

ENERGY PERFORMANCES ANALYSIS IN EXTREME CLIMATE CHANGE SCENARIOS THROUGH BIM SIMULATIONS

Abstract

The expected earth's temperature augmentation, currently estimated +1.5°, encourages today the necessary implementation of all those strategies which allow the decrease of greenhouse gas emissions, main source of the global warming. In this context, the building envelope can play a fundamental role and significantly contributes in reaching the goal set by the 2030 Sustainable development agenda, including the decrease of energy consumption.

This study is inserted in this context and considers, in accordance with the possible changes of climate scenarios (+2 to +6°), the energy performances variations in different building envelopes, characterised by different technologies. In the work, carried out on a case study using BIM (REVIT) in order to evaluate the energy performances, it emerges how the technology variation can significantly contribute to the decrease of overall consumption, allowing to reduce energy consumption by up to 33%, in the case of an insulated envelope made with adobe earth blocks.

Key words: *Mediterranean, massive building envelope, climate change, mitigation strategies, BIM*

Introduction

The possible achievement of an average global temperature equal to approximately +1.5°, provoked by the anthropic activities [1] highlights the necessity of developing, especially in the construction field, innovative approaches and technologies able to reduce the climate-change emissions, and mitigate the negative effects that the upcoming climate changes can produce on the urban settlements. In the best-case scenario, the climate change can be contained within the level set out in the recently ratified Paris agreement. The worst case scenario sees the temperature level catastrophically rising up and above 4°, in the event that global measures are not taken [2]. In this context, the building envelope, conceived as a technologic system which interfaces both external and internal environments [3], can play an important role and deeply contribute to the achievement of the goals set by the Sustainable Development Agenda 2030 [4], contributing to the thermal dispersion and thermal offset decrease, protecting the indoor environments from possible extreme external climate scenarios, fostering energy autonomy and in general environmental sustainability, ensuring the

maintenance of the habitability requirements of the dwelling. The building envelope is becoming increasingly important especially in context which nowadays are characterised by a mild climate but could soon be affected by increasingly warm climates, as the IPCC report underlines [5].

As the Building Envelope performances study became a topic extremely debated [3], the technology innovation related to construction materials, nanotechnologies applied to the production processes, biomimesis and the chance of using new evaluation tools (BIM, BEM, parametric programs, simulation software etc.) open new research scenarios. Some recent studies, associated the building envelope to proper biologic organisms [6], conceiving it as a system capable of self-regulation according to the external conditions and develop adaptation capacities including auto-regulation parameters [7]. Some other studies focused on the possibility of the implementing smart materials [8], highly performing products [9], thermo-active systems [10]. Other studies focused on the usage of new tools concerning the performance evaluation, as for instance "green Buildings" [11], energy simulation tool [12], simplified tool [13], parametric integrative algorithms [14] and BIM-Building Information [15]-[17]. The BIM in particular, is today more and more used to monitor a building performance, thanks to its integrability with other software and the capacity to integrate in the process some construction materials, technologies, plant related resources and its dispersion on commercial level and usage.

In this cultural context, it looks clear how the study of performance building envelope is a topic of great interest, especially considering the climate change and the new design tools. Starting from these considerations, the present contribution investigates the role that the building envelope can have in terms of consumption decrease and of green house gas containment. The study, based on a case study, uses the BIM (REVIT) in order to investigate and evaluate the building envelope performance, comparing multiple technologic scenarios with several climate change scenarios.

Goals, contribution originality, methodology

The essay investigates the role that the building envelope can have not only in terms of consumption containing but also concerning the consequent energy saving and CO₂ emission reduction. The study, carried out by using as a case study a single family residence located in a

Mediterranean region, compares different technologic scenarios characterised by different building envelope solutions and evaluates the performance whenever the climate scenarios change. The specific case study and performance evaluation with respect to the different climate scenarios represent the main innovative aspects of the work. The study is performed benefitting of the "Insight" simulation model, a plug-in located inside the BIM 360 platform, which is able to evaluate project's trends and issues and use predictive risk data to improve consequently the efficiency. The study in particular takes into account:

- Climate scenarios change (CS),
- Envelope change: partial insulation, entire insulation,
- Constructive technology change: material,
- Constructive technology change: stratigraphy.

The case study: Climate scenarios and technological envelope choices

Climate scenarios

Nevertheless the recent winter images representing the North Pole snowless, the fight against Climate Change (CC) seems to interest only a part of the international community, as shown also by the recent fail of the COP25 [18]. In this context defied by the difficulty in respecting the Paris agreement [1], recent studies are prefiguring different climate scenarios. Among these, in addition to those included in the well-known International Panel of Climate Change [2], the Climate Action Tracker (CAT), prefigures CC scenarios calculated in accordance with the efficacy of national policies adopted in order to reduce climate-altering gas in the atmosphere in 2020, 2025 and 2030. These scenarios start from a minimum +1.5°C (ideal scenario), to +<2°C (compatible), to <3°C (insufficient), to <4°C (highly insufficient), up to >5°C (Critically insufficient) [19]. Based on these climatic scenarios (SC), this work has identified three different pre-established climatic scenarios within the REVIT model, characterized by a progressive rise in temperatures and used as contexts for environmental simulations (Fig. 1). To simplify the model development process, three locations in Morocco have been chosen and each location has been associated with a climatic scenario: Tangier - SC1 (base), Essaouira - SC2 (+ 1.5 / 2 ° C), Agadir - SC3 (> + 3 ° C).



