42448>.

ZHANG L., LI Y., STEPHENSON R. & ASHURI B., *Valuation of energy efficient certificates in buildings*, *Energy and Buildings*, 158, 2018, pp. 1226–1240. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.014>.



APPENDIX

Appendix A - Padua: frequency analysis

Variables	Categories	n	%
Unit value	Up to 1,000	13	3.7
	From 1,001 to 1,500	91	25.7
	From 1,501 to 2,000	99	28.0
	From 2,001 to 2,500	66	18.6
	From 2,501 to 3,000	43	12.1
	From 3,001 to 3,500	27	7.6
	From 3,501 to 4,000	7	2.0
	From 4,001 to 4,500	3	0.8
	Over 4,500	5	1.4
Zone	Central zone	206	58.2
	Semicentral zone	42	11.9
	Suburban zone	106	29.9
Proximity to local transport infrastructure	Up to 200 m	130	36.7
	From 201 to 500 m	96	27.1
	Over 500 m	128	36.2
Energy class (EPC)	A4	10	2.8
	A3	1	0.3
	A2	2	0.6
	A1	6	1.7
	A+	0	0.0
	A	6	1.7
	B	6	1.7
	C	9	2.5
	D	34	9.6
	E	69	19.5
	F	90	25.4
G	121	34.2	
Type	Villa	20	5.6
	Apartment	334	94.4
Number of bathrooms	One bathroom	111	31.4
	Two bathrooms	184	52.0
	Three bathrooms	59	16.7
Gross floor area	Up to 50 sqm	17	4.8
	From 51 to 100 sqm	81	22.9
	From 101 to 150 sqm	136	38.4
	From 151 to 200 sqm	63	17.8
	From 201 to 250 sqm	31	8.8
	Over 250 sqm	26	7.3
Maintenance status	New - under construction	24	6.8
	Excellent - renovated	100	28.2
	Good - habitable	177	50.0
	Very bad - in need of renovation	36	10.2

Appendix B - Mestre: frequency analysis

Variables	Categories	n	%
Unit value	Up to 1,000	2	0.8
	From 1,001 to 1,500	79	31.1
	From 1,501 to 2,000	119	46.9
	From 2,001 to 2,500	32	12.6
	From 2,501 to 3,000	14	5.5
	From 3,001 to 3,500	4	1.6
	From 3,501 to 4,000	3	1.6
	From 4,001 to 4,500	3	1.2
	Over 4,500	1	0.4
	Zone	Central zone	155
Semicentral zone		47	18.5
Suburban zone		52	20.5
Proximity to local transport infrastructure	Up to 200 m	107	42.1
	From 201 to 500 m	80	31.5
	Over 500 m	67	26.4
Energy class (EPC)	A4	13	5.1
	A3	1	0.4
	A2	1	0.4
	A1	2	0.8
	A+	4	1.6
	A	2	0.8
	B	4	1.6
	C	7	2.8
	D	19	7.5
	E	31	12.2
F	70	27.6	
G	100	39.4	
Type	Villa	3	1.2
	Apartment	251	98.8
Number of bathrooms	One bathroom	160	63.0
	Two bathrooms	90	35.4
	Three bathrooms	2	0.8
Gross floor area	Up to 50 sqm	35.4	2.0
	From 51 to 100 sqm	0,8	62.2
	From 101 to 150 sqm	5	32.3
	From 151 to 200 sqm	158	3.1
	From 201 to 250 sqm	82	0.4
	Over 250 sqm	8	0.0
Maintenance status	New - under construction	21	8.3
	Excellent - renovated	90	35.4
	Good - habitable	126	49.6
	Very bad - in need of renovation	9	3.5

Appendix C - Bergamo: frequency analysis

Variables	Categories	n	%
Unit value	Up to 1,000	17	5.8
	From 1,001 to 1,500	80	27.3
	From 1,501 to 2,000	91	31.1
	From 2,001 to 2,500	47	16.0
	From 2,501 to 3,000	33	11.3
	From 3,001 to 3,500	18	6.1
	From 3,501 to 4,000	4	1.4
	From 4,001 to 4,500	0	0.0
	Over 4,500	3	1.0
Zone	Central zone	151	51.5
	Semicentral zone	40	13.7
	Suburban zone	102	34.8
Proximity to local transport infrastructure	Up to 200 m	60	20.5
	From 201 to 500 m	124	42.3
	Over 500 m	109	37.2
Energy class (EPC)	A4	3	1.0
	A3	3	1.0
	A2	1	0.3
	A1	7	2.4
	A+	4	1.4
	A	8	2.7
	B	20	6.8
	C	23	7.8
	D	29	9.9
	E	52	17.7
	F	44	15.0
G	99	33.8	
Type	Villa	8	2.7
	Apartment	285	97.3
Number of bathrooms	One bathroom	177	60.4
	Two bathrooms	103	35.2
	Three bathrooms	13	4.4
Gross floor area	Up to 50 sqm	23	7.8
	From 51 to 100 sqm	125	42.7
	From 101 to 150 sqm	108	36.9
	From 151 to 200 sqm	22	7.5
	From 201 to 250 sqm	12	4.1
	Over 250 sqm	3	1.0
Maintenance status	New - under construction	38	13.0
	Excellent - renovated	116	39.6
	Good - habitable	118	40.3
	Very bad - in need of renovation	19	6.5

Il valore economico della sostenibilità. Mercato immobiliare e prestazioni energetiche delle abitazioni

Ezio Micelli*, Giulia Giliberto**,
Eleonora Righetto***, Greta Tafuri****

Parole chiave: mercato immobiliare, edifici sostenibili,
transizione energetica, performance energetica,
prezzi edonici

Abstract

La transizione energetica e la decarbonizzazione impongono un'importante trasformazione del patrimonio abitativo. Responsabile di circa il 40% dei consumi di combustibili fossili e del 30% delle emissioni di CO₂, il patrimonio costruito deve essere riqualificato sotto il profilo delle performance energetiche. Il tema è particolarmente delicato per l'Italia, dove sette abitazioni su dieci appartengono alle classi energetiche meno performanti secondo la classificazione introdotta dall'UE.

La ricerca si è proposta di indagare se, e in quale misura, le abitazioni energeticamente performanti riscontrino sul mercato un premium price rispetto alle abitazioni meno efficienti. L'indagine si concentra su tre città medie del Nord Italia e ha sviluppato tre modelli edonici sulla base di oltre 900 prezzi d'offerta.

I risultati confermano la stratificazione del mercato rispetto ai livelli di efficienza energetica. Le stime risultano convergenti in termini assoluti e relativi tra le diverse città. Particolarmente significativo è lo scarto medio rilevato tra immobili appartenenti alla classe di massima efficienza (classe A) rispetto a quelli di minima efficienza (classe G) con valori che si attestano a circa trenta punti percentuali, mentre lo scarto si attesta intorno a quattordici punti percentuali se consideriamo immobili della classe D rispetto alla classe G.

Le conclusioni si allineano agli studi europei sull'argomento ed evidenziano tuttavia una tendenza alla crescente divaricazione tra i valori di mercato degli immobili caratterizzati da diverse prestazioni energetiche.

1. INTRODUZIONE

La transizione energetica del patrimonio residenziale rappresenta una delle maggiori sfide che la comunità internazionale è chiamata ad affrontare. Il patrimonio immobiliare europeo è responsabile per il 40% dei consumi energetici globali e per il 36% delle emissioni di gas a effetto serra (Commissione europea, 2020).

La transizione energetica del patrimonio costruito implica importanti azioni in merito al risparmio energetico e alla produzione di energia da fonti rinnovabili. La sfida è rap-

presentata dal raggiungimento degli obiettivi di neutralità in termini di emissioni di anidride carbonica introdotti dal *Green Deal europeo*.¹ Il mercato immobiliare si trova dunque di fronte a una sfida ineludibile nel più ampio processo verso la decarbonizzazione delle città.²

¹ Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni COM(2019) 640 final.

² Direttiva 2010/31/UE, 2010 del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla Prestazione energetica nell'edilizia.

Il rapporto tra efficienza energetica e valori immobiliari è problematico. Da un lato, è possibile assumere l'ipotesi che il mercato capitalizzi la superiore efficienza degli immobili maggiormente performanti sotto il profilo energetico. Una variazione di valore è attesa in quanto immobili energeticamente efficienti assicurano minori costi di gestione e superiore capacità di adeguamento rispetto alle normative attese. D'altro lato, è possibile supporre che le prestazioni energetiche siano scarsamente apprezzate in quanto la domanda potrebbe considerare tale aspetto poco rilevante.

L'approfondimento delle due ipotesi ha rilievo anche sulle scelte di investimento degli operatori privati e sulle politiche pubbliche. Nel primo caso, infatti, l'investimento sull'efficienza energetica permette un ritorno legato al *premium price* che immobili più performanti possono spuntare sul mercato. Nel secondo, il miglioramento delle prestazioni energetiche dei beni immobili rappresenta un puro costo per la proprietà.

