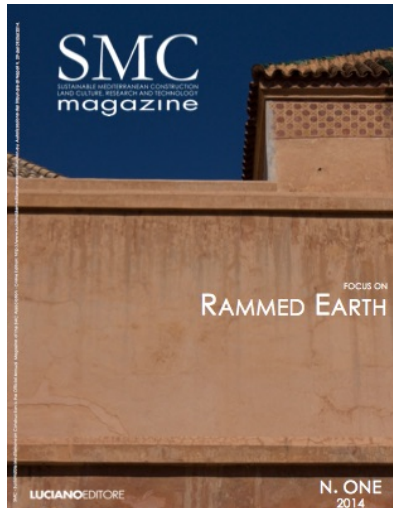




Sustainable Mediterranean Construction

[Home](#) [The Magazine](#) [Contact Us](#)



SMC is the official annual magazine of the SMC - Sustainable Mediterranean Construction Association
Founded on March 1st 2013
Via Posillipo, 69
80123 Naples - Italy
www.sustainablemediterraneanconstruction.eu
smc.association@mail.com

ISSN on-line: 2420-8213

SMC N. 1 - 2014

Publisher:
Luciano Editore
Via P. Francesco Denza, 7
P.zza S. Maria La Nova, 4
80138 Naples - Italy
www.lucianoeditore.net
info@lucianoeditore.net editoreluciano@libero.it

All the articles of SMC magazine were exposed to a double peer blind review.

© 2014 - Sustainable Mediterranean Construction Association - Founded on March 1st 2013 - Via Posillipo, 69 80123 Naples - Italy C.F. 95180230633
www.sustainablemediterraneanconstruction.eu
smc.association@mail.com
Web design: Cristian Filagrossi Ambrosino

SCIENTIFIC COMMITTEE

Mohamed BELMAAZZ	Giuseppe MENSTIERI
Aasfaw BEYENE	Lorenzo MICCOLI
Claudia BLOOM	Alastair MOORE
Gaia BOLLINI	Michael NEUMAN
Mario Buono	Joao NUNES
Michele CAPASSO	Silvia PIARDI
Paul CASALONGA	Alberto PIEROBON
Kambiz M. EBRAHIMI	Kuno PREY
Graeme EVANS	Khalid RKHA CHAHAM
Daniel FAURE	Susan ROAF
Pliny FISK	Francois Noel ROSSI
Maria Cristina FORLANI	Marco SALA
Ángela Garcia Codoñer;	Piero SALATINO
Giorgio GIALLOCOSTA	Antonello SANNA
Rodolfo GIRARDI	Gianni SCUDO
Mihiel HAM	Alfonso SENATORE
Stephane HANROT	Ali SHABOU
Jean Luis IZARD	Abdelgani TAYYIBI
Fakher KARAT	Nikolas TSNIKAS
Pablo LA ROCHE	Michael VAN GESSEL
Serge LATOUCHE	Fani VAVILI
Stefano LENCI	Roland VIDAL
Alberto LUCARELLI	Dilek YILDIZ
Gaetano MANFREDI	Ayman ZUAITER
Saverio MECCA	

REFEREE BOARD

Manuela ALMEIDA
Gaia BOLLINI
James CHAMBERS
Ana Maria DABIJA
Maria Cristina FORLANI
Pablo LA ROCHE
Paulo MENDONCA
Jo RAVETZ
Marco SALA
Khanmohammadi SHO AIB
Jacques TELLER
Fani VAVILI

EDITORIAL BOARD

Editor in Chief

Dora FRANCESE

First Editors

Domenico CAPUTO
Antonio PASSARO

Associate Editors

Luca BUONINCONTI
Domenico CALCATERRA
Paola DE JOANNA
Cristian FLAGROSSI A.
Marina FUMO
Fabio IUCOLANO
Andrea MAGLIO
Lia Maria PAPA
Domenico PIANESE
Rossella SIANI
Maria luce STANGANELLI

Editorial Secretary

Pierpaolo D' AGOSTINO
Lina MASTRANGELO

Graphic Design

Web Master

Cristian FILAGROSSI A.
Rossella SIANI

STEERING COMMITTEE

Gigliola AUSELLO	Cristian FLAGROSSI A.
Alfredo BUCCARO	Francesco FITTIPALDI
Luca BUONINCONTI	Dora FRANCESE
Domenico CALCATERRA	Manuela FRANCO
Domenico CAPUTO	Marina FUMO
Carmine COLELLA	Fabio IUCOLANO
Alba COSTA	Fabrizio LECCISI
Pierpaolo D' AGOSTINO	Mario LO SASSO
Gabriella DE IENNER	Andrea MAGLIO
Paola DE JOANNA	Lina MASTRANGELO

Vincenzo MORRA
Lia Maria PAPA
Antonio PASSARO
Eivira PETRONCELLI
Domenico PIANESE
Daniela PISCOPO
Francesco POLVERINO
Rossella SIANI
Maria luce STANGANELLI
Rosamaria VITRANO

SMC is the official annual magazine of the SMC - Sustainable Mediterranean Construction Association
Founded on March 1st 2013
Via Posillipo, 69
80123 Naples - Italy
www.sustainablemediterraneanconstruction.eu
smc.association@mail.com

ISSN-online: 2420-8213

SMC N. 1 - 2014

Publisher:
Luciano Editore
Via P. Francesco Denza, 7
P.zza S. Maria La Nova, 4
80138 Naples - Italy
www.lucianoeditore.net
info@lucianoeditore.net
editoreluciano@libero.it

All the articles of SMC magazine were exposed to a double peer blind review.

Cover Photo © Rossella Sani 2013



[Home](#) [The Magazine](#) [Contact Us](#)

[SMC N. ONE](#) [Call for Magazine SMC N.2](#)

SMC MAGAZINE N. ONE/2014

INDEX_INDICE

COVER

003_VIEW Constructing for the De-Growth in the Mediterranean Region
Dora Francese

005_BOARDS AND INFORMATION

FOCUS ON RAMMED EARTH

007_ Earth Architecture in Sardinia. Identity and Design
Antonello Sanna

012_ Mechanical Characterization of Some Roman Adobe Masonries at the Archaeological Site of Suasa
Stefano Lenzi, Enrico Quagliariini

018_ Mud Brick Architecture and the Case of Korestia Villages in Greece
Nafsika Exintaveloni, Athanassios Balasas, Fani Vavili

023_ Earth Architecture in North of Portugal - Case Study From Vernacular to Contemporary
Paulo Mendonça

029_ The Walls of Buildings in the Rural Area of Molise. A Bioclimatic Subsystem between Limestone, Brick and Raw Earth
Gigliola Ausiello, Domenico Fornaro

034_ Recovering the Mediterranean Cultural Landscape with Rammed Earth
Dora Francese

040_ A Possible Innovation in the Traditional Manufacturing of the Galeb Brick in Southern Tunisia
Fouad Ben Ali, Fabio Iucolano, Barbara Liguori, Domenico Caputo, Daniela Piscopo, Marina Fumo

044_ Architecture of Earth and Shade
Flaviano Maria Lorusso

050_ ReHAB: a Project for Participative Retrofitting with Earth and Local Materials
Grégoire Paccoud, Roberto Pennacchio

055_ Sustainable Development and New "Ancient Opportunities": the Raw Earth
Maria Cristina Forlani, Luciana Mastrodonardo

063_ Environmental Assessment of Products in Raw Earth
Patrizia Milano

070_ The Earthen Architecture and Standard Requirements
Paola De Joanna

075_ The Stabilization and the Thermal Resistance of the Rammed Earth
Luca Buoninconti

080_ Adobe Bricks as a Structural Material. Perspective Applications to Vault
Maurizio Angelillo, Antonio Fortunato

STUDIES AND RESEARCHES

086_ Saint Mary's Abbey and Saint Filadelfo's Church (Italy). The Mediterranean Architecture
Márcia Regina Escorteganha, Marina Fumo, Jacqueline Bayon, Essaid Bilal, Franciele Laner

090_ Magna Grecia and Mediterraneo. The settlement of Akropolis
Rosa Maria Giusto

096_ A Building Technique for Realization of Opening Bearing Walls of Salento
Fabrizio Leccisi, Paola Francesca Nisticò

100_ Smart Heritage as Regeneration of Historic Mediterranean Cities
Starlight Vattano

105_ City Mood. About (Cultural) State of the City Space
Marina Mihaila

108_ Instruments for the Calculation of Energy Performance in Historical Buildings
Marta Calzolari, Pietromaria Davoli

115_ Modeling for Project Design: Instruments for Sustainable and Integrated Design

Giacomo Chiesa, Orio De Paoli

120_PHD RESULTS

121_LIST OF AUTHORS

© 2014 - Sustainable Mediterranean Construction Association - Founded on March 1st 2013 - Via Posillipo, 69 80123 Naples - Italy C.F. 95180230633
www.sustainablemediterraneanconstruction.eu
smc.association@mail.com
Web design: *Cristian Filagrossi Ambrosino*

INSTRUMENTS FOR THE CALCULATION OF ENERGY PERFORMANCE IN HISTORICAL BUILDINGS. LIMITS OF APPLICABILITY AND TUNING PROPOSAL

INTRODUCTION

This study¹ focuses on the improvement of the energy efficiency of the building with historical and testimonial value, with particular attention to monumental buildings.

