

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

Francesco Tajani*, Pierluigi Morano**,
Felicia Di Liddo***

Keywords: urban regeneration,
industrial sites in disuse, functional reconversion projects,
financial analysis, Break-Even Analysis, land consumption

Abstract

With reference to the growing need of recovery and functional reconversion of abandoned industrial sites located in urban areas, the present research intends to highlight the significance of using valid evaluation models for supporting the public subjects and private investors' choices processes. In particular, in the paper a model to assess the financial conveniences of the parties involved in the redevelopment of disused industrial sites, has been developed. The model borrows the logical approach of the Break-Even Analysis (BEA), by introducing hypothesis more relevant to the real market mechanisms and assuming the nonlinear trend of the financial parameters. The

inclusion of the scale economies mechanisms in the definition of the algorithm constitutes the innovation of the operative logic of the model, able to appropriately reproduce the empirical market phenomena, compared to the classic application of the BEA with constant parameters. The proposed model represents an effective tool to be used in the early stages of interventions planning, for orienting the urban policy decisions towards more performing projects profitable interventions, in line with the current goals of sustainable development of the territories.

1. INTRODUCTION

During the recent decades, a growing attention to the urban regeneration practices has been attested, commonly considered as an effective tool for solving a wide range of built territory problems (Roberts, 2017). In this context, the sustainable development goals – defined in the Brundtland Report (1987) as «a process of change in which the exploitation of resources, the

direction of investments, the orientation of technological development, and institutional change are made consistent with future as well as present needs” – play a key role in defining urban transformation policies (Vojnovic, 2014).

The need – from large cities to small villages – of initiatives aimed at the recovery of existing assets is connected to the cogency of reducing the soil consumption, increasing the ecological and landscape

quality, protecting the biodiversity and preserving and/or restoring the natural spaces of the cities, to ensure ecosystem services essential for social and economic well-being.

Since the Second World War, the settlement dynamics have frequently led to an uncontrolled and poorly managed urban expansion, by generating significant degradation processes that limit or totally inhibit the original soils' functionality.

According to the Italian Institute for Environmental Protection and Research (ISPRA), in 2020 the new artificial coverings have concerned 56.7 km², i.e., on average, more than 15 hectares per day, whereas in 2021 this data has increased to 69.1 km², equal to 2.2 m² of soil lost every second, despite there are more than 248 km² of land occupied by buildings in disuse (SNPA, 2021; SNPA, 2022). The absence of green areas in the cities affects the land surface temperature, by causing the temperatures growth in urbanized areas, introducing the microclimatic phenomenon of heat islands, with a temperature increase of about 2 °C in the largest metropolitan cities compared to the rural areas and leading to problems deriving from global warming in terms of higher energy consumption and polluting emissions into the environment.

Among the Sustainable Development Goals (SDGs) defined by the 2030 Agenda of the 193 UN member countries (United Nations, 2015), some interesting targets concern the territory and the soil, to be integrated into national programs in the short and medium term and to be achieved by 2030, in order to: i) guarantee that land consumption corresponds to the real population growth (SDG Indicator 11.3.1); ii) provide universal access to safe, inclusive and accessible green and public spaces; iii) eliminate the presence of degraded soil (target named *Land Degradation Neutrality*, LDN <https://www.unccd.int/>), as an essential element to maintain ecosystem functions and services (SDG Indicator 15.3.1).

The definition of effective measures regarding the prevention and/or minimization of soil sealing, in which priority to the reuse of abandoned and disused land is given, assumes a crucial role to contain the territorial degradation by 2030 and to delete the risk of further soil consumption no later than 2050 (Salvo et al., 2018).

In particular, this goal represents the premise for guaranteeing a sustainable recovery of territories through the promotion of natural capital, the urban redevelopment as well as the construction of quality buildings.

In this framework, the regeneration of abandoned and/or degraded spaces is included (e.g. disused industrial sites), that are incongruous with the surrounding urban fabric or compromised from different environmental and structural point of views.

Not by chance, in the Italian context, also closely related

to the *Do No Significant Harm* (DNSH) principle, the National Recovery and Resilience Plan (NRRP, 2021) envisages an investment of 500 million euros for the requalification of *orphan* sites, i.e. the contaminated areas that have not been reclaimed by their owners or by the perpetrators, because they are unknown or defaulting (Ministerial Decree 269 of 29 December 2020).

Distributed heterogeneously on the national territory and equal to 270 sites, numerous analysis have pointed out that the redevelopment of these areas may have significant impacts in terms of ecological and social utility <https://www.openpolis.it/>. The orphan sites recovery is foreseen by the Mission No. 2 (Component 4) of the NRRP for the protection of the territory and the water resource, by highlighting the relevance of the topic within the national development policies aimed at focusing the urban actions on existing cities regeneration and on environmental and ecological priorities (<https://bonifichesiticontaminati.mite.gov.it/amianto-e-siti-orfani/siti-orfani/>).

In general terms, the contaminated sites abandonment on the national territory constitutes the result of industrial transformation processes and transfer facilities in other portions of the cities more suited to hosting logistics and production activities.

Although a prominent and current interest is noted from urban policies on the reclamation and redevelopment of contaminated sites, the private developers tend to be sceptical of starting operations on these compendiums, due to different structural obstacles, including the variability in regulatory processes, and their excessive red tape which affects approval timeline, the lack of information data on the real contaminated soil quality, the difficulty of finding the appropriate skills on clean-up standards, the fear of high liability (DeSousa, 2001) and, not least, the considerable (and uncertain) initial costs for the reclamation to remove the pollutants from the soil, often difficult to preliminary assess.

In the outlined context, the definition of models for the *ex ante* assessment of the financial convenience of these typologies of investments is fundamental in order to i) propose effective tools for analyzing the feasibility of interventions, ii) monitor the profitability of initiatives on the territory, iii) develop successful urban regeneration programs, avoiding unsuccessful operations or which involve interruptions in work in progress.