Fig. 1 - The table shows the growing trend of temperatures used to simulate the climatic scenarios of the Mediterranean area.

The case study

The Construction's envelope performance analysis was carried out on a case study, concerning a private residence (Fig. 2). The building, for residential purpose, is composed of a unique rectangular base volume with flat cover overhanging all the directions and raising on a flat area without obstructions nearby Tangier (Morocco). It's about a simple volume with its lower edges placed along the North-South axis, the relation among opaque and transparent parties gradually grows on different facades of the building towards northern prospect, avoiding possible overheating or excessive cooling in summer. The case study was thought with the intention of reducing the project complexity with the target of focusing only on the envelope systems.

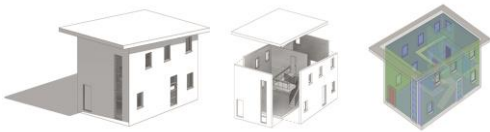


Fig. 2 - The image shows the study project, consisting of a single-family unit and built as a simple volume, with a flat roof.

Envelope variation

In research structure, various project variables have been identified that can influence the energy efficiency of the case study. In addition to the climatic variable described above, as regards the envelope, the following aspect have been taken into consideration (Fig. 3):

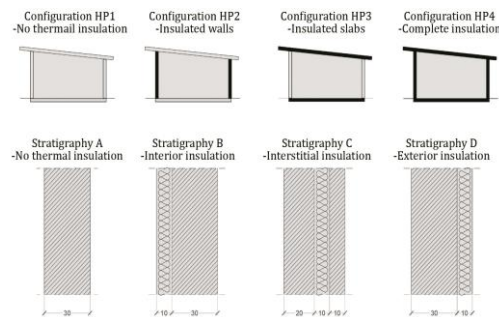


Fig. 3 - The images show (at the top) the schematic of the interventions on the casing, (at the center) the combinations used, (at the bottom) the combinations of materials with respective characterizations.

Envelope system variations

Different configurations have been investigated: without insulation (HP1), with insulation only on the Vertical closures (VC) (HP2), with insulation only

on the upper and lower horizontal closure (OC) (HP3), with complete external insulation (HP4).

Variation of construction technology: stratigraphy

The thermal insulation inside the envelope varies in position and is located: inside, in the centre in an interstitial position, outside.

Variations in construction technology: material

Among the materials used for the massive stratigraphic portions, brick, concrete and raw earth blocks were selected.

The simulations were defined by the combination of the different variables (shell system, stratigraphy, material) with respect to the various climatic scenarios hypothesized and defined as SC1-2-3.

BIM

The simulations were performed thanks to the "BIM Autodesk Revit" and the "Insight 360" software. This model observes the American National Standard "ASHRAE 90.1" (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) for the definition of minimum requirements for projects in matter of energy efficiency. Thanks to the BIM, the tool allows to describe the geometry of the case study, technology system and the materials used in the project, the plant's components, the site location and also microclimate conditions. On the basis of these first inputs it is possible to simulate an energy analysis and evaluate the building performance. The reference value that will be used to compare different simulations, corresponds to the energy needs on yearly basis per surface unit, which is identified as an international parameter reference to certify the buildings' energy condition. Besides this data, once the model is generated, the tool will share it through the cloud of Autodesk's Insight 360° and, besides providing the analysis definitive data, suggests multiples typologies of improving intervention.

Comparison between climatic scenarios and technological variations on the envelope

The work investigates how the performance of the envelope varies with the changing climatic scenarios (CS). The study compares different materials (brick, reinforced concrete, earth blocks) and, for each material, different insulation strategies (without insulation - HP1, with insulated VC - HP2, with insulated OC - HP3, with insulated VC and OC - HP4) characterized by combinations of stratigraphy with a different position of the insulation (internal - SB, interstitial - SC, external SD) are analyzed. For each simulation carried out with the BIM, the estimated values for the annual energy consumption expressed in kWh/m², the peak loads expressed for heating and for cooling, expressed in W were taken into consideration. The results obtained are discussed below, organized by material. It should be noted that the described results are related to the boundary conditions imposed and the specific characteristics of the analysed case study.