A distinctive feature of this type of buildings is that one cannot identify generic energy performance or guidelines for the energetic retrofit.

The monumental historic buildings generally are not integral part of the urban fabric, since they often stand out, rising, free on every side, in the space assigned to them..

For this reason the design of the requalification cannot just refer to the relevant legislation developed for existing recent building, since it leads to a calculation model appropriate to the energy performance measurement of a mostly residential contemporary building structure. This requires a preliminary building analysis, different from the one provided for the rest of the existing not historical building. This analysis needs to start from a knowledge as precise as possible of the energy behaviour and environmental impact of these buildings.

The issue of improving the energy efficiency of historic buildings has attracted the interest of various stakeholders in the construction industry (research agencies, planners, private companies and public administrations). They recognize the need to monitor the energy behaviour of historical buildings with artistic value as well as the one of existing not historical assets.

This new interest for this subject spawns from the large number of historic buildings in our national territory², and in Europe, since they constitute a significant fraction of the buildings currently in use.

Many institutions and public offices (police stations, municipalities and provinces, courts, schools, theaters, museums, etc.) and a large number of residences are located in historic buildings that have a strategic role for the image and the life of the community.

Such heritage must find a role in the process of improving the technical-performance of our real estate, to be able to meet the new demand for comfort and safety.

When we intervene to restore, and conserve, an historical building we should take the

opportunity to promote its cultural value. We can do so only by introducing in the building new features or new technological systems able to extend its current lifecycle, or to initiate a new, according to the currently regulatory standards..

In addition to the regulatory standards of safety, in particularly regarding earthquake safety, buildings must also respond to the requirements for well-being of people and artwork housed within them, which would allow them to be, or to be again, a functional container, not just a standalone museum..

All this is, moreover, strongly connected to the new European directives that impose by 2014 (Directive 2012/27/UE) the obligation to upgrading the energy efficiency of 3% of the surface of the properties owned by the central government.

CALCULATION METHOD

Given the current possibility to investigate the historical building only through calculation methods developed for new or recent buildings, the research started from the analysis of these tools to verify their validity of application and limitations in the study of ancient architectural fabric .

In particular, these instruments can be classified in two categories:

- analytical calculation methods, which require an accurate description of all geometrical characteristics and thermal properties of the structures;
- simplified methods, which facilitate some steps of the calculation by using a series of pre-calculated technological solutions for standard components.

The analytical calculation method is very accurate because, through the detailed knowledge of all the components of the envelope and structure of the building, one can obtain an energy performance index very close to the real data.

However the application of this method is rather complex since it requires many calculations and the identification of a variety of elements constituting the building.

For this reason, a simplified calculation version was developed, and its use is now permitted by technical standards UNI TS 11300.

The criteria at the basis of the development of the simplified method are simplicity, clarity and intuitiveness, therefore some approximations, due to the simplifications introduced in the calculations, are to be expected.

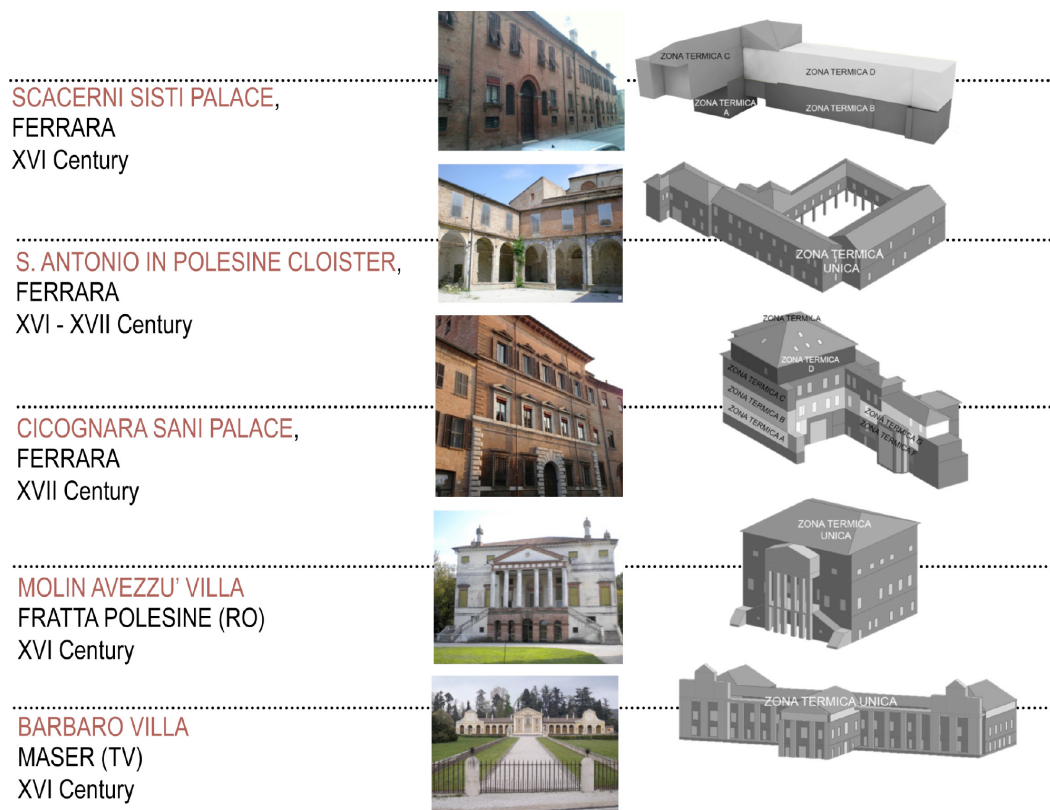
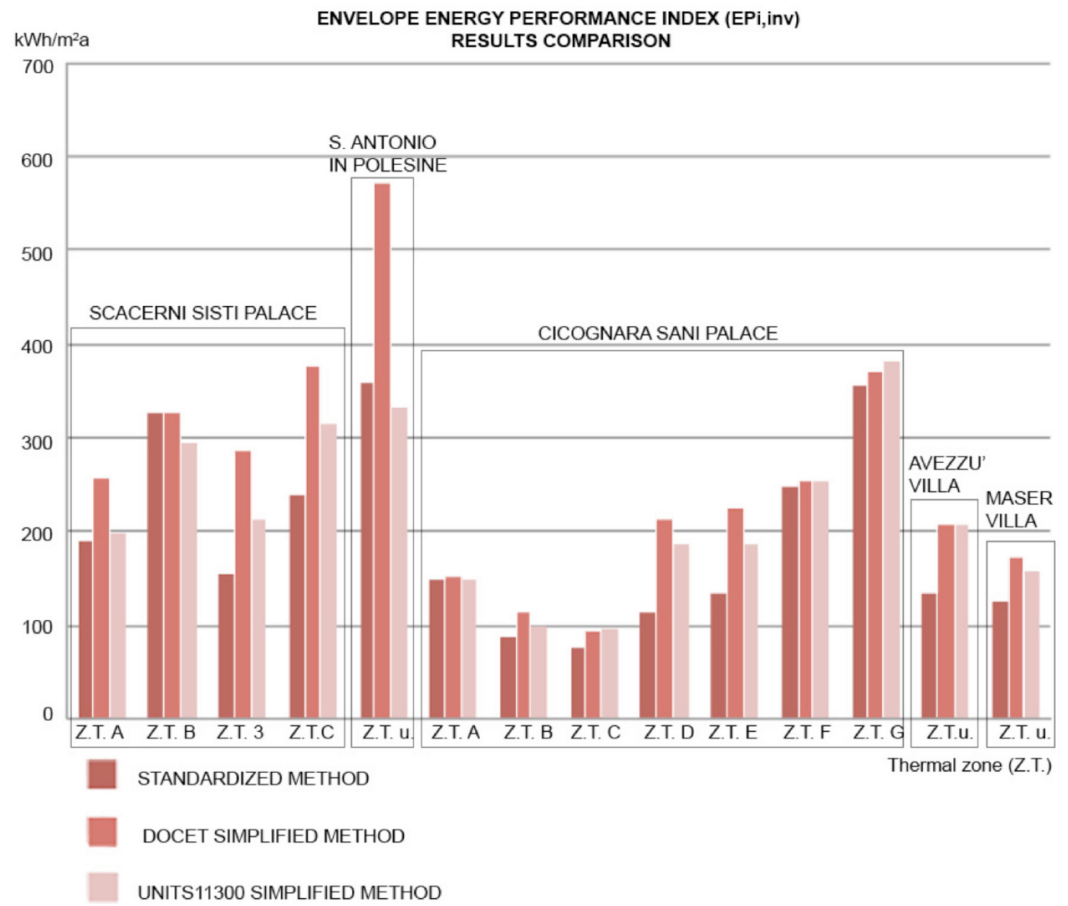


Fig. 1 - Overview of the selected case studies.