Lo scenario italiano presenta caratteri peculiari. Oltre il 70% degli edifici a destinazione residenziale del Paese appartiene alle classi più energivore, le classi E, F e G della scala APE (dicitura italiana equivalente a EPC³). La sfida sotto il profilo delle risorse in gioco appare importante poiché il solo passaggio alla classe D – indicato dalla Commissione Europea come necessario entro il 2033⁴ – riguarda un patrimonio di poco meno di 25 milioni di unità immobiliari.⁵

La ricerca ha per obiettivo l'analisi dei valori immobiliari del mercato residenziale italiano per verificare se, e in quale misura, le prestazioni energetiche dei beni immobili siano apprezzate dal mercato e siano dunque in grado di rappresentare un elemento determinante nella formazione del prezzo.

L'indagine è condotta entro un preciso perimetro economico e geografico. I mercati considerati sono quelli di tre città medie del Nord del Paese: Padova, Mestre e Bergamo. La ricerca ha dunque inteso concentrare la propria attenzione sulle città medie che rappresentano un elemento centrale della struttura territoriale italiana (IFEL, 2013).

Lo scritto è organizzato in quattro sezioni. La prima considera i principali riferimenti teorici ed empirici sul tema. La seconda sezione illustra la metodologia impiegata e i dati acquisiti. In coerenza con un vasto corpo di ricerche analoghe, lo studio impiega il metodo dei prezzi edonici con riferimento a un *dataset* relativo alle tre città in esame. I modelli di analisi del valore sono presentati nella terza sezione, mentre la quarta affronta la loro discussione e interpretazione.

³ Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio 2002/91/CE del 16 dicembre 2002 sul rendimento energetico nell'edilizia.

⁴ Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia.

⁵ Dati forniti da ISTAT, ENEA e Agenzia delle Entrate dati (2016-2021).

2. BACKGROUND. FONDAMENTI E MISURE DEL *PREMIUM PRICE* ASSOCIATO ALL'EFFICIENZA ENERGETICA DELLE ABITAZIONI

Il mercato immobiliare differenzia tra proprietà energeticamente efficienti rispetto a proprietà inefficienti? E se questo è il caso, in che modo? La domanda di ricerca al cuore di questo scritto ha due riferimenti di carattere teorico.

Il primo riguarda la possibilità di capitalizzare i risparmi legati ai mancati costi operativi nella gestione dell'edificio. Gli acquirenti di un bene immobile energeticamente efficiente possono contare su risparmi futuri. La differenza dei costi legata a minori oneri di gestione può essere capitalizzata e determina un *premium price* che tiene conto dei futuri risparmi della proprietà. Aydin et al. (2020) ed Eichholtz et al. (2013) argomentano come la domanda apprezzi con precisione l'investimento economico e i risparmi futuri legati alle superiori prestazioni energetiche.

Alcune eccezioni possono essere sollevate rispetto a questo ragionamento. Un simile risparmio viene considerato diversamente da parte della domanda. In mercati in cui la pressione della domanda è più significativa, il differenziale di valore tra immobili caratterizzati da diverse prestazioni energetiche è più contenuto. Addae-Dapaah e Wilkinson (2020) evidenziano scarti di valore minori nel mercato terziario nelle aree di massima concentrazione della domanda rispetto ad aree periferiche, confermando le misurazioni di Eichholtz et al. (2010) relative al mercato direzionale.

Ancora, la domanda potrebbe anticipare un *performance gap* relativo alle prestazioni effettive rispetto a quelle dichiarate. Nel mercato residenziale irlandese, Coyne e Danny (2021) hanno rilevato consumi significativamente superiori rispetto a quanto fissato nelle certificazioni EPC. Lo scarto tra prestazioni effettive e prestazioni dichiarate è dunque un fenomeno importante (Rajithan et al., 2021), da cui potrebbe dipendere la misura dell'apprezzamento della domanda per la performance energetica degli immobili.

Infine, la domanda potrebbe essere caratterizzata da comportamenti e modi d'uso dell'alloggio tali da rendere le prestazioni dell'unità poco rilevanti (ad esempio: seconde case utilizzate solo d'estate) e dunque dimostrarsi poco sensibile alla caratteristica tecnologica dell'efficienza e della qualità delle prestazioni.

Le eccezioni sollevate tuttavia non sembrano essere in grado di incidere in modo significativo sulle preferenze complessive del mercato che, di norma, dovrebbe assumere l'efficienza energetica dei consumi come elemento di differenziazione, a sua volta in grado di determinare un *premium price* chiaramente riconoscibile (Porter, 1985).

Il secondo riferimento teorico riguarda invece le attese sotto il profilo della regolazione dei beni immobili. Al pari di quanto avvenuto in altri mercati (Konar & Cohen, 2001), come nel caso del mercato automobilistico (Hašič et al., 2009), il regolatore ha imposto vincoli crescenti sotto il

profilo delle prestazioni energetiche e ambientali.

Simili regolazioni potrebbero rendere un bene immobile di difficile o impossibile alienazione o locazione con una conseguente perdita di valore. Il mercato, dunque, dovrebbe evidenziare un *premium price* per immobili al riparo da forme di limitazione dell'affitto e della vendita a medio e lungo termine, rispetto a immobili che, in ragione delle loro caratteristiche tecnologiche, potrebbero invece trovarsi in questa condizione.

Nel marzo 2023 è stata approvata la proposta di direttiva sulla prestazione energetica in edilizia, nota come provvedimento Casa Green⁶, che stabilisce l'obbligo di emissioni zero per tutti i nuovi edifici a partire dal 2028, mentre gli edifici esistenti dovranno raggiungere la classe energetica E entro il 2030 e la classe D entro il 2033.

I due elementi concorrono a fondare, sotto il profilo teorico, la differenziazione del mercato tra beni caratterizzati da diversi livelli energetici. Le indagini empiriche condotte in ambito internazionale e nazionale confermano una simile ipotesi. Se concentriamo l'attenzione sul mercato residenziale, i lavori di rassegna di Fuerst et al. (2016), di Copiello et al. (2021), Copiello e Donati (2021) e Zhang et al. (2018) ripercorrono gli esiti più significativi delle ricerche sul *premium price* associato alle prestazioni energetiche. Anche se non mancano eccezioni (Wahlström, 2016), la quasi totalità degli studi condotti evidenzia prezzi marginali positivi legati al risparmio energetico dell'abitazione.

La produzione scientifica in Europa segue la direttiva dell'Unione Europea sul rendimento energetico del patrimonio abitativo (Direttiva 2002/91/CE), che rende obbligatoria la misurazione del consumo energetico di nuovi edifici e di quelli esistenti fornendo così uno standard comune per la classificazione energetica in tutto il continente.

La sensibilità nei confronti di questi temi è riscontrabile soprattutto nei paesi del Nord Europa. Brounen e Kok (2011) conducono uno dei primi studi mirati alla ricerca della differenziazione del valore tra immobili diversamente efficienti in Olanda. La ricerca ha evidenziato l'esistenza di un *premium price* legato al livello energetico pari al 5% considerando un'abitazione in classe D rispetto a un'abitazione in classe G.

Jensen et al. (2016) hanno studiato gli effetti della classificazione EPC nel segmento residenziale del mercato danese, evidenziando un effetto positivo dell'efficienza energetica sui valori degli immobili. Altre ricerche restringono il campo d'indagine su singole città. Fuerst et al. (2016) rilevano nella città di Helsinki un *premium price* del 3,5% relativo agli edifici maggiormente efficienti dal punto di vista energetico (A, B e C), rispetto a immobili di classe D.

⁶Emendamenti del Parlamento europeo, approvati il 14 marzo 2023, alla proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia COM (2021)0802 - C9-0469/2021 - 2021/0426(COD).

Fuerst et al. (2015; 2016) e il report di Bio Intelligence Service (2013) testimoniano una tendenza analoga per il mercato inglese. Nel mercato residenziale gallese Fuerst et al. (2016) rilevano uno scarto pari al 12,8% nei valori di compravendita di immobili in classe A rispetto a immobili in classe D. Percentuali confrontabili sono state rilevate nel mercato irlandese, nel quale Hyland et al. (2013) registrano uno scarto pari a 9,3% per immobili in classe energetica A rispetto alla D e del 10,6% dalla A alla F/G.

Negli ultimi anni la ricerca ha considerato mercati anche in ambito mediterraneo. In Spagna, De Ayala et al. (2016) hanno misurato l'effetto dell'efficienza energetica sul prezzo delle abitazioni rilevando una premialità del 5,4% per immobili di classe A, B, C o D rispetto a quelli collocati in classe E, F o G. Uno studio circoscritto alla città di Barcellona (Marmolejo-Duarte & Chen, 2019), mette in luce un *premium price* del 7,8% per gli appartamenti massimamente efficienti dal punto di vista energetico (classe A) rispetto a quelli classificati come non efficienti (classe G).