Having recognized the many positive aspects connected to urban regeneration interventions, in terms of benefits (social, economic, environmental, etc.) for the community, the use of valid techniques for evaluating the projects to be implemented constitutes an essential support for decision-making processes of urban planning. At the same time, it should be noted that, given the considerable surfaces that generally characterize the abandoned industrial sites, the current

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

approach of urban policies to promote redevelopment and reconversion of these complexes, mainly activated by private investors, could cause, in specific situations and in the short-medium term, a *surplus* of building supply compared to the real market demand, generating a «depression» of unit selling prices compared to those observed *before* the activation of the interventions. In these situations, it is advisable to use evaluation methodological approaches that are consistent with the empirical phenomena of the context considered and which take into account the likely variations that may characterize the real mechanisms of the reference market, in order to identify effectively convenient solutions.

2. AIM

The present research concerns the framework outlined. With reference to new realization projects that involve large amount of new gross floor areas (GFA) or in the cases of the redevelopment of entire complexes in disuse, an evaluation model is proposed, that can provide a relevant support in the early phases of design, able to quickly and effectively verify the initiative financial convenience, in line with the market conditions of the considered context. In particular, the model could orient the public and private decision-making processes towards investment choices that ensure the convenience for the involved parties.

Starting from the logical approach of Break-Even Analysis (BEA), the developed model, named RE-BEA (Real Effective Break-Even Analysis), has a nonlinear structure, more relevant to the real trend of the financial parameters (revenues and costs) that contribute to the definition of the algorithm to be implemented. In fact, in the situations in which i) the market supply is close to the local demand (in small urban centers) or ii) a new planning provides for a consistent buildings and/or the possibility to the functional reconversion of existing abandoned complexes, the application of the classic BEA, that includes the hypothesis of the linearity of total revenues and total costs evolution, is not reflected in the observable market phenomena, and its implementation could negatively influence the results of the analyses. Therefore, the RE-BEA model overcomes the logical-operational limits of the classic version of the BEA in the situations described, taking into account the need for the construction of nonlinear trends of the market parameters.

As the classic version of the BEA, but with an approach more relevant to real market phenomena, the RE-BEA model is classified among the *financial* analysis techniques, since the algorithm considers only quantitative monetary variables and provides an evaluation of the investment from the point of view of the private operator, and allows to identify, under different scenarios of selling prices and construction

costs, the gross floor area quantity to be realized in correspondence of which the financial balance of the transformation is ensured; moreover, the RE-BEA model can identify a further monetary burden for the private subject – in favour the Public Administration -, if the market conditions allow it.

In order to highlight the potentialities of the proposed tool, the RE-BEA has been implemented to a case study, related to a hypothesis of redevelopment and functional reconversion of disused industrial sites located in a city in Southern Italy.

The structure of the paper is defined as follows: in Section 3 the topic of the industrial buildings issues in the urban areas is investigated and the need of carry out adequate urban regeneration projects is highlighted. In Section 4 the classic BEA technique fundamental aspects are recalled and the innovative assumptions of the RE-BEA model are defined. In Section 5 the model is applied to a case study related to different former industrial complexes located in a city of Southern Italy: the current state of the areas and the new surfaces planned are described and the main items of the summary balance of the transformation interventions for the private investor are outlined. Furthermore, a comparison between the application of the classic BEA and the RE-BEA model is carried out, in order to point out the strengths of the proposed evaluation tool. In Section 6 the results of the work are discussed, and the conclusions are presented.

3. REFERENCE LITERATURE

Once abandoned, the industrial areas constitute often problematic urban voids, due to safety issues, social and environmental degradation. The investments related to their requalification and functional reconversion aim at transforming a critical topic into a strength, returning new “spaces of value” to the territory, in accordance to the needs of communities. In this sense, the former industrial sites evolution – from the realization to the final disposal – is strongly linked to the territory history that crosses the business and economic development and the variations in communities demand, in production modalities and locations (<https://www.infobuild.it/>).

During the recent decades, especially in the most advanced countries located in Western Europe and the United States, due to changes in the production industrial processes, a gradual abandonment of primary industrial activities, in favour of more technological and innovative production ones, has occurred. This phenomenon has determined the disuse of numerous industrial complexes, often characterized by large sizes, generally located in central or in newly extended city portions, for which the original functions have no longer suitable, according to the modifications detected. The need to activate recovery plans aimed at

the functional reuse of these spaces generally in a state of total abandonment and degradation is increasing, due to the economic and social effects deriving from the requalification project, in line with the 17 sustainable urban development goals included in the 2030 Agenda signed in 2015 by the governments of the 193 Member Countries of the United Nations, and approved by the UN General Assembly. In particular, the strategic goals consider the three components (social, environmental and economic) of sustainability and, with a view to an integrated approach and the definition of concrete measures, aim at the development of safe, inclusive and resilient cities and communities.

The regeneration of obsolete industrial sites plays an important role in the economic growth of a city, that starts from the understanding of the local dynamics and it intends to meet the population needs, by i) restoring the contaminated land, ii) introducing new intended uses and aggregation spaces and iii) limiting the soil consumption through external and green spaces realization.

The urban regeneration operations – especially large-scale ones – are usually characterized by decision-making processes carried out by different subjects, with multiple conflictual goals and interests that, theoretically, act by following a shared strategy. In the reference existing literature, the multi-criteria analysis have been often implemented in order to support the Public Administrations and investors choices, by pointing out the best compromise solution according to the goals, the decision alternatives and the criteria and the relative weights. In this regard, with reference to the disused industrial site of Kwun Tong area located in Hong Kong, Bottero et al. (2019) have implemented a mixed methods research approach – Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments (NAIADE) method and Multi-Attribute Value Theory (MAVT), in order to attest the prominent role assumed by the evaluation in the design processes for the identification of sustainable and convenient project solutions.