DOCET + 40% c.a.
 compared to analytical
 standardized method

SIMPLIFIED METHOD
UNITS11300 + 20% c.a.
 compared to analytical
 standardized method



Energy performance envelope index (Epi, inv). Results comparison

Fig. 2 - Simulation results of the case studies energy behaviour. The graph compares the results obtained with the standardized method and the simplified methods. Each case study was analysed according to their thermal zones (Z.T.). It is clear that the simplified methods are always vary conservative compared to the analytical method (standardized).

The literature³ provides studies that have attempted estimates of the extent of these simplifications, highlighting any limitations when applied to existing buildings. The gap between the results obtained with the analytical method and with the simplified method, however, has been deemed acceptable, since the deviation for new and existing not-historical buildings is not significant. If, then, several studies have tried to estimate the approximations contained in these simplified tools, for historic buildings it is still to be proven whether they can be acceptable, and in what terms one can apply the simplified methods to obtain a correct energy performance value. The first hypothesis tested by this study is that, for historical buildings, there is a significant difference between the energy performance result obtained by the analytical method, using the rules for not historical building, and the result obtained with simplified methods, recognized by the Italian Thermo-technical Committee⁴.

ANCIENT MEDITERRANEAN ARCHITECTURE: CASE STUDIES

The research has tested the different calculation tools on 14 case studies (from 5 different historical buildings) which allow, through the comparison of the results obtained, to conduct a

sufficiently reliable critical analysis of the calculation methods. The monumental buildings are old buildings that differ for typological and morphological characteristics, and for types of materials and construction techniques from the buildings fabric of the ancient agglomerates. The selected case studies were therefore identified to be representative of these distinctive features. It was therefore possible to test the calculation instruments in energy situations that are different from the ones typically found in new or recent buildings. All selected buildings belong to the same Mediterranean climate zone, which requires careful analysis of the energy behaviour during the different seasons. These buildings are not only supposed to control the microclimate during the winter to fight the cold, but also to limit the overheating in the summer. In this way it is possible to thoroughly analyze the real behavior of the building envelope. The buildings selected as case studies were selected because they represent a typology of building characteristic of the urban context of many Italian cities and towns, and have both residential and specialised use. However, all buildings have different morphological, typological and technological characteristics compared to the urban basic

buildings: elements as the entrance halls, porches, attics and the different types of ground connections (ventilated brick vaults i.e.) are significant example. All the buildings under study, moreover, show a volumetric complexity resulting from considerable indoor heights (average of 4 meters) and a complex conformation of the interiors, with different living dwellings interwoven in the building. From an energy point of view, this means that the same room can have a number of different thermal exchanges, all to be described in the operations of calculation of the energy behaviour. In fact, the identification of all the thermal exchanges with the outside, with the attic or slabs on the ground and with the indoor not-heated spaces (for example doorways and stairwells) is necessary for a good calculation.

ENERGY SIMULATION OF THE CASE STUDIES

Each of the case studies was simulated using three different methods of calculation:
 - standardized analytical method: analytical calculation, conducted in accordance with the instructions contained in UNI TS 11300, Parts 1 and 2⁵
 - Docet method: simplified calculation, recognized by the CTI, supported by the corresponding software Docet®⁶

**ENVELOPE ENERGY PERFORMANCE INDEX (E_{Pi,env})
COMPARISON BETWEEN ANALYTICAL AND DOCET RESULTS FIRST E AFTER VARIATION**

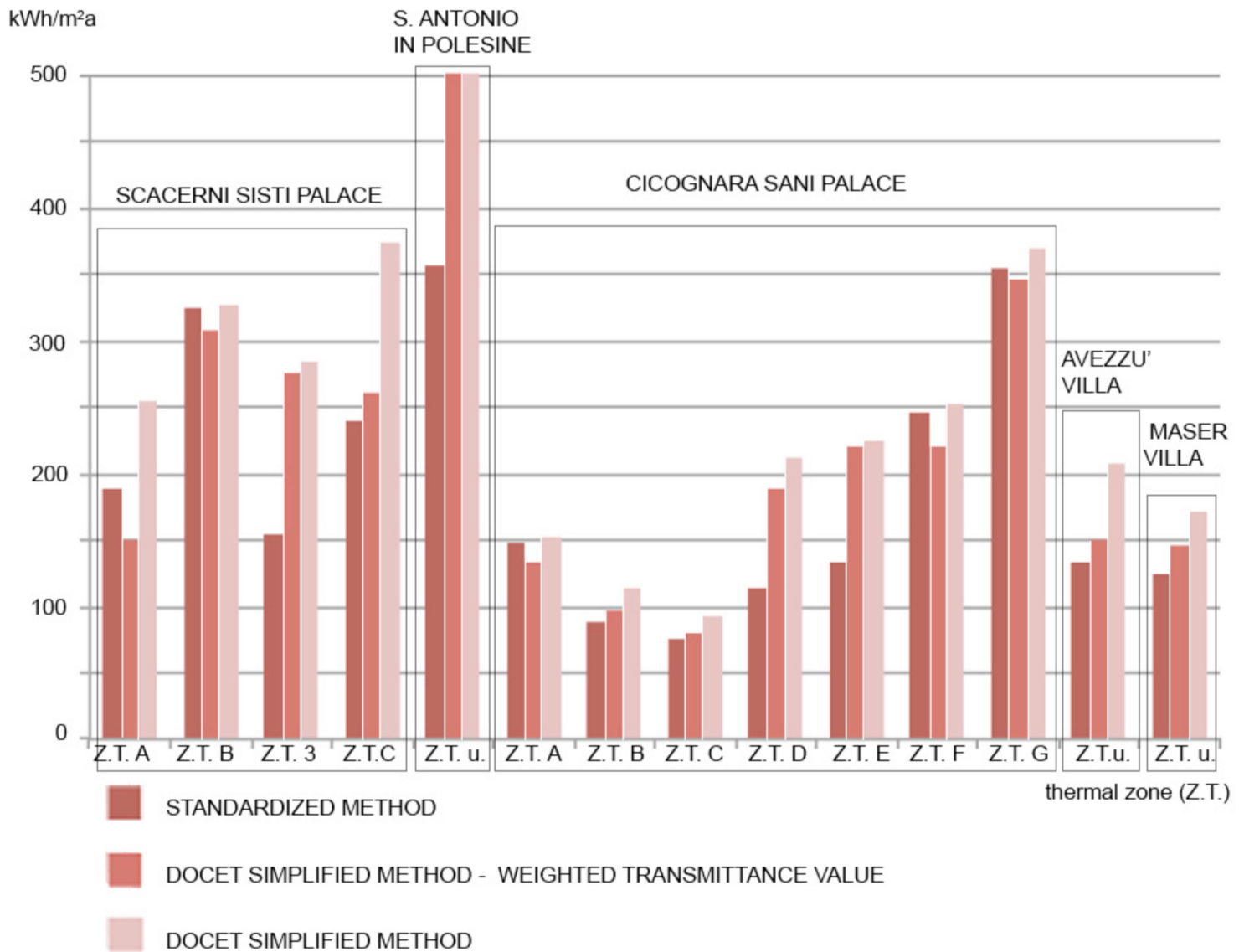


Fig. 3 - Energy performance index calculated with standard Docet method and by forcing the use of weighted transmittance value obtained with the standardized analytical method.