In Italia le ricerche mettono in luce un apprezzamento da parte della domanda nei confronti delle prestazioni energetiche degli immobili. Lo studio svolto a Torino da Fregonara et al. (2015) rileva una debole relazione tra il prezzo d'offerta dell'immobile e il suo livello di efficienza energetica, possibile sintomo di una ancora scarsa considerazione delle caratteristiche energetiche.

Il mercato della città di Bolzano è stato oggetto di una duplice indagine. In una prima ricerca, Morano et al. (2018), mettono a confronto Bolzano con la città di Bari. In entrambe le città si registrano *premium price* considerevoli con un maggior apprezzamento delle caratteristiche energetiche per il caso di Bolzano. Nel secondo studio, Bisello et al. (2020) si sono concentrati esclusivamente sulla città altoatesina e hanno riscontrato una premialità del 6% per immobili in classe A rispetto a immobili in classe G.

Beni immobili caratterizzati da superiori performance energetiche e ambientali non solo si rivelano maggiormente in linea con gli obiettivi di decarbonizzazione e sostenibilità al cuore delle politiche europee, ma consentono vantaggi economici che il mercato apprezza in modo riconoscibile. Tuttavia, le ricerche sino a qui condotte non appaiono concordi sulla misura e sull'ampiezza del *premium price* da attribuire alla variazione della performance energetica. Il tema è di particolare rilievo per il segmento residenziale che rappresenta la più ampia porzione del mercato immobiliare in Italia e che costituisce una rilevante frazione della ricchezza delle famiglie italiane (Guerrieri, 2022).

3. DATA. IL MERCATO DI RIFERIMENTO, LE CITTÀ E IL DATABASE OGGETTO DI INDAGINE

La ricerca concentra la propria attenzione sulla quota di patrimonio maggiormente rappresentativa del mercato immobiliare, il mercato abitativo (Guerrieri, 2022). La scelta è di non considerare le grandi città metropolitane,



ma di concentrare l'attenzione su città di media dimensione ovvero su parti specifiche di città metropolitane. Ciò allo scopo di rappresentare i centri urbani dove si concentra una parte importante della popolazione italiana⁷, i quali, sotto il profilo dei valori immobiliari, non necessariamente seguono le tendenze dei grandi poli metropolitani (IFEL, 2013; Antonucci & Marella, 2016; Micelli & Rigetto, 2023).

I valori acquisiti riguardano tre città del Nord Italia rappresentative delle città medie: Padova, Bergamo e Mestre. Quest'ultima, seppur definita amministrativamente come parte del Comune di Venezia, presenta caratteristiche analoghe sotto il profilo economico e demografico rispetto alle altre due città prese in esame. Le tre città sono caratterizzate da numeri rappresentativi della taglia media delle città italiane (IFEL, 2013). La popolazione varia, infatti, da un minimo di 87.036 abitanti della terraferma veneziana a un massimo di 209.938 di Padova, con la città di Bergamo che registra 121.546 abitanti.⁸ Le tre città condividono inoltre un analogo rango amministrativo: Padova e Bergamo, sono capoluogo di provincia, mentre Mestre rappresenta la parte di terraferma del capoluogo regionale del Veneto.

L'acquisizione dei dati è stata resa possibile grazie ai prezzi di offerta delle principali piattaforme di compravendita del mercato immobiliare.⁹ I prezzi di offerta raccolti – 901 in totale – riguardano rispettivamente 354 unità abitative per Padova, 254 per Mestre e 293 per Bergamo. I dati sono stati acquisiti nel mese di gennaio 2023.

La scelta metodologica prevede l'utilizzo del modello dei prezzi edonici allo scopo di determinare il contributo al valore delle caratteristiche posizionali e tecnologiche dei beni (Lancaster, 1966; Rosen, 1974; Forte & de' Rossi, 1979; Simonotti, 1993).

La regressione impiegata per la stima dei prezzi edonici può assumere diverse forme funzionali (Kain & Quigley, 1970; Yayar & Demir, 2014). In letteratura non sono presenti specifiche indicazioni in merito alla forma funzionale maggiormente capace di rappresentare l'articolazione del valore (Malpezzi, 2002). In questo studio la forma della funzione è di tipo semilogaritmico, particolarmente diffusa per le sue caratteristiche, tra cui la capacità di minimizzare il problema dell'eteroschedasticità (Boza,

2015; Ottensmann et al., 2008).

In fase di raccolta dati sono state rilevate otto variabili per ogni bene campionato. In merito alle caratteristiche posizionali sono state osservate la localizzazione rispetto alla macroarea di riferimento (centro, semicentro e periferia), in modo coerente rispetto alla classificazione promossa dall'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI) dell'Agenzia delle Entrate. Ancora, è stata rilevata la prossimità a rilevanti infrastrutture di trasporto locale (Tab. 1).

Rispetto alle caratteristiche tipologiche del campione sono state differentemente classificate le unità abitative singole (villa) rispetto a quelle aggregate (appartamento). La scheda ha inoltre rilevato la consistenza (in mq di superficie lorda) e la numerosità dei servizi (numero di bagni dell'abitazione).

Tabella 1 - Variabili rilevate e metriche impiegate nella definizione dei dataset numerici

Variabile	Tipo di variabile	Caratteri e unità di misura	Scala
Valore unitario	Cardinale	€/mq	n.d.
Zona (OMI)	Ordinale	Centro	1
		Semicentro	2
		Periferia	3
Prossimità all'infrastruttura collettiva	Ordinale	0 - 200 m	1
		201 - 500 m	2
		> 500 m	3
Classe energetica (APE)	Ordinale	A4	1
		A3	2
		A2	3
		A1	4
		A+	5
		A	6
		B	7
		C	8
		D	9
		E	10
		F	11
Tipologia	Nominale dicotomica	Villa	0
		Appartamento	1
Numero di bagni	Cardinale	n°	n.d.
Consistenza	Cardinale	mq	n.d.
Stato manutentivo	Ordinale	Nuovo - in costruzione	1
		Ottimo - ristrutturato	2
		Buono - abitabile	3
		Pessimo - da ristrutturare	4

⁷I dati relativi alla distribuzione della popolazione in periferia, medi e grandi centri urbani sono stati acquisiti da Eurostat (2018).

⁸I dati relativi alla città di Mestre sono stati acquisiti presso la piattaforma digitale dell'Anagrafe comunale di Venezia, Municipalità di Mestre-Carpenedo (anno 2022). I dati relativi alla città di Padova sono resi disponibili sul portale Padovanet.it, rete civica del Comune di Padova. Le informazioni riguardanti Bergamo sono state acquisite sulla pagina BergamoinCifre del portale web del Comune di Bergamo.

⁹Per l'acquisizione dei prezzi d'offerta, rilevati nei mesi di dicembre 2022 e gennaio 2023 si è fatto riferimento in particolare al portale digitale Immobiliare.it, disponibile al seguente link <https://www.immobiliare.it/>



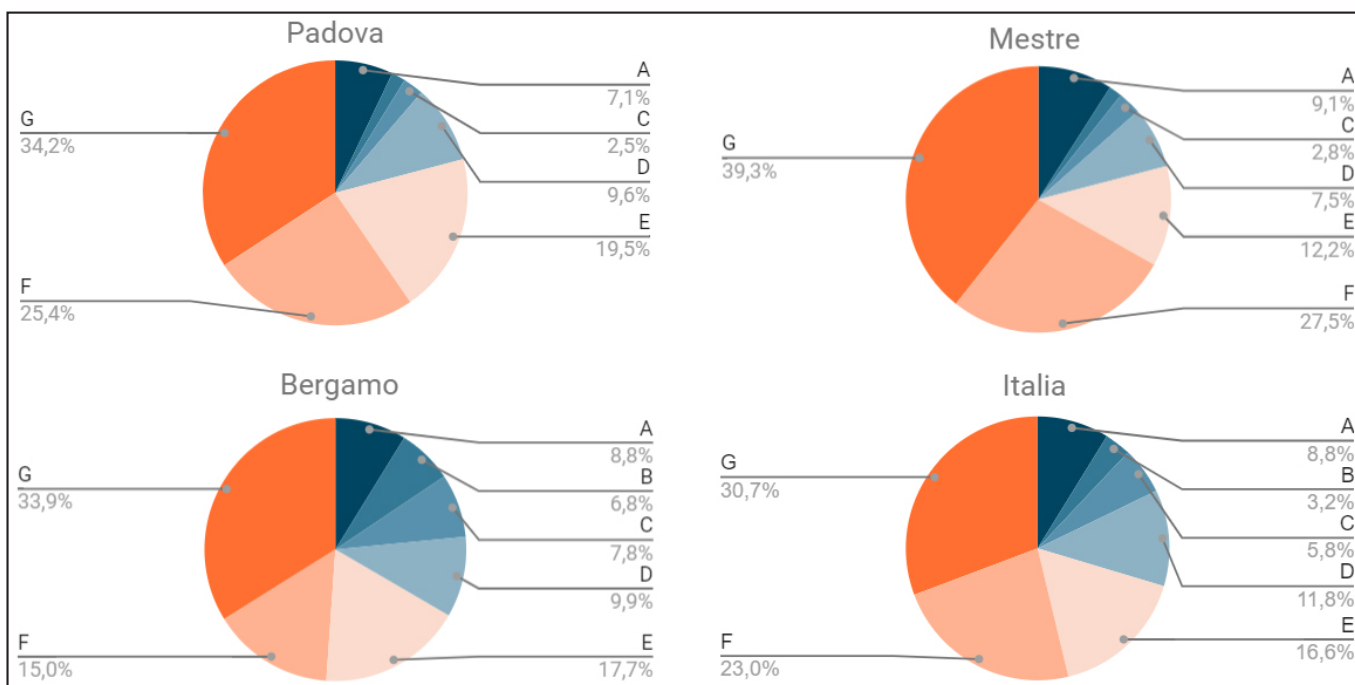


Figura 1 - Classificazione energetica (APE) degli immobili campionati nelle tre città e in Italia.