With reference to the Spanish context, Clkaver et al. (2015) have proposed a global methodology for the study of the industrial heritage, starting from the identification, selection and classification of each asset typology to their possible future uses analysis.

The topic related to the former industrial sites' redevelopment has been widely discussed by several Authors (Tiesdell, 2008; Paull, 2008, Greenberg e Lewis, 2000; Lehigh et al., 2020; Hammond et al., 2021), with the aim to define and test methodologies for the analysis of the different alternatives and for an effective planning of the transformation interventions to be started.

In the research of Zhang et al. (2021), the Authors have pointed out the significance of the industrial property asset in Belgium intended as a resource and an integral part of collective identity, by promoting its preservation

as a 'vital' vector for the historical identity.

The recognition of potential of the industrial buildings for which the re-use from the economic, cultural, social and architectural points of view is advisable constitutes the starting point of all studies aimed at investigating the benefits associated with these initiatives (Loures, 2015).

Liu et al. (2018) have developed an evaluation system of the industrial assets value by using the Analytic Hierarchy Process (AHP) and fuzzy sets for translating comments from experts and have applied it to 16 industrial heritage sites of Shanghai city.

Sun and Chen (2021) have dealt with the urban industrial complexes renewal in the city of Shanghai, designated by the municipal government as "creative industry clusters," as an opportunity for the post-industrial urban development, by analysing the complex relationship between the renovation of these sites and the effects of the urban regeneration in surrounding areas.

By considering the Kings Waterfront in Liverpool and Rheinauhafen in Cologne regeneration interventions, Maliene et al. (2021) have tried to compare different brownfields renovation practices and have shown that, if they are correctly exploited, these sites can provide a catalyst for economic growth of the urban areas.

Vardopoulos (2019) has applied a Fuzzy-Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) model for the identification of the critical sustainable development factors in the adaptive reuse of urban industrial buildings, in order to study the interrelationships among the selected factors and to highlight the effects that the adaptive reuse could trigger off in terms of economic development activities, social regeneration, ecological efficiency and cultural heritage preservation.

The regeneration of abandoned industrial buildings, defined as an important aspect of global sustainable urbanization, represents the main issue on which the researches developed several Authors have been focused (Alihodži Jašarovi et al., 2021; Zhang et al., 2020; Zhang et al., 2021; Orderud et al., 2020; Wang, 2020).

With reference to the cities of Guangzhou and Shenzhen (China), the topic related to the derelict industrial sites' regeneration has been explored by Altrock and Ma (2014), with the purpose to understand the existing redevelopment politics functioning and the renovation strategies effectiveness in adaptive reuse.

The same geographical context has been selected for the researches carried out by Lai and Zhang (2016) aimed at defining an analytical framework of the urban village redevelopment practices pursued in Shenzhen, by investigating the determinants of urban village redevelopment with a particular focus on the industrial sites.

In order to identify the critical aspects that accelerate the process of urban regeneration and, particularly, the

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

social sustainability in Kaohsiung (Taiwan), Chan et al. (2019) have investigated two industrial areas redevelopment projects, by attesting that the rental affordability, the heritage conservation level, the community association, the public space, the local organization and a higher accessibility to facilities are the most influencing variables on the social sustainability performance.

In general terms, the effectiveness of industrial sites renewal plans has been very often studied in several researches (He et al., 2019; Franco e Macdonald, 2018; Wang, 2019), through the assessment of the external effects of redeveloped industrial heritage on housing prices “before” and “after” their requalification, for example by using a *difference-in-difference* statistical model, with reference to thirty-six industrial sites in the Netherlands (Van Duijn et al., 2016), or by means of the hedonic pricing model in the Hong Kong context, by evaluating the impacts of two case studies related to the adaptive reuse heritage on neighbouring property prices (Kee e Chau, 2020). A similar research has been developed by Woo and Lee (2016) with reference to the territory of the Cuyahoga County, Ohio.

De Vor e De Groot (2011) have studied the influence of (derelict) industrial sites on surrounding property values, by taking into account data on residential properties sold in the Randstad region and in the Province of North-Brabant (both located in the Netherlands) in the year 2005.

The relevance of the former industrial sites' redevelopment issue, attested by the consistent number of scientific contributions in the reference literature, is associated with the need to define targeted strategic intervention measures.

Specifically, the large number of former industrial buildings in the urban areas has led the Public Administrations to start redevelopment interventions aimed at i) revitalizing city portion – maybe even located in central urban areas -, ii) functionally converting disused and abandoned buildings – often illegal actions receptacle, iii) introducing new functions – according to the community needs.

In order to promote the requalification of areas affected by the industrial crisis, numerous public policies and strategies implemented by governments have been carried out with the aim of encouraging recovery initiatives. Among these, the definition of public registers of contaminated soils and the obligation for the parties involved to carry out exploratory soil analyses, associated to the incentive to establish procedures of partnerships between public entities and private partners, represent some measures developed by public entities.

Within the provisions and/or tools aimed at improving existing assets, i) specific volumetric bonuses (so-called «House Plan») defined at regional level in the Italian context for the former industrial buildings, through

which the reconversion of all the existing volumes into residential units, offices and neighbourhood services is allowed, and ii) tax benefits and fiscal deductions aimed at financing the removal, remediation and disposal of asbestos in abandoned industrial sites, have been included.

The remediation activities of polluted areas have been regulated for the first time by the Law n.441 of 29 October 1987, by which the Regions have been required to draw up Regional Remediation Plans in order to have an overall and exhaustive framework of the existing polluted sites.

In general terms, the regeneration procedures require long time for the evaluation and approval of the remediation plans. The Italian legislative framework is strongly articulated, so much that in the implementation phase the procedure is significantly cumbersome and, therefore, not very sustainable compared to the urgency of redevelopment of the areas affected by contamination phenomena.