Concerning the solution with bricks (Fig. 4), with respect to the analysed climatic scenarios,

it can be observed as:

- as temperatures rises, there is a general decrease in consumption, given by the lower consumption in winter and the high thermal range of the chosen environment that promotes natural cooling during night;
- in non-insulated configuration (HP1), the increase in temperatures (CS B-C) promotes a reduction in consumption compared to the current scenario (CS A) of 15-20% respectively;
- in configuration with external insulation (HP4), the increase of the temperatures (CS B-C) favors a reduction of the consumption regarding the current scenario (CS A) respectively 12-13%;
- comparing with the stratigraphic solution without insulation (HP1), we can find a greater reduction in consumption for solutions with isolated VC (HP2) and isolated VC+OC (HP4);
- in absolute terms, among all the configurations analysed in the various CS, the best outcome is given by the solution with VC with interstitial isolation in CS C.

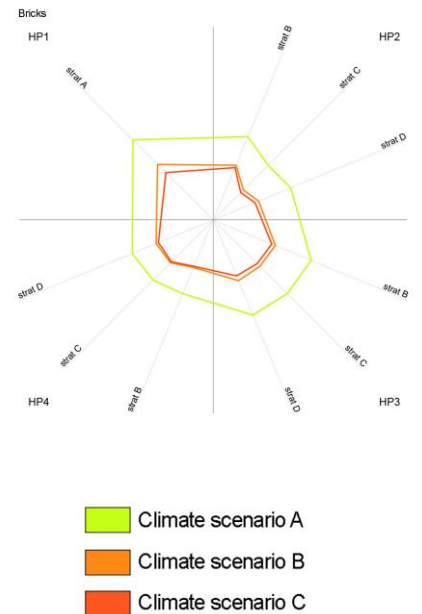


Fig. 4 - The image shows the behaviour for the bricks of the different technological solutions to the variations of the climatic scenes (CS).

With regard to the solution with reinforced concrete (Fig. 5), compared to the climatic scenarios analysed, it can be observed that:

- with the increase of the temperatures there is a general reduction in consumption given by lower consumption in winter and the high thermal excursion of the chosen context which favors natural cooling during summer;
- in the non-insulated configuration (HP1), the increase in temperatures (CS B-C) promotes a reduction in consumption compared to the current scenario (CS A) of 19-22% respectively;
- in the configuration with outer insulation (HP4), the increase of the temperatures (CS B-C) favors a consumption reduction regarding the current scenario (CS A) respective of approximately 13-14%;

- compared to the stratigraphic solution without insulation (HP1), there is a greater reduction in consumption for the solutions with isolated VC (HP2) and isolated VC+OC (HP4) for CS B, while for CS C the solutions HP3 (isolated OC) and HP4 (isolated VC+OC) highlights how overheating of OC plays a greater role as temperatures rise;
- in absolute terms, among all the configurations analysed in the various CS, the best outcome is given by the solution with OC with interstitial isolation in CS C.

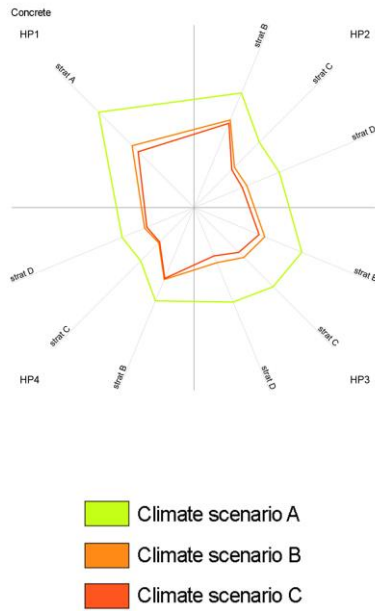


Fig. 5 - The image shows the behaviour of the various technological solutions for concrete in changing climatic scenarios (CS).

Regarding the solution with blocks of raw earth (Fig. 6), with respect to the climatic scenarios analysed, it can be observed as:

- with the temperature augmentation there is a general decrease of consumption, given by the lower winter consumption and the high thermal excursion in the chosen context, which favors natural summer cooling;
- in the non-insulated configuration (HP1), the raise in temperatures (CS B-C) promotes a reduction in consumption compared to the current scenario (CS A) of 17-19% respectively;
- in the configuration with insulation to external insulation (HP4), the increase of the temperatures (CS B-C) favors a reduction of the consumptions regarding the current scenario (CS A) respective of approximately 10-12%;
- concerning the stratigraphic solution with no insulation (HP1), it has to be noticed a gradually rising consumption for insulated solutions, with the only exception of HP2 solution (with interstitial insulation VC);
- in absolute terms, among all the configurations analysed in the various CS, the best outcome is given by the solution with no interstitial isolation in CS C.