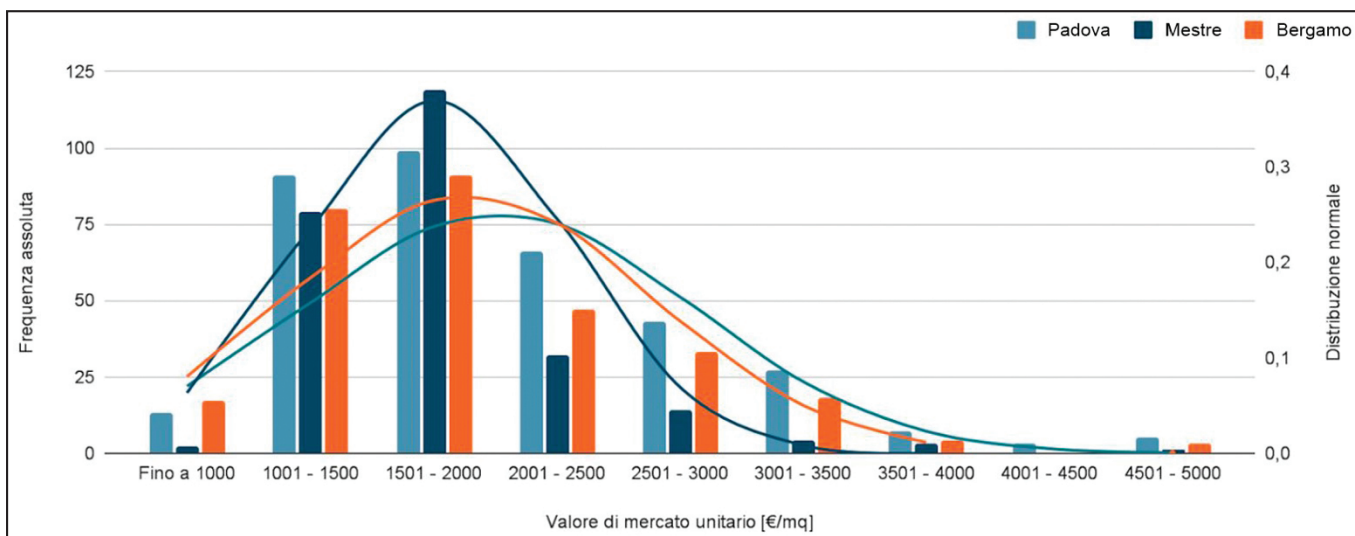


Figura 2 - Distribuzione di frequenza dei prezzi d'offerta delle tre città.

Per quanto concerne le caratteristiche tecnologiche, i beni sono stati classificati secondo le consuetudini dei mercati locali, in "nuovo", "ottimo - ristrutturato", "buono - abitabile", "da ristrutturare".

La rilevazione della classe energetica degli immobili ha seguito la classificazione delle direttive del Parlamento Europeo e del Consiglio¹⁰, articolata secondo la classificazione EPC in dieci livelli energetici da A4 a G (Tab. 1), con l'aggiunta delle classi A e A+ rilevate dal mercato immobiliare. Le analisi di frequenza del campione sono riportate in Appendice (Tab. A, B e C).

Dall'analisi del campione emerge la preponderanza delle abitazioni appartenenti ai livelli di efficienza energetica più bassi. In particolare, le percentuali delle abitazioni meno efficienti dal punto di vista energetico (E, F e G) raggiungono valori percentuali pari a 79,1%, 79,2% e 66,5% rispettivamente per Padova, Mestre e Bergamo (Fig. 1). Le

¹⁰ Segnatamente: la Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio 2002/91/CE e la Direttiva 2010/31/UE, 2010.

caratteristiche del campione risultano coerenti con i dati relativi al patrimonio nazionale, che evidenziano per queste tre classi una percentuale del patrimonio pari al 70,3%.¹¹

Le statistiche descrittive mostrano un quadro omogeneo sotto il profilo delle caratteristiche tipologiche e riguardanti lo stato manutentivo. Si tratta infatti di immobili prevalentemente plurifamiliari in buono stato manutentivo, nonostante la scarsa efficienza energetica evidenziata (Tab. 2, 3 e 4).

I valori medi unitari sono pari a 2.034,85 €/mq per la città di Padova, di 1.905,43 €/mq per Bergamo e di 1.767,02 €/mq per Mestre (Fig. 2).

Tabella 2 - Padova: statistiche descrittive

Variabile	n	media	d.s.	min	max
Valore unitario [€/mq]	354	2.034,85	805,45	790	6.341
Zona	354	1,72	0,89	1	3
Prossimità all'infrastruttura tranviaria	354	1,99	0,85	1	3
Classe energetica	354	10,25	2,36	1	12
Tipologia	354	0,94	0,23	0	1
Bagni	354	1,85	0,68	1	3
Consistenza [mq]	354	143,35	67,75	26	450
Stato manutentivo	337	2,67	0,76	1	4

Tabella 3 - Mestre: statistiche descrittive

Variabile	n	media	d.s.	min	max
Valore unitario [€/mq]	254	1.767,02	538,95	950	5.376
Zona	254	1,59	0,81	1	3
Prossimità all'infrastruttura tranviaria	254	1,84	0,81	1	3
Classe energetica	254	10,21	2,75	1	12
Tipologia	254	0,99	0,11	0	1
Bagni	252	1,37	0,50	1	3
Consistenza [mq]	254	96,40	28,34	38	205
Stato manutentivo	246	2,50	0,70	1	4

¹¹ Dati aggiornati Sistema Informativo sugli attestati di prestazione energetica (SIAPE) al 29/05/2023 e disponibili sul sito <https://siape.enea.it/caratteristiche-immobili>.

Tabella 4 - Bergamo: statistiche descrittive

Variabile	n	media	d.s.	min	max
Valore unitario [€/mq]	293	1.905,43	714,89	665	4.793
Zona	293	1,83	0,92	1	3
Prossimità all'infrastruttura tranviaria	293	2,17	0,74	1	3
Classe energetica	293	9,85	2,41	1	12
Tipologia	293	0,97	0,16	0	1
Bagni	293	1,44	0,58	1	3
Consistenza [mq]	293	108,86	45,85	35	300
Stato manutentivo	291	2,41	0,80	1	4

4- METODI E ANALISI. I MODELLI EDONICI PER LE TRE CITTÀ

Il modello di regressione utilizzato per la stima dei prezzi edonici impiega come variabile ignota il logaritmo naturale del valore unitario di mercato. Le variabili note sono rappresentate dalle caratteristiche localizzative, tipologiche e tecnologiche dell'unità abitativa.

Sotto il profilo formale, il modello impiegato è il seguente (Fuerst et al., 2016) Eq. (1):

$$P_i = \beta_0 + \sum_{i=1}^I \beta_i X_i + e_i \quad (1)$$

dove

- P_i è il logaritmo naturale del prezzo di una abitazione espresso in €/mq;
- β_0 è la costante determinata sulla base delle caratteristiche non esplicitate dal modello;
- β_j rappresenta il prezzo marginale della caratteristica;
- X_j è il valore numerico delle variabili rilevate, tra cui EPC;
- e_j rappresenta un errore casuale.

I modelli di regressione di Padova e Mestre registrano un R^2 pari rispettivamente a 51,9% e 52,2% e un R^2 adattato e corretto del 51,3% e del 51,2%. Il modello relativo alla città di Bergamo riporta invece valori inferiori con un R^2 pari a 35,9% e un R^2 adattato e corretto di 34,8%.