Recently, the Law Decree No. 76/2020 (so-called «Simplifications decree») has introduced into the Environmental Code (Legislative Decree n.152/2006) specific provisions that significantly affect the remediation procedures. The Law Decree n. 77/2021 (so-called «Simplifications decree bis») has continued with the simplification process, by introducing further specific changes also in light of the NRRP: in particular, art. 37 concerns the reconversion of the industrial sites and contains simplification measures aimed to speed up the reclamation procedures of sites of national interest that can be used for the realization of the projects identified in the NRRP. The decree of 9 December 2021 of the Ministry of Economic Development allocates a fund equal to 3,015,000 for the realization of productive functional reconversion initiatives.

In this sense, the Ministry intends to promote the implementation of policies and programs for the reindustrialisation of the areas through the stipulation of specific Program Agreements for the adoption of the IRRP – Industrial Reconversion and Redevelopment Projects, developed by National Agency for Inward Investment and Economic Development S.p.A. (Invitalia).

4. THE MODEL

4.1 The hypothesis of the classic version of the BEA

In general terms, the BEA technique constitutes an assessment tool to support the decisions of private and public parties involved in territorial transformation interventions, aimed at reducing the critical issues of the initiative and at anticipating unforeseen circumstances, by allowing both subjects to define and carry out conscious and adequate choices.

The BEA represents a phase of the wider technique of

the Cost Volume Profit Analysis (CVPA), a tool implemented within the business planning for the validations of short-medium term entrepreneurial decisions, starting from the essential notions of business micro-economics theory. In particular, the BEA constitutes the first step of CVPA and it is mainly developed to assess the effects of technical, economic and organizational managerial dynamics on the investment financial convenience, in order to calibrate the strategies to mitigate any changes caused by market context variations. The BEA is especially implemented for i) the rapid verification of the financial feasibility of an investment to be activated or of the design aspects to be updated/adjusted *in itinere*, ii) the intervention dimensioning, given the investment costs, the expected revenues and the market conditions (Coscia, 2001); iii) the comparison between different technical projects alternatives; iv) the definition of strategies able to counteract the socio-economic changes, due to legislative, political and market modifications (Morano, 2007; Kee, 2001; Lulaj e Iseni, 2018; Abdurofi, 2021).

In theoretical terms, given the main technical and financial principles of the intervention, the BEA is aimed at defining the product quantity to be built and sold able to ensure the balance sheet of the initiative, under different prices and costs scenarios (Pollack, 1995).

Therefore, the BEA allows to study the effect of the financial structure of project total costs on the initiative success, analysing the relationships between the technical-financial variables that mostly impact on the operation, thanks to the identification of simple and flexible mathematical analytic correlations and their graphical representation. The links between the variables included in the analysis (fixed costs, variables ones, quantities to be produced and sold, selling prices, financial outputs in terms of total profit for the private investor) define the logic-operative structure of the BEA, by introducing simplifying hypotheses that streamline the implementation procedure with reference to the essential aspects of the intervention (Ara, 2020; Rizki e Sukoco, 2019).

In order to appropriately clarify the logic of the classic BEA model, the main assumptions are reported: i) the urban transformation intervention total costs can be always organized in *fixed* components and *variable* components; ii) the transformation operation costs and revenues occur at the same instant – the analysis is static as it does not consider the «time» variable; iii) the significance of the results obtained is maximum in the “relevant” range of the quantity of product to be built in the time horizon considered; iv) all the data that contribute to define the reference framework of the valuation are known and will not be changed, v) the variable cost (Cv) curve and, therefore, the total costs one ($C_t = C_f + C_v$, with C_f equal to the fixed costs) are linear – the unit variable cost (C_{vu}) is constant, $C_v = C_{vu} \cdot q$ (with q equal to the quantity of built and

sold GFA, vi) the total revenues (Rt) curve is linear and the unit selling price (p_u) is constant (Eq. 1).

$$R_t = p_u \cdot q \quad (1)$$

With reference to the assumption v), the graph A in Figure 1 shows the trends of variable costs and total costs, reported as two half-lines, respectively, the first (variable costs) starting from the Cartesian axes origin and the second one (total costs) moved upward compared to the first of the fixed costs quantity. The two half-lines inclination is the unit variable cost, i.e. the slope of the two parallel half-lines. The half-line of total costs is characterized by an intercept (vertical segment starting from the origin of the Cartesian axes included on the y-axis) equal to the fixed costs amount.

For the hypothesis vi), according to which the total revenues exclusively depend on the quantity to be produced and sold, in the graph B of Figure 1 the total revenues half-line that starts from the origin of the Cartesian axes and is characterized by an inclination equal to the unit selling price (p_u), is shown.

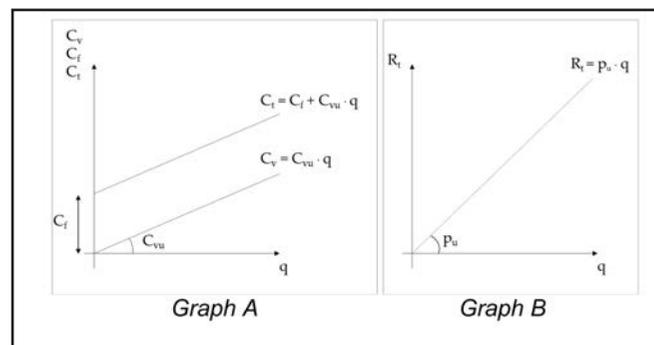


Figure 1 - The total costs (graph A) and the total revenues

4.2 The RE-BEA model

4.2.1 Hypothesis of the model

In the reference literature, different researches aim to highlight the limitations of the classic version of the BEA. For example, Muhammad et al. (2007) have identified the main practical critical issues of the BEA theory, by including the nonlinearity of sales revenues and total costs, i.e. a hypothesis ordinarily considered in the BEA standard implementation. Thuesen et al. (1994) have solved a case of nonlinear analysis of the break-even point and Martinovic (2019) has explained the advantages and weaknesses of the traditional BEA model (linear) and of the nonlinear one, emphasizing the importance of the assumptions for a correct application of both models.