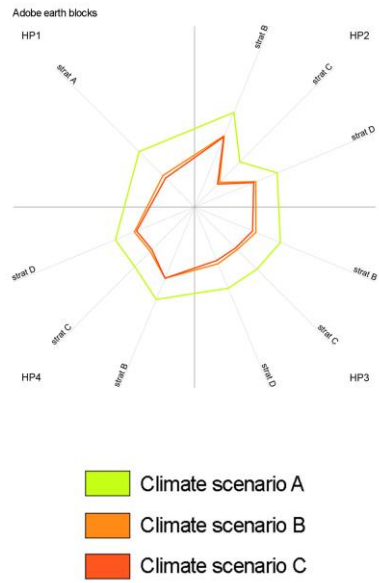


Fig. 6 - The image shows the behaviour of the various technological solutions for adobe earth blocks in changing climatic scenarios (CS).

In absolute value, the study evidences as the best technological solution is the one realized with massive walls in earth. Thanks to the good transmittance value and the excellent timing capacity, this solution can make a significant contribution in reducing energy consumption.

As regards peak cooling loads, it should be noted that:

- as for the bricks, with the temperatures raise there is a progressive augmentation in consumptions and specifically in the CS C we notice a 300% augmentation for HP1, 125% for HP2, 140% for HP3 and 130% for HP4;
- concerning reinforced concrete, as temperatures rise there is a progressive increase in consumption and specifically in CS C we notice an increase of 136% for HP1, 124% for HP2, 144% for HP3, 130% for HP4;
- for raw earth blocks as temperatures rises there is a progressive increase in consumption and specifically in CS C we have an 139% increase for HP1, 128% for HP2, 140% for HP3, 128% for HP4;

With regard to the peak loads for heating, it is observed that with increasing temperatures there is a general reduction in consumption.

Conclusion

The work, conducted on a case study with the help of BIM (REVIT), analyzed how the energy performance of different envelopes characterized by different technologies vary with the variation of possible climatic scenarios (+2 ÷ 6 °C). The work allows to draw some conclusions on the analyzed case and on the methodology adopted. Concerning the study of the envelope performance, it can be observed:

- the importance of the material choice, which based on its characterization, strongly indicates energy consumption, bringing possible savings of up to 33%;
- the role of insulation, capable of greatly reducing consumption in winter and summer up to 23%;

- the role of insulation in roofing which, as temperatures increase, requires greater protection;
- the role of thermal mass, capable of reducing consumption in winter and summer.

Concerning to the methodology adopted, it can be observed:

- the usefulness of the BIM model for the control of technological choices;
- the need to consider some modeling and plant engineering simplifications that affect the obtained results;
- some limits relating to the definition of the boundary conditions.

Concerning next developments, it is planned to compare the model developed with other BEM tools, such as DesignBuilder, with the aim of comparing the results and verifying possible discrepancies.

REFERENCES

- [1] European Commission, "Accordo di Parigi," 2015. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_it. [Accessed: 14-Nov-2018].
- [2] IPCC, "IPCC REPORT 2018," 2018.
- [3] F. Tucci, *Involucro ben temperato. Efficienza energetica ed ecologica in architettura*, Alinea. Firenze, 2006.
- [4] Nazioni Unite, "Agenda 2030," 2018. [Online]. Available: <https://unric.org/it/agenda-2030>.
- [5] M. Losasso, "CLIMATE RISK, ENVIRONMENTAL PLANNING, URBAN DESIGN," vol. 1, no. 1, pp. 219-232, 2016.
- [6] Y. Bar-Cohen, "Biomimetics : Using nature as an inspiring model for human innovation," *Bioinspir. Biomim.*, vol. 1, no. 1, pp. 1-4, 2006.
- [7] F. Fiorito and M. Santamouris, "Tecnologie ad alta prestazione e il futuro dossier della progettazione architettonica," *Techne*, vol. 13, no. August, pp. 72-76, 2017.
- [8] H. Akeiber *et al.*, "A review on phase change material (PCM) for sustainable passive cooling in building envelopes," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 60, pp. 1470-1497, 2016.
- [9] S. D. Rezaei, S. Shannigrahi, and S. Ramakrishna, "A review of conventional, advanced, and smart glazing technologies and materials for improving indoor environment," *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, vol. 159, pp. 26-51, 2017.
- [10] A. Battisti and E. Ministero, "Thermally active surface integration in the regeneration of building envelope in Mediterranean area," *Techne*, vol. 16, no. November, pp. 152-163, 2018.
- [11] G. Acampa, J. O. García, M. Grasso, and C. Díaz-lópez, "Progettazione sostenibile : criteri da integrare al BIM," *valori e valutazioni*, vol. 23, pp. 119-128, 2019.
- [12] P. Mendonça, N. Faiq, J. Fernandes, and R. Mateus, "Simulation tools for energy performance evaluation of buildings with minimum material resources," *Sustain. Mediterr. Constr.*, vol. 2019, no. N10, pp. 93-99, 2019.
- [13] G. Chiesa, M. Grosso, A. Acquaviva, B. Makhlouf, and A. Tumiatti, "INSULATION, BUILDING MASS AND AIRFLOWS - PROVISIONAL AND MULTIVARIABLE ANALYSIS," *Sustain. Mediterr. Constr.*, vol. 8, pp. 36-40, 2018.
- [14] F. Orsini and M. Angrisani, "PARAMETRIC EXPLORATIONS IN ARCHITECTURE FROM THE URBAN SCALE TO THE TECHNOLOGICAL DETAIL," in *Pro-Innovation | Process Production Product*, vol. 2, G. De Giovanni and F. Scalisi, Eds. 2019, pp. 131-142.
- [15] S. A. Kamarudin, F. Usman, R. Roslan, and H. . San, "Evaluation of energy consumption by