L'attendibilità dei modelli è stata testata con riferimento alla statistica F il cui p -value risulta in tutti i tre gli ambiti cittadini inferiore a 0,05 (minore di 0,001 per Padova, 0,034 per Mestre e 0,024 per Bergamo). I risultati dell'analisi della varianza (ANOVA) sono riportati in Tabella 5.

Tabella 5 - Analisi della varianza dei tre modelli

Città		Somma dei quadrati	gl	Media quadratica	F	p value
Padova	Regressione	25,118	5	5,024	75,223	<0,001
	Residuo	23,240	348	0,067		
	Totale	48,358	353			
Mestre	Regressione	9,141	5	1,828	54,111	<0,001
	Residuo	8,379	248	0,034		
	Totale	17,521	253			
Bergamo	Regressione	13,959	5	2,792	2,200	<0,001
	Residuo	24,883	287	0,087		
	Totale	38,842	292			

I prezzi edonici delle caratteristiche riportano sistematicamente un *p-value* inferiore a 0,05 e pertanto la loro attendibilità può essere considerata significativa. Tabella 6 evidenzia i valori del modello e riporta i prezzi marginali impliciti delle caratteristiche individuate.

La stessa riporta il *Variance Inflation Factor* (VIF) che fornisce una misura della multicollinearità tra le variabili indipendenti. Il fattore permette di rilevare eventuali effetti di interazione presenti nel modello (Bottero et al., 2018). Nei tre casi considerati, il VIF prossimo all'unità indica che le variabili sono scarsamente correlate e dunque indipendenti fra loro.

Le caratteristiche localizzative condizionano l'articolazione dei valori di due delle tre città indagate. Per Padova e Bergamo, la tradizionale articolazione centro/periferia

segna la diminuzione del valore dei beni. Il caso di Mestre rappresenta una significativa eccezione in quanto il mercato non distingue la tradizionale gerarchia tra le aree centrali e quelle più esterne della città.

La prossimità alle infrastrutture urbane della mobilità pubblica rappresenta un vantaggio posizionale che i modelli riportano in due casi su tre, Padova e Mestre. Una città fa eccezione: a Bergamo non è stata rilevata una relazione significativa tra prossimità alle infrastrutture della mobilità e valori del mercato residenziale.

Tipologie immobiliari adeguatamente attrezzate sotto il profilo delle dotazioni di servizi registrano valori superiori, come indica il segno positivo della variabile relativa al numero di bagni nei casi di Mestre e Bergamo. All'aumentare delle caratteristiche manutentive aumenta anche il valore unitario dei beni in tutte le città.

Infine, superfici maggiori dei beni immobili, coerentemente con la legge dell'utilità marginale decrescente, comportano una diminuzione dei valori unitari.

La classificazione energetica APE rappresenta in tutti e tre i mercati urbani un elemento decisivo della formazione del valore. Il modello conferma le ricerche empiriche già citate in merito alla rilevanza di una superiore efficienza energetica rispetto alla formazione del valore. I prezzi edonici elaborati presentano grandezze analoghe e confrontabili tra loro, a conferma della solidità dei modelli elaborati.

Lo sviluppo del modello ha considerato la variabile legata alla performance energetica dell'edificio in forma ordinale. Allo scopo di giungere a più solide conclusioni in merito al contributo al valore di questa caratteristica intrinseca dell'abitazione, un secondo modello ha considerato l'appartenenza a una classe energetica nella forma di più variabili *dummy*.

L'elaborazione di modelli fondati su variabili di quest'ultima natura rende più solida la metodologia di stima in ra-

Tabella 6 - Modelli di regressione

Predittori Xi	Padova			Mestre			Bergamo		
	β_i	p value	VIF	β_i	p value	VIF	β_i	p value	VIF
Costante	9,190	<0,001	-	8,233	<0,001	-	7,970	<0,001	-
Zona (OMI)	-0,244	<0,001	1,141	-	-	-	-0,061	0,002	1,015
Prossimità all'infrastruttura	-0,115	<0,001	1,047	-0,032	0,034	1,122	-	-	-
Classe energetica (APE)	-0,049	<0,001	1,667	-0,039	<0,001	1,537	-0,043	<0,001	1,767
Tipologia	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Numero di bagni	-	-	-	0,161	<0,001	1,667	0,275	<0,001	1,834
Consistenza (mq)	-0,001	<0,001	1,073	-0,003	<0,001	1,530	-0,002	<0,001	1,757
Stato manutentivo	-0,114	<0,001	1,682	-0,097	<0,001	1,462	-0,066	0,024	1,789

R² Padova: 0,519; R² Mestre: 0,522; R² Bergamo: 0,359

Tabella 7 - Confermano i risultati dei modelli precedentemente descritti

Modelli di regressione	Padova		Mestre		Bergamo	
	F: 57,018 p value: <0,001 R ² : 0,509		F: 50,478 p value: <0,001 R ² : 0,513		F: 25,365 p value: <0,001 R ² : 0,349	
Predittori Xi	β_i	p value	β_i	p value	β_i	p value
Costante	8,675	<0,001	7,708	<0,001	7,502	<0,001
Zona (OMI)	-0,235	<0,001	-	-	-0,061	0,002
Prossimità all'infrastruttura	-0,119	<0,001	-	-	-	-
Alta efficienza energetica (classi A e B)	0,316	<0,001	0,317	<0,001	0,231	<0,001
Media efficienza energetica (classi C e D)	0,179	<0,001	0,179	<0,001	0,111	0,024
Tipologia	-	-	-	-	-	-
Numero di bagni	-	-	0,172	<0,001	0,286	<0,001
Consistenza (mq)	-0,001	<0,001	-0,003	<0,001	-0,002	0,002
Stato manutentivo	-0,131	<0,001	-0,103	<0,001	-0,082	0,006

gione di due classificazioni alternative della variabile ricercata e del suo peso nella formazione del valore.

In aderenza alle euristiche dell'acquirente (Kahneman & Egan, 2011), le abitazioni sono state raggruppate in tre ambiti. Il primo comprende le abitazioni appartenenti alle classi efficienti (APE A e B). Il secondo considera le classi intermedie (APE C e D) mentre l'ultimo riunisce le classi energeticamente meno efficienti (APE E, F e G). L'appartenenza a ciascuna classe determina un diverso prezzo marginale implicito secondo uno schema non più vincolato, come in precedenza, dalla natura ordinale della variabile.

All'aumentare della classe energetica corrispondono crescenti prezzi marginali impliciti statisticamente significativi (*p-value* sempre <0,05): i modelli riportati in Tabella 7 confermano i risultati dei modelli precedentemente descritti in Tabella 6.

5. DISCUSSIONE. SCARTI DI VALORE E CONFRONTO CON LA LETTERATURA

L'analisi dei dati evidenzia scarti significativi di valore in funzione della qualità energetica degli immobili confermando le premesse teoriche illustrate nel primo paragrafo e le indagini empiriche sviluppate in ambito nazionale e internazionale. Il vantaggio economico legato ai minori costi di gestione viene capitalizzato nel valore di mercato. A ciò si aggiunge la prospettiva di una commercializzazione del bene senza vincoli e limitazioni proprie dei beni di superiore efficienza energetica.

Lo scarto di valore tra le classi energetiche merita di essere approfondito per un confronto con i risultati rispetto alle altre ricerche condotte in Italia e in ambito internazionale. A partire dai modelli relativi alle tre città indagate, il valore unitario viene calcolato per un immobile in classe

A, D e G. In un secondo momento, viene valutato lo scarto fra i prezzi individuati in termini relativi e assoluti.

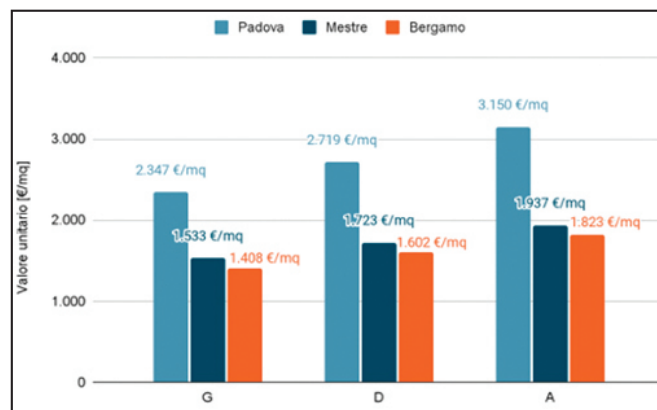


Figura 3 - Valori unitari delle abitazioni a Padova, Mestre e Bergamo in funzione della classe energetica.