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

In the present research the RE-BEA model intends to provide a tool for the assessment of the transformation interventions, by borrowing the operative logic of the BEA (Morano e Tajani, 2013; 2017; Hussey, 1989), but introducing hypotheses more consistent with the real empirical phenomena in specific and widespread conditions. In particular, in the situations in which a market supply higher than the demand is detected, the assumptions of the classic application of the BEA related to the invariance of unit selling prices and the unit variable costs are not verified. These contingencies can occur in small urban centers, in which the number of residential units requested by the local market is approximately equal to that available for sale, or as in the cases of new planning interventions, that envisages abundant construction of new buildings and/or the possibility of re-functionalizing existing complexes in disuse, characterized by significant consistency.

In the cases recalled, both the unit variable cost and the unit selling price are not constant for each built gross floor area: discount mechanisms may be introduced that are associated to the unit variable cost reduction by growing the realized area and, at the same time, to the unit selling price (that represents the unit revenue) decrease in correspondence of the amount of GFA increase (therefore, decreasing marginal prices and costs).

Therefore, the classic assumptions of BEA do not take into account any *scale economies* phenomena that describe the inverse relationships between the variable costs lowering and the good quantity increase, as well as they ignore the negative correlation between the unit selling price and the greater quantity of GFA to be built. In general terms, the scale economies represent a significant issue to be appropriately examined by the investor in the preliminary phase.

The financial scale economies occur when the company is able to influence the negotiations related to the final price formation, payment and credit conditions. In these situations, the entrepreneur can purchase goods and services (q_1 and q_2) necessary for carrying out the intervention at a lower cost $C(Q)$ compared to those that could be paid by buying the single production factors quantities $C(q_1)$ and $C(q_2)$, as expressed in the algebraic expression Eq. (2).

$$C(Q) < C(q_1) + C(q_2) \quad (2)$$

with $Q = q_1 + q_2$

Therefore, in the situations in which the new GFA realized (supply) overcomes the already requested one (demand), the unit selling price invariance (i.e. as it is assumed in the classic BEA) does not determine a valid and consistent starting scenario. Similarly, the variable construction costs are connected to the produced

quantity (q) of GFA, and their nonlinearity concerns both the costs organization over time and space (e.g. simultaneity of several construction sites in the reference territorial context) and the discount dynamics that are established between the building initiative developer and the raw material supplier.

In these contexts, the assumptions of the unit selling price invariability – which determines the linearity of the total revenues curve – and the unit variable cost – which defines the linear and increasing total costs curve – compared to the GFA quantity to be realized do not correspond to the observable real market phenomena.

In the RE-BEA model, therefore, the hypotheses related to the total costs and total revenues linearity are omitted, by introducing hypothesis more relevant to the real trends of the revenues and the costs.

In particular, the graph A in Figure 2, that describes the nonlinear function of the total utility curve, represents the real trend of the total revenues, according to which the unit selling price is inversely correlated to the quantities of built GFA, i.e. the increase in quantities is connected to a decrease in the unit selling price.

The graph B in Figure 2, instead, shows the trends of the fixed costs (that does not vary compared to the classic BEA version) and “real” one of the variable and total costs: while the fixed costs do not depend on the quantity to be produced, the variable and the total costs are characterized by a double trends (firstly with a decreasing derivative, then with an increasing derivative).

This evolution of the variable costs – and consequently of the total costs – is correlated i) for the nonlinear trend, to *scale economies* phenomena, for which the unit variable cost decreases in correspondence of an increase of the quantity to be produced, ii) for the exponential trend, to *congestion* phenomena of production, for which an excessive quantity compared to the current production capacity of the company determines an endogenous overflow of the activities and, unless structural changes of the reference system, an increase in the unit variable cost.

In particular, in the real estate investments sector, the graph portion of the unit cost with increasing derivative (blue line with the exponential trend in the graph B in Figure 2) does not reflect what empirically happens, as in a competitive market the subjects involved in the GFA production processes – building initiative developer and raw material suppliers – are not able to trigger “price strategies” that can determine an increase in the unit cost: in these situations, for example, if the supplier decides to increase the unit price of the floors and, therefore, the real estate entrepreneur should incur higher production costs, the latter would choose to buy the materials from another seller.

In the model developed, therefore, only the inverse relationship between the variable unit cost C_{v_u} and the

quantity of GFA q (red line of graph B in Figure 2) is considered, according to which a greater quantity of surface realized corresponds to lower unit costs of production.

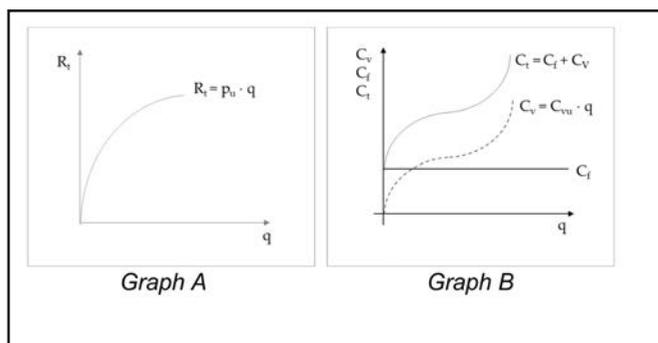


Figure 2 - The total revenues (graph A) and the total costs

4.2.2 Algorithm of the model

The present research focuses on the redevelopment of industrial buildings in disuse, by assuming that the new surfaces to be introduced are significant and the reference market is capable of absorbing them.