- simplified method UNI TS 11300: simplified calculation, carried out pursuant to the simplification suggested by the official set of rules in case of the absence of specific data required for the analytical calculation⁷. The two simplified calculation methods were chosen for their prevalence in the professional world due to their scientific correctness. In Figure 2 the results of case studies simulations are presented in a synthetic graph. Among the results of the research, it was found that, compared with the standardized analytical method, the simplified method, provided by the same legislation, overestimates the value of the energy performance index for the overall envelope (EP_{gl-inv}) of about 20%, stating that the building consumes more than the actuals, and that the Docet simplified method overestimates EP_{gl-inv} of about 40%. The methodology of calculation defined by the legislation prescribes to input the data for the thermal characterization of the building, in a specific order. This study aimed to reproduce the calculation carried out with the different

methods for energy simulation of the case studies, to identify the steps leading to the deviation between the results. In particular, the study analysed in detail the methods used to describe the heat exchange by ventilation and transmission, typological characteristics and thermal properties of building components. The identification of the calculation elements causing the deviation is the first step towards the development of methods for calculating the energy performance specifically for historic buildings. The most interesting results concern the thermal characterization of materials and technology packages that constitute the casing. Compared to recent buildings, which generally have an envelope composed of a single type of external borders, in historical buildings it is easy to find many different technological "packages" within the same building. The simplified calculation instruments, however, allow the input of only one of these.

This simplification made by choosing one of the types detected, leads to an error in the definition of the global building behaviour. In addition, as seen in Table 1, the energy behaviour of the materials present in the casing is not determined with sufficient precision, since they refer to pre-built parameters determined by regulatory standards for new buildings. As a result, the characterization of the envelope varies consistently from reality (as already seen, deviation from the actuals is 40%). By modifying the simplified calculation system, by obtaining analytically the thermal behaviour of technology packages and by making a weighted average of all those in the building, the result can be improved significantly, and the deviation is halved, reaching 20% (Figure 3). Another interesting example concerns the characterization of the thermal exchanges with the adjacent unheated areas (hallways, stairwells, technical rooms and so on). Calculating thermal exchanges with the simplified system, which is inspired by the energy behaviour of typical adjacent spaces, the

Case study	OPAQUE COMPONENTS THERMAL TRANSMITTANCE VALUE – DOCET METHOD				
	Thermal zone	More frequent envelope typology with its related thermal transmittance value W/m²k (calculated with standardized method)	Weighted transmittance value (\bar{U} *) W/m²k	thermal transmittance value (U) used in Docet simplified method (data from A and B tables of UNI TS 11300)(***)	Distance (%) to standardized method /distance to weighted transmittance value (column 5 compared with column 3 and 4)
Scacerni Sisti Palace	A	CV3 (37 cm) = 1,436 COI4 (15 cm) = 1,542	\bar{U} = 1,226 \bar{U} = 1,66	U (th. 30) = 1,77 U (th. 20) = 2,00	+ 23 / 45 + 29 / 20
	B	CV4 (33 cm) = 1,547 COI2 (32 cm) = 1,844	- (**) - (**)	U (th. 30) = 1,77 U (th. 30) = 1,80	+ 15 -
	C	CV2 (50 cm) = 1,121 CS (21 cm) = 0,453	- (**) - (**)	U (th. 45) = 1,25 U (th. 20) = 0,8	+ 11 + 77
	D	CV2 (50 cm) = 1,121 COS (21 cm) = 0,453	- (**) - (**)	U (th. 45) = 1,25 U (th. 20) = 0,8	+ 11 + 77
S. Antonio in Polesine Cloister	One thermal zone	CV3 (29 cm) = 1,699 COI1 (28 cm) = 1,512 CS (14 cm) = 2,778	\bar{U} = 1,45 \bar{U} = 1,47 -	U (th. 30) = 1,77 U (th. 30) = 1,80 U = 1,8	+ 4/22 + 18/24 - 35
Cicognara Sani Palace	A	CV3 (46 cm) = 1,222	\bar{U} = 0,92	U (th. 45) = 1,25	+ 3 / 35
	B	CV3 (46 cm) = 1,222	\bar{U} = 0,97	U (th. 45) = 1,25	+ 3 / 28
	C	CV3 (46 cm) = 1,222	\bar{U} = 0,94	U (th. 45) = 1,25	+ 3 / 32
	D	CV3 (46 cm) = 1,222 CS (12 cm) = 0,557	\bar{U} = 1,02 -	U (th. 45) = 1,25 U (th. 20) = 0,8	+ 3 / 22 + 45
	E	CV3 (46 cm) = 1,222 COS (12 cm) = 0,557	- -	U (th. 45) = 1,25 U (th. 20) = 0,8	+ 3 + 45
	F	CV4(31,5 cm) = 1,641	\bar{U} = 1,46	U (th. 30) = 1,77	+ 7 / 21
	G	CV4(31,5 cm) = 1,641 CS (12 cm) = 0,557	\bar{U} = 1,59 -	U (th. 30) = 1,77 U = 0,8	+ 7 / 11 + 45
Molin Avezzù Villa	One thermal zone	CV2(64 cm) = 0,435 COI(20cm) = 0,293 CS (12 cm) = 2,778	\bar{U} = 0,442 - -	U (th. 60) = 1,04(****) U (th. 30) = 1,80 U = 1,8	+ 140 / 136 + 514 -35
Barbaro Maser Villa	One thermal zone	CV1(50 cm) = 0,563 COI(20cm) = 0,293 CS (12 cm) = 2,778	\bar{U} = 0,664 - -	U (th. 45) = 1,25 U (th. 30) = 1,80 U = 1,8	+122/88 + 514 - 35

(*) Weighted transmittance value is weighted with respect to the extension surface of each technological element.

(**) In the buildings with only one vertical element typology, weighted transmittance value is the same of analytical value and it is omitted.

(***) The thickness value, selected in regulation tables, is shown in the parenthesis. It is the more similar to the real one.

(****) The transmittance value of wall type *Muratura in mattoni semipieni o tufo* (U=0,90 W/m²k) is used instead of the value of wall type "muratura a sacco" that is not indicated in regulation tables.

Tab. 1 - Table shows thermal transmittance values of the opaque components, obtained with the Docet method, compared with the ones obtained with analytical method. Since Docet requires to use a single type of technology package, the most widely value has been used. Moreover, as experimentation, average of transmittance values of all the n types of envelopes, weighted with respect to the extension surface of each technological element has been used.

calculation deviates from the real up to about 250% (Table 2).

The main reason for this large error depends on the nature of the adjacent described spaces.

The rooms of the case studies have larger volumes compared with the standards for recent buildings, (due to indoor heights of 4-5 meters compared to the newer standard of 3 meters or even less) and the energetic behaviour of the building boundaries is worse.

This leads to underestimate the thermal exchanges through these spaces, neglecting their influence on the global building behaviour.⁸

At design phase, if the data related to the residual energy performance of the technical elements are not close to reality, the intervention can become invasive and can modify the envelope hydrothermal behaviour also when unnecessary, with the risk to induce condensation and worsen the comfort of the interiors.

Moreover, the designer might decide to operate on all external envelope elements of the building, while it might be enough to act only on some.

In particular, roofs can reach levels of dispersion well over 40% of the thermal energy supplied, especially in urban environment with aggregated units in continuity and when the surfaces exposed to the outside rather than towards heated contiguous units, are quite limited.

The roof allows to install technical solutions with low visual impact, using also common under roof spaces in which it is possible to place insulating mats, in top surface rather than in the cover package.

In some cases, it might also be possible to replace only some window frames, preserving and restoring most of the existing ones. It could also be possible to avoid the modification of the ground connection, where a

direct connection with the terrain and underground rooms provides a "thermal flywheel", very useful, especially during the summer, which can be strategic for the annual energetic balance.⁹

Without precise knowledge of the energy behaviour, it is therefore easy to irretrievably alter the intrinsic building "environmental metabolism" (ie, the building passive ability to self-regulate, thanks to its morph-technological systems), often very evolved in ancient building. The risk is to vanish the original role of masses and natural ventilation then having to add a summer environmental control that at Mediterranean latitudes is increasingly becoming a critical predominant issue.

CONCLUSIONS

The analysis has highlighted the main issues in the application of simplified methods to historical buildings, and provided proposals for corrections to such methods.

The development of supplementary abacuses for the improvement of those already available in the normative programmes is certainly the most important and immediate correction, because the standard data tables are not suitable for buildings with historical features.

The inability of knowing precisely the constitutive nature of everything inside the building envelope is one of the main difficulties encountered in the application of both the simplified methods and analytical methods.¹⁰

For this reason, the detailed insertion of all the input data required by the calculation procedure is quite critical.