- using building information modelling (BIM),” *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 3531–3534, 2019.
- [16] M. H. Elnabawi and N. Hamza, “Investigating Building Information Model (BIM) to Building Energy Simulation (BES): Interoperability and Simulation Results,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 397, no. 1, 2019.
- [17] M. N. Uddin, H. H. Wei, H. L. Chi, and M. Ni, “An Inquisition of Envelope Fabric for Building Energy Performance Using Prominent BIM-BPS Tools - A Case Study in Sub-Tropical Climate,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 354, no. 1, 2019.
- [18] UNFCCC, “COP25,” 2019. [Online]. Available: https://unclimatesummit.org/?gclid=EAlaQobChM15p21kMuq5gIVBOJ3ChOKHQ3QEAAyASAEgK1Lfd_BwE. [Accessed: 16-Jan-2020].
- [19] A. Ritchie and M. Roser, “CO₂ and Greenhouse Gas Emissions,” 2019. [Online]. Available: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>.

ANALISI DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE IN SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO ESTREMO ATTRAVERSO SIMULAZIONI BIM

Abstract

L'incremento quasi certo della temperatura terrestre di circa +1.5°C impone la necessaria adozione di tutte quelle strategie atte a ridurre le emissioni di gas serra, principale fonte del surriscaldamento globale. In questo contesto, l'involucro edilizio può giocare un ruolo fondamentale e contribuire fortemente al raggiungimento delle mete previste dall'agenda dello Sviluppo Sostenibile 2030, tra i quali la riduzione dei consumi energetici.

Il presente studio si inserisce all'interno di questo contesto e analizza, al variare di possibili scenari climatici (+2 ÷ 6 °C), come variano le prestazioni energetiche di diversi involucri caratterizzati da diverse tecnologie. Dal lavoro, condotto su un caso studio utilizzando il BIM (REVIT) per la valutazione delle prestazioni energetiche, emerge come la corretta scelta delle tecnologie per l'involucro contribuisca fortemente alla riduzione dei consumi totali, permettendo di ridurre i consumi energetici fino ad un 33%, nel caso di involucro isolato e realizzato con blocchi in terra cruda.

Parole chiave: Mediterraneo, involucro massivo, cambiamento climatico, strategie di mitigazione, BIM

Introduzione

Il probabile raggiungimento del valore di circa +1.5°C nell'incremento della temperatura media globale indotta dall'attività antropica [1] evidenzia la necessità di sviluppare, particolarmente nel campo dell'edilizia, approcci e tecnologie innovative in grado di ridurre le emissioni dei gas climalteranti da una parte e dall'altra capaci di mitigare gli effetti negativi che gli imminenti mutamenti climatici possono produrre sugli insediamenti urbani. Mutamenti climatici che, solo nella migliore ipotesi possono essere contenuti entro i livelli stabiliti dal recente accordo di Parigi, ma che rischiano di raggiungere livelli ben più catastrofici, fino ad oltre i 4 °C, nel caso di mancata adozione di azioni a livello globale [2]. In questo contesto, l'involucro edilizio, inteso come quel sistema tecnologico e di interfaccia tra ambiente esterno ed ambiente interno [3], può giocare un importante ruolo e contribuire fortemente al raggiungimento delle mete previste dall'agenda dello Sviluppo Sostenibile 2030 [4], contribuendo alla riduzione delle dispersioni termiche e allo sfasamento termico, proteggendo gli ambienti interni da possibili scenari climatici estremi, favorendo l'autonomia energetica ed in generale la sostenibilità ambientale, garantendo il mantenimento dei requisiti di abitabilità dell'abitazione. Involucro che assume una sempre maggiore importanza soprattutto in quei contesti caratterizzati oggi da un clima mite ma che potrebbero presto essere caratterizzati da climi sempre più caldi, come evidenziano le previsioni del report IPCC [5]. Per quanto lo studio delle prestazioni dell'involucro sia