As mentioned, the RE-BEA evaluation model constitutes an innovative interpretation of the BEA classic version. In general terms, the implementation of the model allows to determine the GFA to be built and to be sold able to ensure the minimum convenience of the investment for the private subject, through the identification of the break-even surface quantity, for which the total revenues and the total costs are equal, the extra-profit is equal to zero and the "normal" profit expected by the private promoter of the initiative is guaranteed.

The model recalls the expression for the determination of the break-even GFA quantity (q) in the BEA, that is the Eq. (3):

$$q = \frac{C_f}{p_u - C_{v_u}} \quad (3)$$

q is the quantity of GFA [m^2];

C_f represents the fixed costs [];

p_u is the unit selling price for unitary GFA [$/m^2$];

C_{v_u} represents the investment unit variable cost [$/m^2$].

By multiplying the two terms of Eq. (3) by $(p_u - C_{v_u})$, Eq. (4) is obtained:

$$p_u \cdot q = C_f + C_{v_u} \cdot q \quad (4)$$

The mathematical equation in Eq. (4) expresses the equality between R_t and C_t , as $R_t = p_u \cdot q$ and

$$C_t = C_f + C_{v_u} \cdot q.$$

In the proposed model p_u and C_{v_u} do not constitute two constant terms: it is necessary to build their «real» and nonlinear trends.

In particular, the definition of this trend needs of the two new variables introduction, namely i) r = rate of variation, which expresses the volatility of the reference market to changes in real estate supply/demand, ii) q_l = quantity of limit GFA, that is the surface capable of satisfying the current demand for new real estate units, beyond which a surplus of supply is triggered that can be absorbed by the local market at unit selling prices lower than the current market values for similar real estate units.

By indicating with $\overline{p_u}$ the unit market value of the new properties to be built by considering the current supply conditions (thus before the introduction of new surfaces) and with $\Delta q = \frac{q - q_l}{q_l}$ the differential between the GFA quantity generated by the investment and that able to generate the saturation of the current market demand, the nonlinear function of the unit selling price is expressed in Eq. (5):

$$p_u = \frac{\overline{p_u}}{(1+r)^{\Delta q}} \quad (5)$$

As regards the unit variable cost (C_{v_u}), there are different expenses that must be considered and that can be classified as follows:

- the expense item independent of the unit selling price (i.e. construction costs, technical costs, general expenses, urbanization costs, financial costs), indicated with C'_{v_u} ;
- the expense item that depends on the selling price, that is the unit profit expected by the ordinary developer carrying out the intervention, set equal to $a \cdot p_u = a \cdot \frac{\overline{p_u}}{(1+r)^{\Delta q}}$, with a defined as the expected normal profit margin, in percentage terms, on the unit selling price.

Therefore, the unit variable cost can be expressed through the Eq. (6):

$$(C'_{v_u} + a \cdot \frac{\overline{p_u}}{(1+r)^{\Delta q}}) = C_{v_u} \quad (6)$$

By including (5) and (6) into (4) the final balance sheet of the initiative is reported in Eq. (7):

$$\frac{\overline{p_u}}{(1+r)^{\Delta q}} \cdot q = C_f + (C'_{v_u} + a \cdot \frac{\overline{p_u}}{(1+r)^{\Delta q}}) \cdot q \quad (7)$$

In brief, the parameters of the RE-BEA evaluation model are:

– the unit market value of the units to be built

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

$(\overline{p_u})$, assessed with reference to current market conditions;

- the quantity of limit GFA (q_l), obtained from a local market analysis, taking into account the forecasts of the current urban planning tools, the relationship between demographic trend and existing real estate stock, etc.;
- the fixed costs (C_f) of the investment and the unit variable cost (Cv'_u) correlated to the expense items independent of the unit selling price;
- the rate of variation (r), estimated by considering the mean of the revaluation/devaluation rates of the half-yearly quotations published by the Real Estate Market Observatory (OMI) of the Revenue Agency for the city, the trade urban area, and the intended use analyzed (Tajani and Morano, 2018). This rate reflects the temporal volatility of the reference market, and allows to take into account, in the construction of the trend of the unit price as the quantity of GFA varies, the riskiness of the investment connected to the absorption market capacity of the new built surfaces;
- the normal profit margin (a) expected by the investor, evaluated in percentage terms on the unit revenues.

Once these parameters have been assessed, through an iterative calculation, the amount of break-even GFA (q) can be determined.

As the BEA classic version, the RE-BEA model has a high performance for the identification of win-win solutions to be implemented in public-private partnership operations, where, in response to a specific request carried out by the Public Administration – included in the value of fixed costs – it could happen that the market conditions do not allow in any case to satisfy this amount by the private investor: in this sense, the model returns a Pareto frontier – for different values, for example, of the q_l or the normal profit margin a expected by the entrepreneur – of the optimal combinations of surfaces to be built (q) and of the maximum request that can be made to the private by the Public Administration (Cf_{max}).

5. CASE STUDY

The RE-BEA model has been implemented to a case study consisting of six former industrial sites located in a city in Southern Italy, for which the requalification and functional reconversion is envisaged by the current urban planning tool.

In Figure 3 the degraded state of the areas analysed is shown and in the Figure 4 the localization of the different industrial areas selected is reported.

It should be highlighted that the six compendiums are located in the urbanized context and, currently, consist of abandoned buildings with the relative appurtenant areas.

According to the local planning regulations, the functional reconversion of existing factories is feasible in the selected

areas, also through demolition and reconstruction, by realizing residential uses and public spaces respectively for 70% and 30% of the total land area.



Figure 3 - Case study.

It is assumed that the redevelopment initiative of the six compendiums is carried out by a private investor, after having verified the financial feasibility of the investment, by using the RE-BEA evaluation model.