In fact, significant inhomogeneities that are not visible from the outside and hard to investigate with standard instruments can exist: for example, constitutive variety in terms of material and thickness in *opus incertum* walls made with mixed materials, even with insertions of elements in wood or metal, or the presence of hidden chimneys and ducts, portions of walls with different levels of moisture, many types of tothing and connections between walls, floors and roofs.

The definition of a system of direct instrumental survey *in situ*, fast and easy to use even by unskilled personnel, aimed at analysing the energy behaviour can be a possible option, as a tool to complement the standardized approach in energy performance calculation for ancient buildings.¹¹

The research, still in progress, is testing the first measurement techniques for the development of this tool.

NOTES

- In particular see the results of the research published in: Calzolari M., *Valutazione del comportamento energetico dell'architettura storica. Analisi dei metodi di calcolo dello stato di fatto energetico e proposte correttive*, PhD thesis in Technology of Architecture, discussed in Ferrara on 8 April 2013. Tutors: Pietromaria Davoli; external tutors: ing. Giacomo Bizzarri, dott. Mirco Andreotti. The Multidisciplinary research was carried out with the support h research Centre Architettura>Energia of Department of

Space type	Correction coefficient calculated with analytical method UNI EN ISO 13370	Correction coefficient calculated with simplified method
COLUMN 1	COLUMN 2	COLUMN 3
TO CELLAR	0,89	0,6
	0,62	0,5
	0,85	0,8

SIMPLIFIED METHOD UNDERESTIMATES THERMAL EXCHANGES: about 20%

Space type	Correction coefficient calculated with analytical method UNI EN ISO 13370	Correction coefficient calculated with simplified method
COLUMN 1	COLUMN 2	COLUMN 3
TO GENERIC NOT HEATED SPACE (Entrance, etc)	0,94	0,6
	0,91	0,4
	0,74	0,6
	0,72	0,5
	0,95	0,5
	0,58	0,5
	0,89	0,5
	0,67	0,6
	0,8	0,8
0,41	0,6	

SIMPLIFIED METHOD UNDERESTIMATES THERMAL EXCHANGES: about 20%

Space type	Correction coefficient calculated with analytical method UNI EN ISO 13370	Correction coefficient calculated with simplified method
COLUMN 1	COLUMN 2	COLUMN 3
TO STAIRWELL	0,06*	0,4
	0,55	0,4
	0,61	0,4
	0,62	0,4
	0,72	0,5
	0,72	0,5
	0,43	0,4

* Only in this case the simplified value overestimates the real one because stairwell of this building is very particular: it has small volume and it is in the internal part of the building, without external walls. For this reason in the this space there is a reduction of thermal exchange. This is only one case and so it is not significant for the study.

SIMPLIFIED METHOD UNDERESTIMATES THERMAL CHANGES: about 30%

Space type	Correction coefficient calculated with analytical method UNI EN ISO 13370	Correction coefficient calculated with simplified method
COLUMN 1	COLUMN 2	COLUMN 3
TO UNDER ROOF SPACE	0,14	0,7
	0,34	0,7
	0,12	0,7
	0,81	0,9
	0,74	0,9

SIMPLIFIED METHOD OVERESTIMATES THERMAL CHANGES: about 250%

Tab. 2 - Corrections btr,x factor values relative to the thermal exchanges with non-heated environments

Architecture, University of Ferrara, and Department of Physics, University of Ferrara. All the images of this papers are taken from that PhD thesis.

- Istat data, obtained with census of 2001, show that in Italy the residential buildings made before 1919 are 20% of the total and buildings built from 1919 to 1945 are 11.8%. Many other with different functions are to add to this numbers.
- See: Tronchin L., Fabbri K., Round Robin A., *Test for buildings energy performance in Italy*. «Energy and Buildings». Volume 42, Issue 10,

October 2010, Pages 1862-1877, Belpoliti V., *Riqualficazione energetica nell'edilizia sociale*, Phd Tesis in Tecnologie chimiche ed energetica, Università degli studi di Udine, Università degli studi di Ferrara e Acer (Azienda casa Emilia Romagna) di Reggio Emilia, 2011 and Hens H., Verbeeck G., Verdonck B., Impact of energy efficiency measures on the CO2 emission in the residential sector, a large scale analysis. «Energy and buildings», volume 33, issue 3. Febbraio 2001.

- Analytical method is regulated with D.L. 192/2005 and 311/2006 and with the set of rules contained in UNITS 11300 [1-2-3].
- Software MC11300 ® was used as an aid in calculation. MC11300 equipment is distributed by MasterClima sponsored by Aermec. www.masterclima.info/?tag=/MC+Impianto.
- The Docet software has been recognized by legislation. It was developed in collaboration with the CNR and ENEA, it is free and available on site www.docet.itc.cnr.it.
- Even in this case, MC11300® software was used as aid in simulation.
- To calculate properly the energy performance of adjacent spaces, taking in attention all their characteristic elements, it is necessary to use dynamic calculation method. This kind of method takes account of the transient phenomena that occur specially in building with very large volumes.
- The recovery of the buffer spaces and inertial masses of the building should be evaluated with particular attention to dynamic conditions and not only in steady state conditions. It is possible to find that in certain climatic regions it should be better to maintain a connection with the non-insulated ground (thermal flywheel to increase the summer phase shift) with a greater winter dispersion, which, in any case, is not towards the outside air, but to the land, which remains around 10-14 ° C.
- The research focuses also on the evaluation of the use of analytical method for the analysis of historical buildings. The use of this instrument for the evaluation of the cases study shown some limits that aren't dependent from its rules but only, in case of historical buildings, from the difficult to know all the useful data to carry out a correct calculation. For brevity, in the paper some results are omitted but they can be found in: Calzolari M., *Valutazione del comportamento energetico dell'architettura storica. Analisi dei metodi di calcolo dello stato di fatto energetico e proposte correttive*, PhD thesis in Technology of Architecture.
- This experimental activity is called "DrHouse" (Diagnosis of a real House Envelope): it consist in some test on simplified study models in laboratory. Test was useful to define, in a first step, an innovative instrumental survey system. See: Andreotti M., Belpoliti V. Bizzarri G., Cibinetto G., Davoli P., *Diagnosis of a real house envelope (DrHouse) metodi per la valutazione dello stato di fatto energetico negli edifici storici*. In: AIGE Associazione Italiana Gestione Energia. VI National Conference of Associazione Italiana Energia, proceedings. P. 11-15, Ferrara, Casa Editrice Tresogni, Ferrara, 11-12 June 2012

REFERENCES

- [1] Andreotti M., Belpoliti V. Bizzarri G., Cibinetto G., Davoli P., *Diagnosis of a real house envelope (DrHouse) metodi per la valutazione dello stato di fatto energetico negli edifici storici*. In: AIGE Associazione Italiana Gestione Energia. VI Congresso Nazionale Associazione Italiana

Energia Atti del Congresso. P. 11-15, Ferrara, Casa Editrice Tresogni, Ferrara, 11-12 Giugno 2012

[2] Belpoliti V., Boarin P., Calzolari M., Davoli P. (2012), *Metodologie per l'indagine e la riqualificazione energetico - ambientale dei borghistorici appenninici, tra istanze di sostenibilit' e salvaguardia dei valori testimoniali*, atti del convegno Abitare il Futuro. Abitare il nuovo/abitare di nuovo ai tempi della crisi, 2a edizione, Napoli 12-13 dicembre 2012, p. 1505-1518

[3] Calzolari M., *Valutazione del comportamento energetico dell'architettura storica. Analisi dei metodi di calcolo dello stato di fatto energetico e proposte correttive*, Tesi di dottorato di ricerca in Tecnologia dell'Architettura, discussa a Ferrara l'8 aprile 2013. Tutors: Pietromaria Davoli; tutor esterni: ing. Giacomo Bizzarri, dott. Mirco Andreotti.

[4] Davoli P., a cura di, *Il recupero energetico ambientale del costruito*, Maggioli Editore, Sant'Arcangelo di Romagna, 2010;

[5] Hens H., Verbeeck G., Verdonck B., *Impact of energy efficiency measures on the CO2 emission in the residential sector, a large scale analysis*.

«Energy and buildings», volume 33, issue 3. Febbraio 2001

[6] Tronchin L., Fabbri K., Round Robin A., *Test for buildings energy performance in Italy*.

«Energy and Buildings». Volume 42, Issue 10, October 2010, Pages 1862-1877

METODI DI VALUTAZIONE DELLO STATO DI FATTO ENERGETICO DELL'ARCHITETTURA STORICA. LIMITI DI APPLICAZIONE E PROPOSTE CORRETTIVE.