Il valore di mercato di un'abitazione dalle caratteristiche più frequenti del campione, a Padova, ammonta a 2.347 €/mq per la classe energetica G, 2.719 €/mq per la classe D e 3.150 €/mq per la classe A. I valori delle abitazioni con le caratteristiche massimamente ordinarie di Mestre ammontano a 1.533 €/mq per un immobile in classe G, a 1.723 €/mq per un'unità residenziale in classe D e a 1.937 €/mq se l'abitazione è classificata in fascia A. I valori delle abitazioni a Bergamo si attestano a 1.408 €/mq, 1.602 €/mq, 1.823 €/mq, rispettivamente per i livelli di efficienza energetica APE G, D e A (Fig.3).

Lo scarto di valore assoluto tra un immobile in classe G e un immobile in classe D ammonta rispettivamente a 372 €/mq, 190 €/mq e 194 €/mq per le città di Padova, Mestre e

Bergamo. Agli scarti assoluti corrispondono incrementi percentuali sostanzialmente analoghi: 15,84% per Padova, 12,41% per Mestre e 13,77% per Bergamo (Fig. 4).

Se consideriamo invece lo scarto tra la classe energeticamente meno efficiente, la G, e la più efficiente, la A (prudenzialmente alla prima sottoclasse A), i prezzi edonici in valore assoluto ammontano a 802 €/mq per Padova, 404 €/mq per Mestre e 414 €/mq per Bergamo. In termini percentuali, gli scarti di valore ammontano per le tre località rispettivamente a 34,18%, 26,36% e 29,43% (Fig. 4).

Nelle tre città in esame il passaggio dalla classe D alla classe A evidenzia una significativa convergenza nei valori percentuali, tra il 12,4% e il 15,8%. Più articolato è il caso del *premium price* tra i valori della classe G e quelli della classe A comunque convergenti su di una percentuale pari a circa trenta punti percentuali.

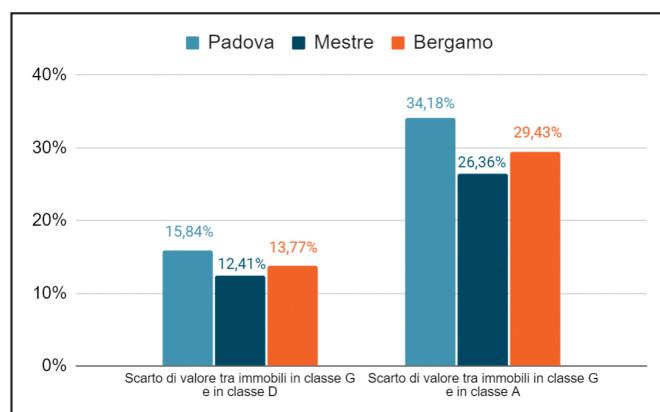


Figura 4 - Variazione di valore tra immobili appartenenti a classi energetiche G e D e tra immobili appartenenti a classi energetiche G e A nelle città di Padova, Mestre e Bergamo.

I risultati sono convergenti anche nel caso la variabile energetica sia restituita nella forma di variabile dummy. Gli scarti di valore evidenziati in Figura 5 mettono in luce l'apprezzamento dei beni immobili crescente rispetto alle classi meno efficienti.

Più precisamente, lo scarto fra immobili inefficienti (classi E, F e G) e mediamente performanti (classi C e D) ammonta a 19,60% per le città di Padova e Mestre e a 11,74% per Bergamo. I risultati convergono anche per quanto riguarda lo scarto di valore tra i beni meno qualificati sotto il profilo energetico e quelli delle classi più elevate (A e B) con percentuali del 37,16% per Padova, del 37,30% per Mestre e del 25,99% per Bergamo.

I risultati cui perviene l'indagine sono in linea con la produzione scientifica sul tema. In particolare, i *premium price* stimati risultano coerenti con quanto emerge dagli studi empirici sul mercato immobiliare olandese (Brounen & Kok, 2011), gallese (Fuerst et al., 2016) e irlandese (Hyland et al., 2013). Le tre ricerche riportano una premialità media del 14% nel caso di immobili in classe energetica A rispetto a D.

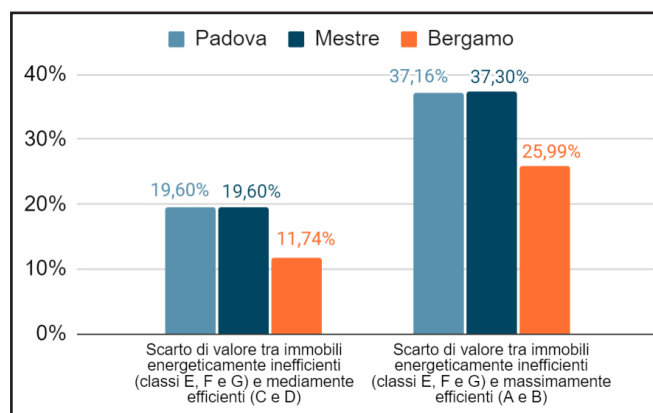


Figura 5 - Variazione di valore tra immobili differentemente performanti sotto il profilo energetico nelle città di Padova, Mestre e Bergamo (classificazione energetica rilevata con variabili dummy)

Rispetto alle indagini condotte in Italia, la ricerca mette in luce evidenze empiriche coerenti con alcuni studi e contraddittorie con altri. A risultati simili a quelli di questa indagine giungono Manganelli et al. (2019). Nell'indagine del mercato immobiliare di Bari, l'analisi dei valori è condotta sia per le centrali che per quelle periferiche. Nel primo caso, lo scarto tra abitazioni in classe A e abitazioni in classe G è pari a 29,41%, mentre sale al 41,2% nelle aree periferiche.

Meno coerenti sono invece i valori ottenuti in ricerche promosse in altre città. Dell'Anna et al. (2019) e Bisello et al. (2020) hanno indagato i mercati di Torino e Bolzano. In entrambi i casi lo scarto di valore è stimato in relazione alla classe energetica minima, la G. A Torino lo scarto di valore rispetto alla classe A è pari al 6,33%, analogo a quello rilevato per la città di Bolzano pari a 6,3%.

La differenza tra gli scarti rilevati può essere attribuita a due fattori. Il primo è legato alla vivacità dei mercati immobiliari in esame. Torino è una città metropolitana e Bolzano, pur essendo una città di medie dimensioni, presenta un mercato molto attivo con valori di assoluto rilievo nel Paese. Come sottolineato da Eichholtz et al. (2010), gli scarti di valore aumentano laddove il mercato immobiliare si distingue per minore vivacità di scambi e valori. Inoltre, le recenti decisioni dell'UE possono aver avuto un effetto divaricando ulteriormente i valori dei beni.

In altri segmenti del mercato immobiliare, una simile tendenza alla divaricazione dei valori appare confermata. Nel mercato terziario, JLL (2023) rileva scarti di oltre venti punti percentuali di valore tra immobili *green* rispetto a immobili tradizionali, superando precedenti stime internazionali (Eichholtz et al., 2010) e nazionali (Mangialardo et al., 2019). Anche in segmenti diversi da quello residenziale, la tendenza sembra dunque caratterizzata da una crescente polarizzazione di mercato tra i diversi livelli di prestazione energetica.

6. CONCLUSIONI

La transizione energetica e la decarbonizzazione impongono un'importante trasformazione del patrimonio abitativo. Il tema è particolarmente delicato per l'Italia, dove sette abitazioni su dieci appartengono alle classi energetiche meno performanti secondo la classificazione introdotta dall'UE con la Direttiva 31/10.

La ricerca si è proposta di indagare se, e in quale misura, le abitazioni energeticamente performanti riscontrino sul mercato un *premium price* rispetto alle abitazioni meno efficienti.

L'indagine si è concentrata su tre città medie del Nord Italia e ha sviluppato tre modelli edonici sulla base di oltre 900 prezzi di mercato. Le risultanze confermano la stratificazione del mercato residenziale con stime convergenti degli scarti di valore tra le classi di performance energetiche. Particolarmente significativo è lo scarto medio rilevato tra immobili della classe A e della classe G con valori che si attestano a trenta punti percentuali, mentre lo scarto è più contenuto – pari a circa il 14% – se consideriamo immobili della classe G rispetto alla classe D.

Il mercato differenzia dunque i beni in funzione dei loro consumi energetici e della loro sostenibilità ambientale e, coerentemente con quanto sostenuto e argomentato in altre ricerche (Eichholtz et al., 2010), gli scarti sembrano aumentare in ragione inversa rispetto al rango e alla dimensione delle città considerate.

Future ricerche potranno senz'altro arricchire e meglio articolare l'evoluzione del mercato in funzione degli obiettivi di decarbonizzazione del patrimonio costruito verso più elevati standard di sostenibilità. In particolare, la relazione tra la vivacità dei mercati e l'ampiezza degli scarti

appare un importante tema di indagine. La transizione ecologica potrebbe concorrere all'accrescimento delle differenze di valore tra il patrimonio dei grandi centri metropolitani e quello dei centri medi e piccoli. Simili indagini potranno essere condotte mediante metodologie di valutazione diverse, eventualmente più capaci di aderire alle caratteristiche spaziali del contesto di riferimento come, ad esempio, i modelli edonici basati sulla geostatistica.