Figure 4 - Location of the industrial areas in disuse selected

5.1 Application of the RE-BEA model and comparison of the outputs obtained with the classic version of the BEA

Table 1 reports the main data hypothesized for the case study, relating to the six abandoned areas, characterized by a total surface area equal to 86,000 m², for which the change of intended use to residential one, for a total GFA of 60,000 m², is allowed.

The unit selling price of the residential units (\overline{p}_u) has been obtained from the databases of the OMI of the Revenue Agency, validated and possibly adjusted through a direct survey of local market operators.

With reference to the limit GFA quantity (ql), an analysis of the reference market has been carried out, in order to verify the maximum quantity of admissible surface according to the prescriptions provided for by the urban planning tools in force and the ratio between the number of existing buildings (current supply) and the demographic trends (current and forecast demand).

The unit variable cost (Cv'_u) has been assessed by considering the expenses related to the quantities of built and sold GFA, as, in their total monetary amount, they change proportionally to the quantity variation.

The fixed costs of the intervention (Cf), related to the urbanization charges and the reclamation costs, have been determined by analyzing the expenses related to the GFA quantities to be built and sold, characterized by a constant monetary amount.

The normal profit margin (a) expected by the entrepreneur involved in the transformation initiative has been calculated in percentage terms on the unit revenues, by considering the average profit rate that, in the reference market, an investor ordinarily aims to earn, due to the overall technical and financial risk of the investment.

In fact, it should be pointed out that the participation of an investor in an initiative presupposes the convenience for this subject to take part to it, by assuming the risks deriving from the possibility of goods technical imperfections (technical risk), those connected with the non-sale of the goods following a change in the demanded quantity (market risk) and the risks related to the opportunity cost of the capital involved in the operation (financial risk).

The rate of variation (r) has been evaluated by taking into account the mean of the revaluation/devaluation rates of the half-yearly quotations published by the OMI of the Revenue Agency for the city and trade urban area and the intended use analyzed (Tajani and Morano, 2018), by considering the period from I semester 2006 to II semester 2021.

Starting from the values assumed for the parameters, the analysis of the different trend of the total revenues curve in the BEA and RE-BEA is carried out, by taking into account the invariance of the p_u in the first (linear)

Table 1 - Parameter values for the application of the RE-BEA model

\overline{p}_u	2,500 /m ²
ql	20,000 m ²
Cv'_u	1,550 /m ²
Cf	10,000.000
a	20%
r	0.18

model and the decreasing trend of p_u in the second (nonlinear). From the graph in Figure 5 it should be observed that the nonlinear curve, in the first part placed above the linear one, in correspondence with the quantity of GFA equal to 20,000 m², intersects the linear revenues curve and, beyond this quantity, the total revenues decrease, becoming lower than the revenues in the linear model.

The graph in Figure 6 shows the trend of total costs in the BEA and RE-BEA models and attests a substantial correspondence between the two curves, since the difference detected between the total costs in the classic model of the BEA and those in the RE-BEA model is limited. Similarly to the total revenues, also for the total costs up to the quantity of GFA equal to 20,000 m² in the BEA model, lower total revenues values are observed than those of the RE-BEA model and, beyond this quantity, a variation in the trend occurs with linear revenues which, continuing to grow, exceed the nonlinear values.

It should be pointed out that the total costs curves in both models do not intersect the Cartesian axes origin, by considering the total costs as the sum of fixed costs and variable costs and, therefore, in the situation in which there is no quantity built and sold ($q = 0$), including in the total costs the only share of the costs independent of the built quantity (Cf).

Furthermore, in the graphs reported in Figures 5 and 6 the total revenues and total costs curves show a trend with decreasing first derivative, consistent, in the first case (total revenues curve), with the law of decreasing marginal utilities, in the second one (total costs curve), with the mechanisms of scale economies triggered by a greater quantity of product (i.e. of GFA).

Figures 7 and 8 show the trend of total revenues and costs in the BEA model (graph in Figure 7) and that of total revenues and costs in the RE-BEA model (graph in Figure 8), in order to i) in Figure 7, identify the break-even point (q^*) able to ensure the condition of minimum financial convenience for the investor by