Introduzione

L'attività di ricerca qui brevemente documentata¹ ha come oggetto specifico il campo della riqualificazione energetica del patrimonio edilizio storico, con particolare riferimento all'edilizia monumentale. I tratti distintivi di questa tipologia consistono nel fatto che su di essa non sono possibili generalizzazioni sia in termini di definizione dello stato di fatto energetico, sia per quanto riguarda l'individuazione di linee guida per la riqualificazione. Gli edifici storici monumentali generalmente non costituiscono parte del tessuto aggregativo urbano ma si distinguono, ergendosi spesso liberi su più lati, nel lotto di pertinenza. Non è sufficiente, nella progettazione dell'intervento di retrofit, ricercare una mediazione con la normativa di riferimento dell'edilizia esistente non storicizzata, perché essa riconduce il metodo di calcolo ad uno stock edilizio per lo più con destinazione residenziale. Questo presuppone un'analisi preliminare dei fabbricati diversa da quella prevista per il resto del tessuto edilizio esistente storicizzato e non, che parta dalla conoscenza quanto più corretta del comportamento energetico e ambientale di tali fabbricati.

I diversi soggetti coinvolti nel settore delle costruzioni (enti di ricerca, progettisti, imprese, pubbliche amministrazioni e privati) manifestano un crescente interesse in materia, riconoscendo l'esigenza di monitorare il comportamento energetico anche dell'edilizia storica con valore artistico e testimoniale, oltre a quello del patrimonio esistente diffuso non storicizzato. I motivi che spingono verso questa nuova prospettiva nascono dall'elevato numero di edifici appartenenti al patrimonio in questione presenti sul territorio nazionale italiano² e in molti altri paesi europei, come pure dal fatto che essi rappresentano una

quota elevata degli edifici correntemente in uso. Molte Istituzioni (forze dell'ordine, sedi di Comuni e Province, ecc.), molte funzioni pubbliche (scuole, teatri, musei, ecc.) e innumerevoli residenze hanno sede in edifici storici che assumono dunque un ruolo strategico per l'immagine e la vita delle comunità. Di conseguenza tale patrimonio deve essere inserito anch'esso nella filiera dell'adeguamento tecnico-prestazionale, finalizzata a soddisfare le nuove esigenze di comfort e di sicurezza degli utenti. Il momento dell'intervento, seppur conservativo, deve diventare l'occasione per promuovere la sua valorizzazione culturale, e ciò spesso passa anche attraverso l'inserimento di una nuova funzione o di nuovi sistemi tecnologici di supporto, in grado di innescare un nuovo ciclo di vita o di prolungare il precedente secondo gli standard attualmente imprescindibili. Perché l'edificio sia, o torni ad essere, un contenitore di funzioni e non solo un museo di sé stesso, esso deve poter rispondere alle richieste dell'utenza in termini di qualità della vita interna, dei fruitori e delle opere d'arte ospitate, oltre ai presupposti richiesti dalla disciplina del restauro e dalle normative di sicurezza, antisismiche in primis.

Tutto questo è, per di più, fortemente connesso alle nuove direttive europee che impongono entro il 2014 (Direttiva 2012/27/UE) l'obbligo di riqualificazione energetica del 3% annuo della superficie degli immobili posseduti dalle amministrazioni pubbliche centrali.

Metodi di calcolo

Vista la possibilità attuale di indagare l'edilizia storica soltanto attraverso metodi di calcolo sviluppati per edifici nuovi o comunque di recente costruzione, la ricerca è partita dall'analisi di questi strumenti per verificarne la validità e i limiti di applicazione al caso studio del contenitore architettonico antico. In particolare, tali strumenti sono classificabili secondo due categorie:

- i metodi di calcolo analitici, che richiedono di descrivere correttamente tutte le caratteristiche geometriche e termiche dei fabbricati;

- i metodi semplificati, che permettono di facilitare alcuni passaggi del calcolo ricorrendo ad una serie di soluzioni tecnologiche pre-calcolate per componenti standard.

Il metodo di calcolo analitico vigente è molto accurato perché, conoscendo tutti i componenti dell'involucro edilizio e la conformazione dell'edificio, permette di ottenere un dato di prestazione energetica molto vicino a quello reale. Esso, però, è anche piuttosto articolato e complesso perché prevede numerosi calcoli e l'individuazione di una molteplicità di elementi costituenti l'edificio.

Per questa ragione, in seguito alla sua entrata in vigore, è stata creata una metodologia di calcolo semplificata, il cui uso è previsto dalle stesse norme tecniche UNI TS 11300. La struttura del metodo semplificato è stata studiata e sviluppata secondo criteri di semplicità, chiarezza e intuitività e tali strumenti, assolutamente necessari per facilitare la pratica professionale, racchiudono necessariamente al proprio interno alcune approssimazioni, dovute alle semplificazioni introdotte nei calcoli.

In letteratura³ si trovano alcuni studi che hanno tentato di valutare queste semplificazioni, evidenziandone eventuali limiti se applicate all'edilizia esistente. Il gap tra i risultati, però, è stato ritenuto accettabile, perché lo scostamento non è rilevante, per gli edifici di nuova costruzione o esistenti non storici.

Se dunque i diversi studi hanno provato a stimare le approssimazioni contenute in questi strumenti semplificati, per gli edifici antichi è ancora tutto da verificare se esse possano essere accettabili e in che termini è possibile applicare i metodi semplificati perché essi possano fornire il dato di prestazione ideale che ci si aspetta.

Pertanto, la prima ipotesi verificata dallo studio è che, per gli edifici storici, esiste un significativo scostamento

tra il risultato di prestazione energetica ottenuto con il metodo analitico standardizzato derivante dalla normativa di settore per l'edilizia non storicizzata e i metodi semplificati riconosciuti dal Comitato Termotecnico Italiano.⁴

Architettura antica nel Mediterraneo. Casi studio

La ricerca ha sperimentato i diversi strumenti di calcolo su 14 casi studio (appartenenti a 5 edifici storici) che permettono, attraverso il confronto dei risultati ottenuti, di condurre una analisi critica dei metodi di calcolo sufficientemente attendibile.

Come si è detto, gli edifici monumentali sono fabbricati antichi che si differenziano dal tessuto aggregativo di base costituente i centri storici, per caratteristiche tipologiche, morfologiche e tipologie di materiali e tecniche costruttive. I casi studio selezionati sono stati dunque individuati per essere rappresentativi al meglio di queste caratteristiche distintive. In questo modo è stato possibile testare gli strumenti di calcolo in situazioni energetiche diverse da quelle convenzionali, tipicamente riscontrabili in edifici nuovi o di recente costruzione.

Tutti gli edifici selezionati appartengono alla stessa zona climatica mediterranea, che richiede un'attenta analisi del comportamento energetico nell'arco delle diverse stagioni. Agli edifici non è richiesto perciò di controllare il microclima soltanto contrastando il freddo invernale, ma è necessario che vi sia un controllo anche del surriscaldamento estivo. In questo modo è possibile analizzare a fondo il reale comportamento dell'involucro edilizio.

Gli edifici selezionati come casi studio sono stati scelti anche perché rappresentano una tipologia edilizia tipica del contesto urbano di molte città italiane e per questo quindi molto diffuse. I fabbricati in questione hanno sia destinazione residenziale, sia specialistica. Tutti possiedono, tuttavia, caratteristiche morfologiche, tipologiche e tecnologiche differenti rispetto al tessuto di base: un esempio emblematico sono gli elementi come gli androni di ingresso, i portici, i sottotetti e le diverse tipologie di attacco a terra (di particolare interesse il solaio aerato su voltine in laterizio).

Tutti gli edifici selezionati, inoltre, mostrano una complessità volumetrica derivante dalle considerevoli altezze interpiano (in media di 4 metri) e da una conformazione degli ambienti interni complessa, con le diverse unità abitative che si intrecciano nel fabbricato. Da un punto di vista energetico questo significa che uno stesso ambiente può avere numerosi scambi termici differenti, tutti da descrivere nelle operazioni di calcolo del comportamento energetico. E' necessario individuare, infatti, tutti gli scambi termici con l'esterno, con il sottotetto o i solai a terra e con gli spazi interni non riscaldati (ad esempio androni e vani scale).