Il contributo dell'efficienza energetica alla formazione del valore, inoltre, merita di essere posto in relazione alla dinamicità del mercato immobiliare: città di rango e taglia diversa – e contraddistinte da una diversa dinamicità di mercato – potrebbero riconoscere valori diversi alle caratteristiche legate alle performance energetiche.

In aggiunta, future ricerche potranno apprezzare la crescente rilevanza lungo l'asse temporale dell'apprezzamento della domanda per la performance energetica degli immobili, in funzione delle politiche in merito alla transizione ecologica e della sensibilità collettiva rispetto ai temi del risparmio energetico.

Ancora, appare senza dubbio promettente l'indagine in merito alle opportunità di investimento per la proprietà. La riqualificazione dei beni immobili porta con sé un apprezzamento patrimoniale significativo che, potenzialmente, giustifica l'intervento sul patrimonio residenziale esistente con rendimenti che, tuttavia, devono essere commisurati agli oneri sostenuti. Infine, appare di grande rilievo considerare la progettazione di politiche per l'efficientamento energetico del patrimonio che possono senz'altro tenere conto di un comune interesse convergente tra operatori privati e soggetto pubblico.

* **Ezio Micelli**, Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia, Santa Croce 191, 30135 Venezia
e-mail: micelli@iuav.it

** **Giulia Giliberto**, Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia, Santa Croce 191, 30135 Venezia
e-mail: ggiliberto@iuav.it

*** **Eleonora Righetto**, Dipartimento di Tecnica e Gestione dei sistemi industriali, Università di Padova, Stradella S. Nicola, 3, 36100, Vicenza
e-mail: eleonora.righetto.2@phd.unipd.it

**** **Greta Tafuri**, Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia, Santa Croce 191, 30135 Venezia
e-mail: g.tafuri@iuav.it

Ringraziamenti

Gli autori dichiarano di non avere interessi finanziari concorrenti o relazioni personali che possano influenzare il lavoro riportato in questo articolo.

Contributi degli autori

Ezio Micelli: Project administration, Conceptualization, Supervision, Validation, Writing - review & editing. Giulia Giliberto: Investigation, Resources, Data curation, Formal analysis, Writing - original draft, Visualization. Eleonora Righetto: Investigation, Resources, Data curation, Writing, Visualization. Greta Tafuri: Investigation, Resources, Visualization.

Bibliografia

- ADDAE-DAPAAH K. & WILKINSON J., *Green Premium: What is the Implied Prognosis for Sustainability?* Journal of Sustainable Real Estate, 12(1), 2020, pp. 16–33. <https://doi.org/10.1080/19498276.2021.1915663>.
- ANTONIUCCI V. & MARELLA G., *Small town resilience: Housing market crisis and urban density in Italy*, Land Use Policy, 59, 2016, pp. 580–588. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.004>.
- AYDIN E., BROUNEN D. & KOK N., *The capitalization of energy efficiency: Evidence from the housing market*, Journal of Urban Economics, 117, 2020, 103243. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2020.103243>.
- BIO INTELLIGENCE SERVICE, RONAN LYONS AND IECP, *Energy performance certificates in buildings and their impact on transaction prices and rents in selected EU countries*, Final report prepared for European Commission (DG Energy), 2013. https://energy.ec.europa.eu/system/files/2014-11/2013_0619-energy_performance_certificates_in_buildings_0.pdf (available 17 January 2023).
- BISELLO A., ANTONIUCCI V. & MARELLA G., *Measuring the price premium of energy efficiency: A two-step analysis in the Italian housing market*, Energy and Buildings, 208, 2020, 109670. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109670>.
- BOTTERO M., BRAVI M., DELL'ANNA F. & MONDINI G., *Valutazione dell'efficienza energetica degli edifici con il metodo dei prezzi edonici: Gli effetti spaziali sono rilevanti?* Valori e valutazioni, 21, 2018, pp. 27–39. https://siev.org/wp-content/uploads/2020/02/21_04.
- BOZA E., *Investigation of housing valuation models based on spatial and non-spatial techniques* [Ph.D. - Doctoral Program]. Middle East Technical University, 2015. <https://hdl.handle.net/11511/24722>.
- BROUNEN D. & KOK N., *On the economics of energy labels in the housing market*, Journal of Environmental Economics and Management, 62(2), 2011, pp. 166–179. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2010.11.006>.
- COMMISSIONE EUROPEA, *Efficienza energetica nell'edilizia. Commissione europea*, Department: Energia – In evidenza, 2020. https://commission.europa.eu/system/files/2020-03/in_focus_energy_efficiency_in_buildings_it.pdf (available 17 February 2020).
- COPIELLO S. & DONATI E., *Is investing in energy efficiency worth it? Evidence for substantial price premiums but limited profitability in the housing sector*, Energy and Buildings, 251, 2021, 111371. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111371>.
- COPIELLO S., GABRIELLI L. & MICELLI E., *Building Industry and Energy Efficiency: A Review of Three Major Issues at Stake*, Computational Science and its Applications – ICCSA 2021, 12954, 2021, pp. 226–240. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86979-3_17.
- COYNE B. & DENNY E., *Mind the Energy Performance Gap: Testing the accuracy of building Energy Performance Certificates in Ireland*, Energy Efficiency, 14(6), 2021, p. 57. <https://doi.org/10.1007/s12053-021-09960-1>.
- DE AYALA A., GALARRAGA I. & SPADARO J.V., *The price of energy efficiency in the Spanish housing market*, Energy Policy, 94, 2016, pp. 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.032>.
- DELL'ANNA F., BRAVI M., MARMOLEJO-DUARTE C., BOTTERO M.C. & CHEN A., *EPC Green Premium in Two Different European Climate Zones: A Comparative Study between Barcelona and Turin*, Sustainability, 11(20), 2019, 5605. <https://doi.org/10.3390/su11205605>.
- EICHHOLTZ P., KOK N. & QUIGLEY J.M., *Doing Well by Doing Good? Green Office Buildings*, American Economic Review, 100(5), 2010, pp. 2492–2509. <https://doi.org/10.1257/aer.100.5.2492>.
- EICHHOLTZ P., KOK N. & QUIGLEY J.M., *The economics of green building*, The Review of Economics and Statistics, 95(1), 2013, pp. 50–63.
- FORTE C. & DE' ROSSI B., *Principi di economia ed estimo*. Milano: Etas, 1979.
- FREGONARA E., ROLANDO D., SEMERARO P. & VELLA M., *The impact of Energy Performance Certificate level on house listing prices. First evidence from Italian real estate*, Aestimum, 65, 2015, pp. 143–163. <https://doi.org/10.13128/AESTIMUM-15459>.
- FUERST F., MCALLISTER P., NANDA A. & WYATT P., *Does energy efficiency matter to homebuyers? An investigation of EPC ratings and transaction prices in England*, Energy Economics, 48, 2015, pp. 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.12.012>.
- FUERST F., MCALLISTER P., NANDA A. & WYATT P., *Energy performance ratings and house prices in Wales: An empirical study*, Energy Policy, 92, 2016, pp. 20–33. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.024>.
- FUERST F., OIKARINEN E. & HARJUNEN O., *Green signalling effects in the market for energy-efficient residential buildings*, Applied Energy, 180, 2016, pp. 560–571. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.076>.
- GUERRIERI G., *Il mercato della casa. Domanda, offerta, tassazione e spesa pubblica*, Roma: Carocci, 2022.
- HAS I I., VRIES F.D., JOHNSTONE N. & MEDHI N., *Effects of environmental policy on the type of innovation: The case of automotive emission-control technologies*, OECD Journal: Economic Studies, 2009(1), 2009, pp. 1–18. https://doi.org/10.1787/eco_studies-v2009-art2-en.
- HYLAND M., LYONS R.C. & LYONS S., *The value of domestic building energy efficiency—Evidence from Ireland*, Energy Economics, 40, 2013, pp. 943–952. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2013.07.020>.
- ISTITUTO PER LA FINANZA E L'ECONOMIA LOCALE (IFEL), *L'Italia delle città medie*, Quaderni di Analisi ANCI-IFEL, 2013.
- JENSEN O.M., HANSEN A.R. & KRAGH J., *Market response to the public display of energy performance rating at property sales*, Energy Policy, 93, 2016, pp. 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.029>.



JLL, *Environmentally sustainable real estate attracts higher prices*, 2023. <https://www.jll.co.uk/en/newsroom/environmentally-sustainable-real-estate-attracts-higher-prices> (available 17 January 2023).

KAHNEMAN D. & EGAN P., *Thinking, fast and slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.

KAIN J.F. & QUIGLEY J.M., *Measuring the value of house quality*, *Journal of the American Statistical Association*, 65(330), 1970, pp. 532–548.