oramai un tema ampiamente discusso [3], l'innovazione tecnologica dei materiali, le nanotecnologie applicate ai processi produttivi, la biomimesi, la possibilità di utilizzare nuovi strumenti di valutazione (BIM, BEM, programmi parametrici, software di simulazione, ecc.) aprono nuovi scenari di ricerca. Alcuni recenti studi, infatti, hanno assimilato l'involucro ad organismi biologici veri e propri [6], intendendolo quindi come un sistema capace di autoregolarsi in base alle condizioni esterne e di sviluppare capacità di adattamento integrando parametri di auto regolazione [7]. Altri studi si sono focalizzati sulla possibilità di implementare smart materials [8], prodotti ad altissime prestazioni [9], sistemi termo-attivi [10]. Altri studi, poi, si sono concentrati sull'utilizzo di nuovi strumenti per la valutazione delle prestazioni, quali protocolli “green Buildings” [11], strumenti per la simulazione energetica [12], tool semplificati [13], algoritmi integrativi parametrici [14] e BIM-Building Information Model [15]–[17]. Proprio il BIM sembra essere oggi uno strumento sempre più valido ed utilizzato per il controllo delle prestazioni di un edificio, grazie alla sua integrabilità con altri software; alla capacità di integrare nel processo progettuali componenti costruttive, tecnologiche, impiantistiche; alla sua diffusione a livello commerciale e d'uso.

All'interno di questo contesto culturale, appare chiaro come lo studio dell'involucro e delle sue prestazioni sia un tema di grande interesse, soprattutto alla luce dei nuovi strumenti di supporto alla progettazione e rispetto ai cambiamenti climatici in atto. Partendo da queste considerazioni, il presente contributo indaga il ruolo che l'involucro può avere in termini di riduzione dei consumi e, quindi, di contenimento dei gas serra. Lo studio, condotto su un caso di studio, utilizza il BIM (REVIT) come strumento di indagine per valutare le prestazioni dell'involucro, confrontando molteplici scenari tecnologici al variare di possibili scenari climatici.

Obiettivi, originalità del contributo, metodologia

Il saggio indaga il ruolo che l'involucro edilizio può avere in termini di contenimento dei consumi e, quindi, conseguente risparmio energetico e riduzione delle emissioni di CO₂. Lo studio, condotto utilizzando come caso studio una residenza monofamiliare situata in una regione mediterranea, mette a confronto molteplici scenari tecnologici caratterizzati da diverse soluzioni di involucro e ne valuta le prestazioni al variare degli scenari climatici. Il caso studio specifico e valutazione delle prestazioni rispetto ai diversi scenari climatici rappresentano i principali aspetti innovativi del lavoro. Lo studio è condotto avvalendosi del modello di simulazione Insight, un plug-in interno alla piattaforma BIM 360 in grado di valutare tendenze e criticità di progetto nella sua interezza e utilizzare dati di rischio predittivo per migliorarne conseguentemente l'efficienza. Lo studio, in particolare, indaga:

- Variazione scenari climatici,
- Variazioni di sistema di involucro: cappotto parziale, cappotto totale,
- Variazioni di tecnologia costruttiva: materiale, Variazione di tecnologia costruttiva: stratigrafia.

Il caso studio: scenari climatici e scelte tecnologiche di involucro

Scenari climatici
Nonostante le recenti immagini invernali di un Polo Nord senza neve, la lotta al Cambiamento Climatico (CC) sembra interessare solo parte della comunità internazionale, come dimostra anche il recente fallimento della COP25 [18]. In questo contesto di incertezza e di difficile rispetto dell'accordo di Parigi [1], recenti studi stanno prefigurando diversi scenari climatici. Tra questi, oltre a quelli inseriti all'interno del ben noto International Panel of Climate Change [2], il Climate Action Tracker (CAT), prefigura scenari di CC, calcolati in base all'efficacia delle politiche nazionali adottate per ridurre le emissioni di gas climalteranti in atmosfera nel 2020-2025-2030, che vanno da un minimo di +1.5°C (Scenario ideale), a +2°C (Compatibile), a <3 °C (Insufficiente), a <4 °C (Altamente insufficiente), fino a >4 °C (Criticamente

insufficiente) [19].

Sulla base di questi scenari climatici (SC) il presente lavoro ha individuato all'interno del modello REVIT tre diversi scenari climatici precostituiti caratterizzati da un progressivo innalzamento delle temperature e usati come contesti per le simulazioni ambientali (Fig.1). Per semplificare il processo di elaborazione del modello, si sono scelte tre località in Marocco e ogni località è stata associata ad uno scenario climatico: Tangeri - SC1 (base), Essaouira - SC2 (+1.5/2 °C), Agadir - SC3 (> +3°C).

Il caso studio

Il lavoro di analisi delle prestazioni dell'involucro è condotto su un caso studio, individuato in una abitazione privata (Fig.2). L'edificio ad uso residenziale è composto da un unico volume a base rettangolare con copertura piana aggettante in ogni direzione e sorge su un'area pianeggiante e priva di ostruzioni nei pressi di Tangeri, in Marocco. Si tratta di un unico volume semplice con i lati minori disposti lungo l'asse Nord-Sud, il rapporto tra parti opache e trasparenti cresce gradualmente sui vari fronti dell'edificio in direzione del prospetto settentrionale in modo da evitare eventuali surriscaldamenti o eccessivi valori di raffrescamento estivo. Il caso studio è stato pensato cercando di ridurre la complessità progettuale con l'obiettivo di focalizzare l'attenzione solo sui sistemi di involucro.