Simulazioni energetiche dei casi studio

Ciascuno dei casi studio è stato simulato mediante tre diversi metodi di calcolo:

- metodo analitico standardizzato: calcolo analitico, condotto secondo le indicazioni contenute nella UNI TS 11300, parti 1 e 2.⁵

- metodo Docet: calcolo semplificato, riconosciuto dal CTI, supportato da relativo software Docet®⁶;

- metodo semplificato UNI TS 11300: calcolo semplificato, condotto secondo le indicazioni per la semplificazione contenute nel corpo metodologico stesso, da seguire in caso di assenza dei dati specifici richiesti per il calcolo analitico.⁷

I due metodi di calcolo semplificati sono stati scelti per la loro larga diffusione nel mondo professionale, conseguenza anche della loro correttezza e scientificità. In figura 2 sono rappresentati in maniera sintetica i risultati delle simulazioni dei casi studio.

Tra gli esiti emersi dalla ricerca, si è evidenziato che, rispetto al metodo analitico standardizzato il metodo semplificato contenuto nella UNI TS 11300, proposto dalla stessa legislazione vigente, sovrastima il valore

dell'indice di prestazione energetica globale per l'involucro di circa il 20%, con ciò affermando che l'edificio consumerebbe di più rispetto al reale e che il metodo semplificato Docet sovrastima il valore dell'EP_{gi} invol di circa il 40%.

Il corpo metodologico di calcolo definito dalla normativa prevede l'inserimento dei dati per la caratterizzazione termica dell'edificio, secondo un ordine preciso. La ricerca qui presentata è stata impostata in modo da ripercorrere il calcolo condotto con i diversi metodi per la simulazione energetica dei casi studio per verificare quali siano i passaggi che hanno determinato lo scostamento tra i risultati. In particolare è stato analizzato come vengono descritti gli scambi termici per ventilazione e trasmissione, le caratteristiche tipologiche e quelle termiche dei componenti edilizi. L'individuazione degli elementi che causano lo scarto rappresenta il primo passo verso la messa a punto di metodi di calcolo delle prestazioni energetiche specifici per gli edifici storici. Per brevità si riportano di seguito alcuni dei passaggi più significativi. I risultati più interessanti derivano dalla caratterizzazione materica e termica dei materiali e dei pacchetti tecnologici che costituiscono l'involucro.

Rispetto agli edifici di recente costruzione, ognuno dei quali generalmente presenta un involucro composto da una sola tipo di frontiera esterna, negli edifici antichi è facile trovare numerosi differenti "pacchetti" tecnologici all'interno dello stesso fabbricato. I sistemi di calcolo semplificato prevedono, invece, l'inserimento di uno solo di questi. Tale semplificazione, fatta scegliendo una sola tra le tipologie rilevate, comporta un errore nella definizione del comportamento globale dell'edificio. Inoltre, come si vede in tabella 1, il comportamento energetico dei materiali presenti nell'involucro non viene determinato con sufficiente precisione perché si fa riferimento ad abachi tecnologici pre-costruiti a livello normativo, costruiti partendo da edifici nuovi.

Il risultato è che la caratterizzazione dell'involucro è molto dissimile dalla realtà (come già anticipato, scostamento rispetto al reale del 40%). Intervenedo nel sistema di calcolo semplificato, ottenendo cioè analiticamente il comportamento termico dei pacchetti tecnologici e facendo una media ponderata di tutti quelli presenti nel fabbricato, il risultato può migliorare in maniera significativa e lo scostamento si dimezza, portandosi al 20% (figura 3).

Un altro esempio interessante riguarda la caratterizzazione degli scambi termici con gli ambienti confinanti (androni, vani scala, spazi tecnici e via dicendo). Calcolandoli con il sistema semplificato, che si rifà al comportamento energetico di ambienti confinanti tipo, il calcolo si scosta dal reale fino al 250% circa (tabella 2). La principale ragione di questo consistente errore dipende dalla natura degli spazi confinanti descritti. A differenza di quelli standard, gli ambienti dei casi studio selezionati presentano volumi maggiori (dovuti ad altezze interpiano di 4-5 metri rispetto allo standard dei 3 metri o ancor meno) e un comportamento energetico delle frontiere peggiore. Questo porta a sottostimare gli scambi termici con questi ambienti, perdendo di vista l'influenza che hanno sul comportamento globale dell'edificio.⁸

In fase progettuale, se i dati relativi alle prestazioni energetiche residue degli elementi tecnici non sono aderenti alla realtà, si tende a intervenire in modo troppo incisivo sull'edificio, modificando il comportamento termo-igrometrico degli elementi di frontiera anche quando ciò non è necessario, con il rischio di favorire la formazione di condensa e di non garantire ottimali condizioni di comfort negli ambienti confinanti.

Inoltre, si è portati a intervenire su tutti gli elementi dell'involucro esterno dell'edificio, quando può spesso essere sufficiente agire solo su alcuni. In primis, sulle coperture, dove si possono raggiungere livelli di dispersione ben oltre il 40% dell'energia termica fornita, soprattutto in ambiente urbano con unità aggregate in

continuità e dove i fronti esposti verso l'esterno, e non verso unità contigue riscaldate, assumono una ridotta estensione. La chiusura superiore dell'involucro consente di inserire soluzioni tecniche a basso impatto visivo-morfologico, avvalendosi anche di frequenti spazi sottotetto in cui collocare materassini isolanti, in estradosso anziché direttamente nel pacchetto di copertura. Si può operare, inoltre, sulla sostituzione solo di alcuni infissi e conservare, restaurandoli, quelli esistenti maggiormente in vista. Come pure non agire sull'attacco a terra, dove un rapporto diretto col terreno e i locali interrati fornisce un volano termico particolarmente utile, soprattutto in regime estivo, che può risultare strategico nel bilancio energetico annuale⁹.

Senza una conoscenza precisa del comportamento energetico si rischia dunque di modificare irrimediabilmente il "metabolismo ambientale" intrinseco (ovvero, la capacità di autoregolazione climatica passiva dell'edificio, grazie al suo sistema morfo-tecnologico), spesso così evoluto nelle fabbriche storiche, vanificando il ruolo originale delle masse e delle ventilazioni naturali a fronte invece di una necessità di controllo ambientale estivo che alle latitudini mediterranee che sta diventando sempre più una criticità predominante.

Conclusioni

L'analisi condotta ha evidenziato i principali problemi di applicazione dei metodi semplificati agli edifici storici e ha permesso di proporre correzioni a tali metodi nell'ottica della definizione di strumenti specifici. Tra i più significativi correttivi, l'elaborazione di abachi integrativi per l'implementazione di quelli già disponibili a sistema è senza dubbio il più rilevante ed immediato, in quanto questi ultimi non risultano sufficientemente calati sulle specificità dell'involucro con connotati storici.

Una delle difficoltà maggiori che si sono riscontrate nell'utilizzo dei metodi semplificati e pure in quello analitico¹⁰ risiede nella impossibilità di conoscere in maniera precisa la natura costitutiva interna di tutto l'involucro edilizio. Perciò risulta difficile inserire in dettaglio tutti i dati di input richiesti dalla procedura di calcolo. Possono, infatti, sussistere disomogeneità significative non visibili dall'esterno e difficilmente investigabili a livello strumentale: si pensi, ad esempio, alla diversità costitutiva in termini materici e di spessori presente nei muri "a sacco" con materiali misti, finanche con inserimenti di elementi lignei o metallici, oppure alla presenza di camini e canalizzazioni occultate, di porzioni murarie con diversi livelli di umidità, di molteplici tipologie di ammassature e collegamenti fra murature, solai e coperture.

Una possibile proposta correttiva potrebbe essere, dunque, la definizione di un sistema di rilievo strumentale diretto in situ, sufficientemente rapido e adottabile in autonomia anche da personale non specializzato, finalizzato all'analisi dello stato di fatto energetico, caso per caso, in involucri storici¹¹, quale strumento da affiancare al metodo standardizzato. La ricerca, ancora in corso, sta sperimentando le prime tecniche di misura per la messa a punto di questo strumento.

NOTE

1. Si rimanda in particolare ai risultati contenuti in: Calzolari M., Valutazione del comportamento energetico dell'architettura storica. Analisi dei metodi di calcolo dello stato di fatto energetico e proposte correttive, Tesi di dottorato di ricerca in Tecnologia dell'Architettura, discussa a Ferrara l'8 aprile 2013. Tutor: Pietromaria Davoli; tutor esterni: ing. Giacomo Bizzarri, dott. Mirco Andreotti. La tesi, fortemente interdisciplinare, è stata elaborata con il supporto del Centro Ricerche Architettura>Energia del Dipartimento di Architettura, Università di Ferrara, e del

Dipartimento di Fisica, Università di Ferrara. Da questo lavoro sono tratte anche tutte le immagini della memoria.