KONAR S. & COHEN M.A., *Does the Market Value Environmental Performance?* *Review of Economics and Statistics*, 83(2), 2001, pp. 281–289. <https://doi.org/10.1162/00346530151143815>.

LANCASTER K.J., *A New Approach to Consumer Theory*, *Journal of Political Economy*, 74(2), 1966, pp. 132–157. <https://www.jstor.org/stable/1828835>.

MALPEZZI S., *Hedonic Pricing Models: A Selective and Applied Review*. In A. O'Sullivan & K. Gibb, *Housing Economics and Public Policy: Essays in Honor of Duncan MacLennan*, 2002, pp. 67–89. <https://doi.org/10.1002/9780470690680.ch5>.

MANGANELLI B., MORANO P., TAJANI F. & SALVO F., *Affordability Assessment of Energy-Efficient Building Construction in Italy*, *Sustainability*, 11(1), 2019, 1. <https://doi.org/10.3390/su11010249>.

MANGIARDI A., MICELLI E. & SACCANI F., *Does Sustainability Affect Real Estate Market Values? Empirical Evidence from the Office Buildings Market in Milan (Italy)*, *Sustainability* 11(1), 2019, 12. <https://doi.org/10.3390/su11010012>.

MARMOLEJO-DUARTE C. & CHEN A., *The Uneven Price Impact of Energy Efficiency Ratings on Housing Segments and Implications for Public Policy and Private Markets*, *Sustainability*, 11(2), 2019, . <https://doi.org/10.3390/su11020372>.

MICELLI E. & RIGHETTO E., *How do metropolitan cities evolve after the 2008/2012 crisis and the Covid-19 pandemic? An analysis from real estate market values*, *Valori e*

Valutazioni, 31, 2023, pp. 49–67. <https://doi.org/10.48264/VVSIEV-20223105>.

MORANO P., TAJANI F., DI LIDDO F. & GUARNACCIA C., *The value of the energy retrofit in the Italian housing market: Two case-studies compared*, *WSEAS Transactions on Business and Economics*, 15, 2018, pp. 249–258.

OTTENSMANN J., PAYTON S. & MAN J., *Urban Location and Housing Prices within a Hedonic Model*, *Journal of Regional Analysis and Policy*, 38, 2008.

PORTER M.E., *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: Free Press, 1985.

RAJITHAN M., SOORIGE D. & AMARASINGHE S.D.I.A., *Analysing the gap between predicted and actual operational energy consumption in buildings*. A review. In *Proceedings of the 9th World Construction Symposium 2021 on Reshaping Construction: Strategic, Structural and Cultural Transformations towards the «Next Normal»*, 2021, pp. 63–74. <https://doi.org/10.31705/WCS.2021.6>.

ROSEN S., *Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition*, *Journal of Political Economy*, 82(1), 1974, pp. 34–55.

SIMONOTTI M., *I prezzi marginali impliciti delle risorse immobiliari*. In Fusco Girard, L. (a cura di). *Estimo ed economia ambientale*. Milano: Angeli, 1993.

WAHLSTRÖM M.H., *Doing good but not that well? A dilemma for energy conserving homeowners*, *Energy Economics*, 60, 2016, pp. 197–205. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.09.025>.

YAYAR R. & DEMIR D., *Hedonic estimation of housing market prices in Turkey*, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 43, 2014, pp. 67–82. <https://doi.org/10.18070/euiibfd.42448>.

ZHANG L., LI Y., STEPHENSON R. & ASHURI B., *Valuation of energy efficient certificates in buildings*, *Energy and Buildings*, 158, 2018, pp. 1226–1240. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.014>.



APPENDICE

Appendix A - Padova: analisi delle frequenze

Variabile	Categorie	n	%
Valore unitario	Fino a 1.000	13	3,7
	Da 1.001 a 1.500	91	25,7
	Da 1.501 a 2.000	99	28,0
	Da 2.001 a 2.500	66	18,6
	Da 2.501 a 3.000	43	12,1
	Da 3.001 a 3.500	27	7,6
	Da 3.501 a 4.000	7	2,0
	Da 4.001 a 4.500	3	0,8
	Oltre 4.500	5	1,4
Zona	Zona centrale	206	58,2
	Zona semicentrale	42	11,9
	Zona periferica	106	29,9
Prossimità all'infrastruttura tranviaria	Fino a 200 m	130	36,7
	Da 201 a 500 m	96	27,1
	Oltre 500 m	128	36,2
Classe energetica	A4	10	2,8
	A3	1	0,3
	A2	2	0,6
	A1	6	1,7
	A+	0	0,0
	A	6	1,7
	B	6	1,7
	C	9	2,5
	D	34	9,6
	E	69	19,5
	F	90	25,4
G	121	34,2	
Tipologia	Villa	20	5,6
	Appartamento	334	94,4
Bagni	Un bagno	111	31,4
	Due bagni	184	52,0
	Tre bagni	59	16,7
Consistenza	Fino a 50 mq	17	4,8
	Da 51 a 100 mq	81	22,9
	Da 101 a 150 mq	136	38,4
	Da 151 a 200 mq	63	17,8
	Da 201 a 250 mq	31	8,8
	Oltre 250 mq	26	7,3
Stato manutentivo	Nuovo - in costruzione	24	6,8
	Ottimo - ristrutturato	100	28,2
	Buono - abitabile	177	50,0
	Pessimo - da ristrutturare	36	10,2

Appendix B - Mestre: analisi delle frequenze

Variabile	Categorie	n	%
Valore unitario	Fino a 1.000	2	0,8
	Da 1.001 a 1.500	79	31,1
	Da 1.501 a 2.000	119	46,9
	Da 2.001 a 2.500	32	12,6
	Da 2.501 a 3.000	14	5,5
	Da 3.001 a 3.500	4	1,6
	Da 3.501 a 4.000	3	1,6
	Da 4.001 a 4.500	3	1,2
	Oltre 4.500	1	0,4
	Zona	Zona centrale	155
Zona semicentrale		47	18,5
Zona periferica		52	20,5
Prossimità all'infrastruttura tranviaria	Fino a 200 m	107	42,1
	Da 201 a 500 m	80	31,5
	Oltre 500 m	67	26,4
Classe energetica	A4	13	5,1
	A3	1	0,4
	A2	1	0,4
	A1	2	0,8
	A+	4	1,6
	A	2	0,8
	B	4	1,6
	C	7	2,8
	D	19	7,5
	E	31	12,2
	F	70	27,6
G	100	39,4	
Tipologia	Villa	3	1,2
	Appartamento	251	98,8
Bagni	Un bagno	160	63,0
	Due bagni	90	35,4
	Tre bagni	2	0,8
Consistenza	Fino a 50 mq	35,4	2,0
	Da 51 a 100 mq	0,8	62,2
	Da 101 a 150 mq	5	32,3
	Da 151 a 200 mq	158	3,1
	Da 201 a 250 mq	82	0,4
	Oltre 250 mq	8	0,0
Stato manutentivo	Nuovo - in costruzione	21	8,3
	Ottimo - ristrutturato	90	35,4
	Buono - abitabile	126	49,6
	Pessimo - da ristrutturare	9	3,5

Appendix C - Bergamo: analisi delle frequenze

Variabile	Categorie	n	%
Valore unitario	Fino a 1.000	17	5,8
	Da 1.001 a 1.500	80	27,3
	Da 1.501 a 2.000	91	31,1
	Da 2.001 a 2.500	47	16,0
	Da 2.501 a 3.000	33	11,3
	Da 3.001 a 3.500	18	6,1
	Da 3.501 a 4.000	4	1,4
	Da 4.001 a 4.500	0	0,0
	Oltre 4.500	3	1,0
Zona	Zona centrale	151	51,5
	Zona semicentrale	40	13,7
	Zona periferica	102	34,8
Prossimità all'infrastruttura tranviaria	Fino a 200 m	60	20,5
	Da 201 a 500 m	124	42,3
	Oltre 500 m	109	37,2
Classe energetica	A4	3	1,0
	A3	3	1,0
	A2	1	0,3
	A1	7	2,4
	A+	4	1,4
	A	8	2,7
	B	20	6,8
	C	23	7,8
	D	29	9,9
	E	52	17,7
	F	44	15,0
G	99	33,8	
Tipologia	Villa	8	2,7
	Appartamento	285	97,3
Bagni	Un bagno	177	60,4
	Due bagni	103	35,2
	Tre bagni	13	4,4
Consistenza	Fino a 50 mq	23	7,8
	Da 51 a 100 mq	125	42,7
	Da 101 a 150 mq	108	36,9
	Da 151 a 200 mq	22	7,5
	Da 201 a 250 mq	12	4,1
	Oltre 250 mq	3	1,0
Stato manutentivo	Nuovo - in costruzione	38	13,0
	Ottimo - ristrutturato	116	39,6
	Buono - abitabile	118	40,3
	Pessimo - da ristrutturare	19	6,5