Variazioni di involucro

Nello strutturare la ricerca sono state identificate diverse variabili di progetto in grado di influenzare l'efficienza energetica propria del caso studio. Oltre alla variabile climatica pocanzi descritta, per quanto concerne l'involucro sono state prese in considerazione (Fig.3):

- Variazioni di sistema di involucro. Sono state indagate diverse configurazioni: senza isolamento (HP1), con isolamento solo sulle chiusure verticali (HP2), con isolamento solo sulla chiusura orizzontale superiore ed inferiore (HP3), con isolamento completo a cappotto (HP4).
- Variazione di tecnologia costruttiva: stratigrafia. L'isolamento termico all'interno dell'involucro varia di posizione e si trova: all'interno, al centro in posizione interstiziale, all'esterno.
- Variazioni di tecnologia costruttiva: materiale. Tra i materiali utilizzati per le porzioni stratigrafiche massive sono stati selezionati il laterizio, il calcestruzzo e blocchi di terra cruda.

Le simulazioni sono state definite dalla combinazione delle diverse variabili (sistema involucro, stratigrafia, materiale) rispetto ai vari scenari climatici ipotizzati e definiti come SC1-2-3.

BIM

Le simulazioni sono state condotte grazie all'utilizzo del software BIM Autodesk Revit ed il tool Insight 360. Tale modello utilizza lo Standard Nazionale Americano 'ASHRAE 90.1' (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) per la definizione dei requisiti minimi per progetti di efficienza energetica. Lo strumento, grazie al BIM, permette di descrivere, la geometria del caso studio, i sistemi tecnologici ed i materiali utilizzati nel progetto, le componenti impiantistiche, la locazione del sito e quindi condizioni microclimatiche al contorno. Sulla base di tali input iniziali è possibile simulare un'analisi energetica e valutare le prestazioni dell'edificio. Il valore di riferimento che verrà assunto per confrontare le diverse simulazioni corrisponde al fabbisogno energetico annuo dell'edificio per unità di superficie che viene identificato come parametro internazionale di riferimento per la certificazione energetica degli edifici. Oltre a tale dato, generato il modello, il tool lo condivide tramite il cloud di Autodesk Insight 360 e, oltre a fornire i dati definitivi dell'analisi, propone molteplici tipologie di interventi migliorativi.

Confronto tra scenari climatici e variazioni tecnologiche sull'involucro

Il lavoro indaga come varino le prestazioni dell'involucro al variare degli scenari climatici (SC). Lo studio mette a confronto differenti materiali (laterizio, cemento armato, blocchi di terra) e per ogni materiale studia diverse strategie di isolamento (senza isolante – HP1, con CV isolata – HP2, con CO isolata – HP3, con CV e CO isolate – HP4) caratterizzate da combinazioni di stratigrafia con una diversa posizione dell'isolante (interno - SB, interstiziale - SC, esterno SD). Per ogni simulazione condotta con il BIM sono stati presi in considerazione i valori stimati per i consumi annui energetici espressi in kWh/m², i carichi di picco espressi per il riscaldamento e per il raffrescamento, espressi in W. Di seguito si discutono i risultati ottenuti, organizzati per materiale. Si precisa che i risultati descritti sono legati alle condizioni al contorno imposte e alle specifiche caratteristiche del caso studio analizzato.

Per quanto concerne la soluzione con il laterizio (Fig. 4), rispetto agli scenari climatici analizzati, si può osservare come:

- All'aumentare delle temperature c'è una generale riduzione dei consumi, dati dal minor consumo in regime invernale e dall'alta escursione termica del contesto scelto che favorisce raffrescamento naturale durante le notti estive;
- Nella configurazione non isolata (HP1), l'aumento delle temperature (SC B-C) favorisce una riduzione dei consumi rispetto allo scenario attuale (SC A) rispettivamente del 15-20%;
- Nella configurazione con isolamento a cappotto esterno (HP4), l'aumento delle temperature (SC B-C) favorisce una riduzione dei consumi rispetto allo scenario attuale (SC A) rispettivamente di circa il 12-13%;
- Rispetto alla soluzione stratigrafica senza isolante (HP1), si nota una maggiore riduzione nei consumi per le soluzioni con CV isolata (HP2) e CV+CO isolata (HP4);
- In termini assoluti, tra tutte le configurazioni analizzate nei vari SC, il miglior comportamento è dato dalla soluzione con CV con isolamento interstiziale nello SC C.