2. Secondo i dati Istat forniti con il censimento del 2001 in Italia gli edifici a destinazione abitativa costruiti prima del 1919 sono il 20% del totale: gli edifici costruiti dal 1919 al 1945 sono l'11.8%. A questi si devono aggiungere i numerosissimi a destinazione terziaria.
3. Cfr: Tronchin L., Fabbri K., Round Robin A., Test for buildings energy performance in Italy. «Energy and Buildings». Volume 42, Issue 10, October 2010, Pages 1862-1877, Belpoliti V., Riqualficazione energetica nell'edilizia sociale, Tesi di Dottorato di Ricerca in Tecnologie chimiche ed energetica, Università degli studi di Udine, Università degli studi di Ferrara e Acer (Azienda casa Emilia Romagna) di Reggio Emilia, 2011 e Hens H., Verbeeck G., Verdonck B., Impact of energy efficiency measures on the CO2 emission in the residential sector, a large scale analysis. «Energy and buildings», volume 33, issue 3. Febbraio 2001.
4. E' stato utilizzato il software come strumento di ausilio MC11300®. Mc Impianti 11330 è distribuito da Master Clima sponsorizzato da Aermec. www.masterclima.info/?tag=/MC+Impianto.
5. Il software Docet è stato riconosciuto a livello normativo. E' stato sviluppato dal CNR in collaborazione con ENEA ed è gratuito e disponibile sul sito www.docet.itc.cnr.it.
6. Anche in questo caso è stato utilizzato il software MC11300® come ausilio alla simulazione.
7. Perché il contributo degli spazi non riscaldati confinanti sia calcolato in maniera corretta, prendendo in considerazione tutti gli aspetti caratterizzati tali spazi, è necessario operare il calcolo in regime dinamico. Questo calcolo infatti tiene conto dei fenomeni transitori che si verificano in maniera influente in particolare in ambienti con volumi molto estesi.
8. Il recupero degli spazi filtro (buffer space) e delle masse inerziali della costruzione vanno valutati soprattutto in un'ottica di regime dinamico e non piuttosto stazionario. Si potrebbe scoprire che in determinati contesti climatici conviene mantenere un rapporto non isolato con il terreno (volano termico per aumentare lo sfasamento estivo) a discapito di una maggiore dispersione invernale, che avviene comunque non già verso l'aria esterna, bensì verso il terreno che staziona attorno ai 10-14°C.
9. la ricerca si è occupata anche di valutare l'utilizzo del metodo analitico standardizzato applicato all'edilizia storica. L'applicazione dello strumento ai casi studio ha evidenziato alcuni limiti, non dipendenti dalla bontà delle regole in esso contenute, ma solo dalla difficoltà di reperire, nel caso dell'edilizia storica, i dati necessari a compiere il calcolo in maniera corretta. Per brevità tali risultati non sono stati riportati nella memoria ma si rimanda a: Calzolari M., Valutazione del comportamento energetico dell'architettura storica. Analisi dei metodi di calcolo dello stato di fatto energetico e proposte correttive, Tesi di dottorato di ricerca in Tecnologia dell'Architettura.
10. Questa attività di ricerca sperimentale è stata caratterizzata dall'acronimo "DrHouseE" (Diagnosis of a real House Envelope): prove su modelli semplificati di laboratorio e al vero sono serviti per un primo step di messa a punto di un innovativo sistema di rilievo strumentale. Si rimanda a: Andreotti M., Belpoliti V. Bizzarri G., Cibinetto G., Davoli P., Diagnosis of a real house envelope (DrHouse) metodi per la valutazione dello stato di fatto energetico negli edifici storici. In: AIGE Associazione Italiana Gestione Energia. VI Congresso Nazionale Associazione Italiana Energia Atti del Congresso. P. 11-15, Ferrara, Casa Editrice Tresogni, Ferrara, 11-12 Giugno 2012

- ANGELILLO Maurizio, Department of Civil Engineering, University of Salerno (ITALY)
- ATHANASSIOS Balasas, civil engineer, Technological Educational Institute of Serres, (GREECE)
- AUSIELLO Gigliola, Department of Civil, Buildings and Environmental Engineering, University of Naples "Federico II" (ITALY)
- BAYON Jacqueline, Université Jean Monnet, École Doctorale des Sciences Humaines et Sociales -PRES de LYON -IERP- Institut des Études Régionales et des Patrimoines- ISTHME, CNRS. Saint-Étienne- (FRANCE)
- BEN ALI Fouad, Architect, Bechri 4231 Souk Lahad Kèbili (TUNISIA)
- BILAL Essaid, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne, Département GENERIC-UMR6425 Saint-Étienne- (FRANCE)
- BUONINCONTI Luca, Ph.D. in Technology of Architecture, Department of Architecture, University of Naples "Federico II" (ITALY)
- CALZOLARI Marta PhD in Technology of Architecture, Department of Architecture, University of Ferrara, (ITALY)
- CAPUTO Domenico, Department of Chemical and Material Engineering, University of Naples "Federico II" (ITALY)
- CHIESA Giacomo, DAD Department, Politecnico di Torino, (ITALY)
- DAVOLI Pietromaria, PhD - Department of Architecture, University of Ferrara (ITALY)
- DE JOANNA Paola, Department of Architecture, University of Naples "Federico II" (ITALY)
- DE PAOLI Orio, DAD Department, Politecnico di Torino, (ITALY)
- ESCORTEGANHA Márcia Regina, Université Jean Monnet, École Doctorale des Sciences Humaines et Sociales -PRES de LYON -IERP- Institut des Études Régionales et des Patrimoines- ISTHME, (UMR 5600 EVS Environnement Villes et Sociétés). CNRS. Saint-Étienne- (FRANCE) e Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (BRASIL)
- FANI Vavili, architect, professor, School of Architecture, Aristotle University of Thessaloniki (GREECE)
- FORLANI Maria Cristina, Department of Architecture, University "G. D' Annunzio" of Chieti-Pescara, sezione DePT, (ITALY)
- FORNARO Domenico, Direzione regionale per i beni culturali e paesaggistici del Molise, Campobasso (ITALY),
- FORTUNATO Antonio - Department of Civil Engineer, University of Salerno (ITALY)
- FRANCESE Dora, Department of Architecture, University of Naples "Federico II" (ITALY)
- FUMO Marina, Department of Civil, Buildings and Environmental Engineering, University of Naples "Federico II" (ITALY)
- GIUSTO Rosa Maria, Ph.D., Adjunct Professor, University of Salerno (ITALY)
- IUCOLANO Fabio, Department of Chemical and Material Engineering, University of Naples "Federico II" (ITALY)
- LANER, Franciele, Instituto Federal de Santa Catarina- IFSC- (BRASIL)
- LECCISI Fabrizio, University of Naples "Federico II" , D.I.C.E.A (ITALY)
- LENCI Stefano, Department of Civil and Buildings Engineering, and Architecture, Polytechnic University of Marche (ITALY)
- LIGUORI Barbara, Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale, University of Naples "Federico II" , (ITALY)
- LORUSSO Flaviano Maria, University of Florence - DIDA Department of Architecture (ITALY)
- MASTROLONARDO Luciana, Architecture Department, University "G. D' Annunzio" of Chieti-Pescara, sezione DePT, (ITALY)
- MENDONCA Paulo, Architecture School, University of Minho, Guimarães, (PORTUGAL)
- MIHAILA Marina, Project Director – Researcher, Center for Studies in Contemporary Architecture, Bucharest, (ROMANIA)
- Lecturer Ph.D.Architect, "Ion Mincu" University of Architecture and Urbanism Bucharest, (ROMANIA)
- MILANO Patrizia, Department of Architecture, University "G. D' Annunzio" of Chieti-Pescara, (ITALY)
- NAFSIKA Exintaveloni, graphic designer, Technological Educational Institute of Athens (GREECE)
- NISTICO' Paola Francesca, University of Naples "Federico II" , D.I.C.E.A (ITALY)
- PACCOUD Grégoire, Arch. DPLG, DSA Architecture de Terre CRATERRE-ENSAG-AE&CC, Grenoble (FRANCE)
- PENNACCHIO Roberto, Arch., CRD-PVS Polito specialized, PhD student DAD, Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, (ITALY)
- PISCOPO Daniela, CITTAM - Architecture Department, University of Naples "Federico II" , (ITALY)
- QUAGLIARINI Enrico, Department of Civil and Buildings Engineering, and Architecture, Polytechnic University of Marche (ITALY)
- SANNA ANTONELLO, Department of Civil, Environmental Engineering and Architecture, University of Cagliari (ITALY)
- VATTANO Starlight, Department of Architecture, University of Palermo (ITALY)