Per quanto concerne la soluzione con il cemento armato (Fig. 5), rispetto agli scenari climatici analizzati, si può osservare come:

- All'aumentare delle temperature c'è una generale riduzione dei consumi, dati dal minor consumo in regime invernale e dall'alta escursione termica del contesto scelto che favorisce raffrescamento naturale durante

l'estate;

- Nella configurazione non isolata (HP1), l'aumento delle temperature (SC B-C) favorisce una riduzione dei consumi rispetto allo scenario attuale (SC A) rispettivamente del 19-22%;
- Nella configurazione con isolamento a cappotto esterno (HP4), l'aumento delle temperature (SC B-C) favorisce una riduzione dei consumi rispetto allo scenario attuale (SC A) rispettivamente di circa il 13-14%;
- Rispetto alla soluzione stratigrafica senza isolante (HP1), si nota una maggiore riduzione nei consumi per le soluzioni con CV isolata (HP2) e CV+CO isolata (HP4) per lo SC B, mentre per lo SC C emergono come migliori le soluzioni HP3 (CO isolata) e HP4 (CV+CO isolata) evidenziando come all'aumentare delle temperature giochi un ruolo maggiore il surriscaldamento delle CO;
- In termini assoluti, tra tutte le configurazioni analizzate nei vari SC, il miglior comportamento è dato dalla soluzione con CO con isolamento interstiziale nello SC C.

Per quanto concerne la soluzione con i blocchi di terra cruda (Fig. 6), rispetto agli scenari climatici analizzati, si può osservare come:

- All'aumentare delle temperature c'è una generale riduzione dei consumi, dati dal minor consumo in regime invernale e dall'alta escursione termica del contesto scelto che favorisce raffrescamento naturale durante l'estate;
- Nella configurazione non isolata (HP1), l'aumento delle temperature (SC B-C) favorisce una riduzione dei consumi rispetto allo scenario attuale (SC A) rispettivamente del 17-19%;
- Nella configurazione con isolamento a cappotto esterno (HP4), l'aumento delle temperature (SC B-C) favorisce una riduzione dei consumi rispetto allo scenario attuale (SC A) rispettivamente di circa il 10-12%;
- Rispetto alla soluzione stratigrafica senza isolante (HP1), si nota tendenzialmente un maggior consumo per le soluzioni isolate, con l'unica eccezione della soluzione HP2 C (CV con isolamento interstiziale);
- In termini assoluti, tra tutte le configurazioni analizzate nei vari SC, il miglior comportamento è dato dalla soluzione con senza isolamento interstiziale nello SC C.

In valore assoluto lo studio evidenzia come la migliore soluzione tecnologica sia quella realizzata con pareti massive in terra, che grazie al buon valore di trasmittanza e all'ottima capacità di sfasamento riescono a dare un significativo contributo in termini di

riduzione dei consumi.

Per quanto concerne i carichi di picco per il raffreddamento si osserva come:

- Per il laterizio all'aumentare delle temperature vi è un progressivo aumento dei consumi e nello specifico allo SC C abbiamo un incremento del 300% per HP1, del 125% per HP2, del 140% per HP3, del 130% per HP4;
- Per il cemento armato all'aumentare delle temperature vi è un progressivo aumento dei consumi e nello specifico allo SC C abbiamo un incremento del 136% per HP1, del 124% per HP2, del 144% per HP3, del 130% per HP4;
- Per i blocchi in terra cruda all'aumentare delle temperature vi è un progressivo aumento dei consumi e nello specifico allo SC C abbiamo un incremento del 139% per HP1, del 128% per HP2, del 140% per HP3, del 128% per HP4.

Conclusioni

Il lavoro, condotto su un caso studio con l'ausilio del BIM (REVIT), ha analizzato come variano le prestazioni energetiche di diversi involucri caratterizzati da diverse tecnologie al variare di possibili scenari climatici (+2 ÷ 6 °C). Il lavoro permette di trarre alcune conclusioni di merito sul caso analizzato e sulla metodologia adottata. Per quanto riguarda lo studio delle prestazioni dell'involucro, si può osservare:

- L'importanza della scelta del materiale, che in base alla sua caratterizzazione, indice fortemente sui consumi energetici, portando un possibile risparmio fino al 33%;
- Il ruolo dell'isolamento, capace di ridurre fortemente i consumi in regime invernale ed estivo fino al 23%;
- Il ruolo dell'isolamento in copertura che all'aumentare delle temperature necessita di maggior protezione;
- Il ruolo della massa termica, capace di ridurre i consumi in regime invernale ed estivo.

Per quanto concerne la metodologia adottata si può osservare:

- L'utilità del modello BIM per il controllo delle scelte tecnologiche;
- La necessità di considerare alcune semplificazioni di natura modellistica ed impiantistica che incidono sui risultati ottenuti;
- Alcuni limiti relativi alla definizione delle condizioni al contorno.

Per quanto concerne i prossimi sviluppi, si prevede di comparare il modello sviluppato con altri tool BEM, quali ad esempio DesignBuilder, con l'obiettivo di confrontare i risultati e verificare possibili difformità.