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

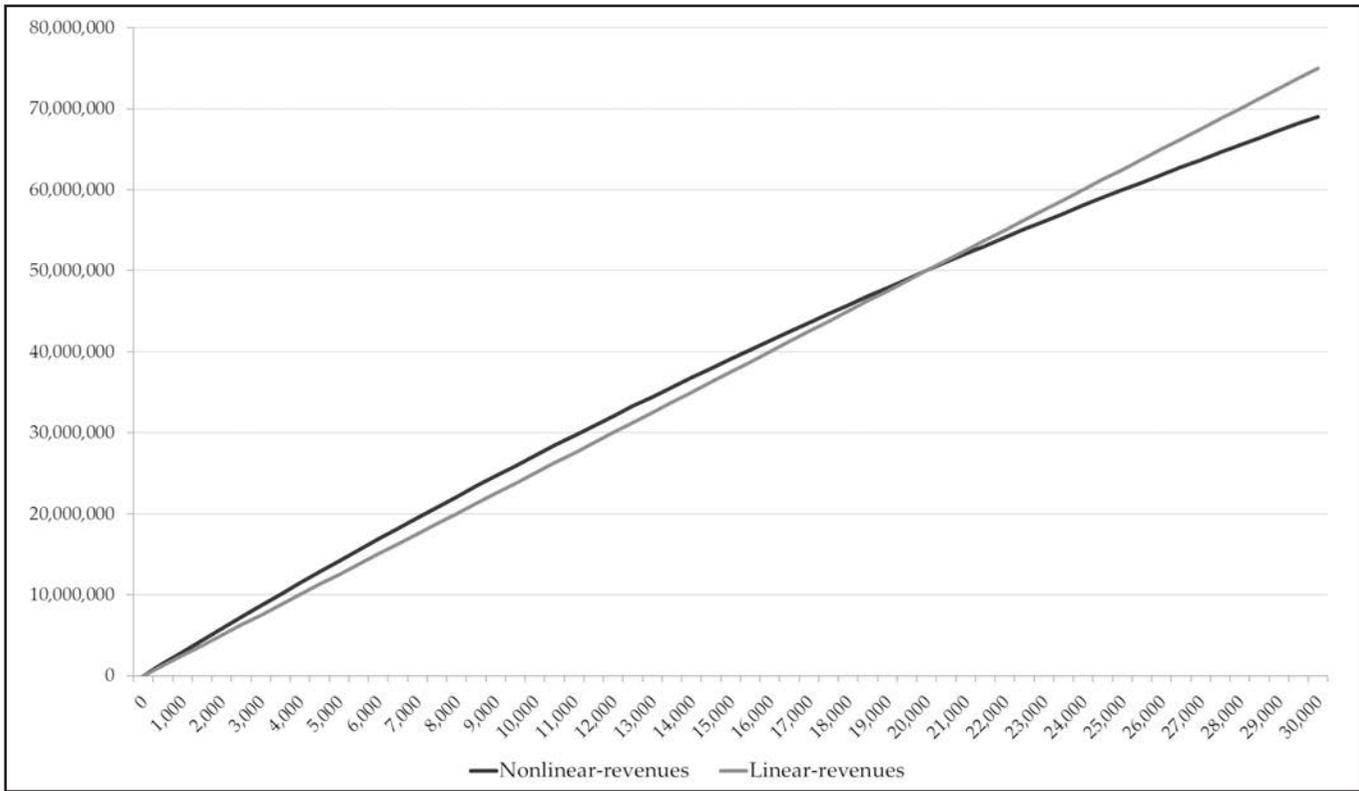


Figure 5 - Trend of total revenues in the RE-BEA model (red curve) and in the BEA model (green line).

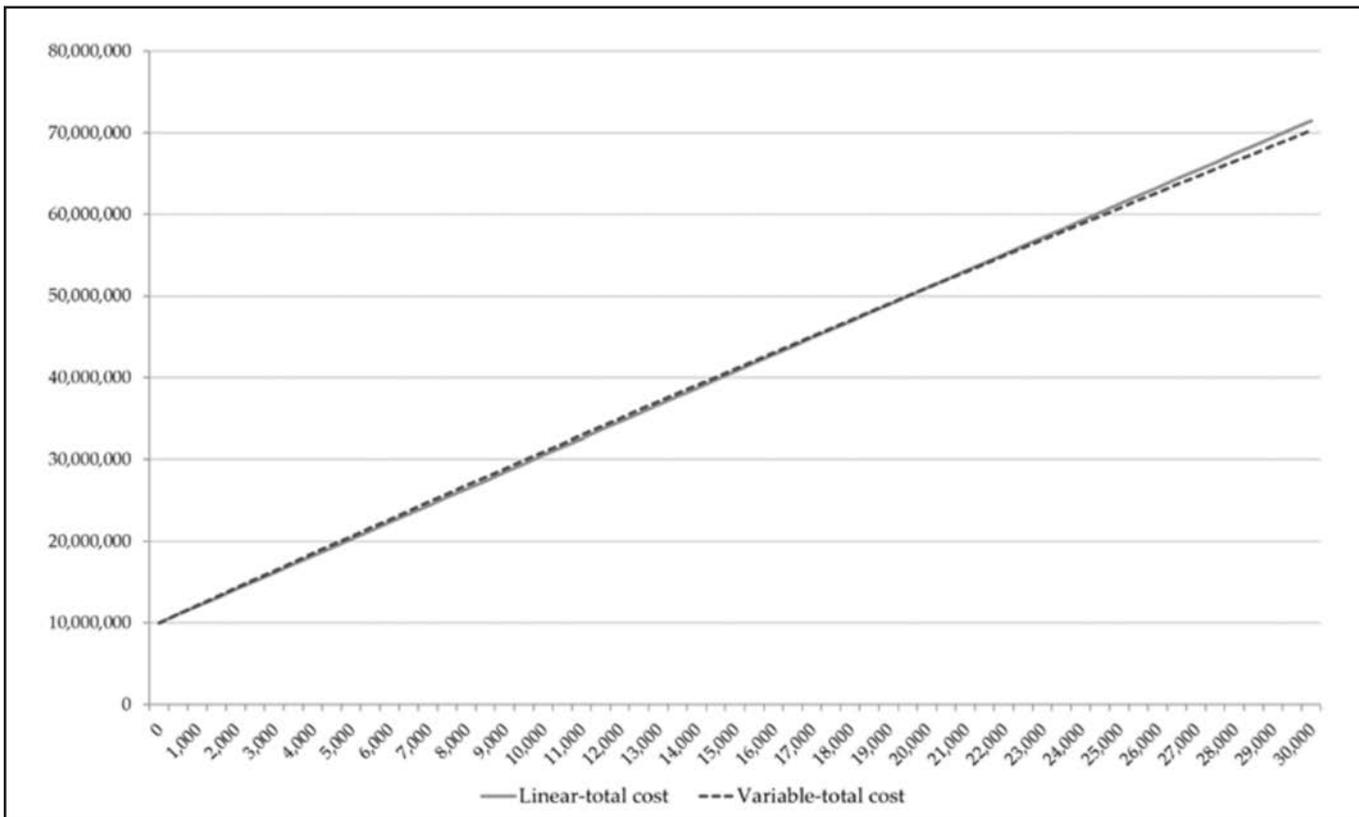


Figure 6 - Trend of total costs in the RE-BEA model (blue dotted curve) and in the BEA model (orange line).

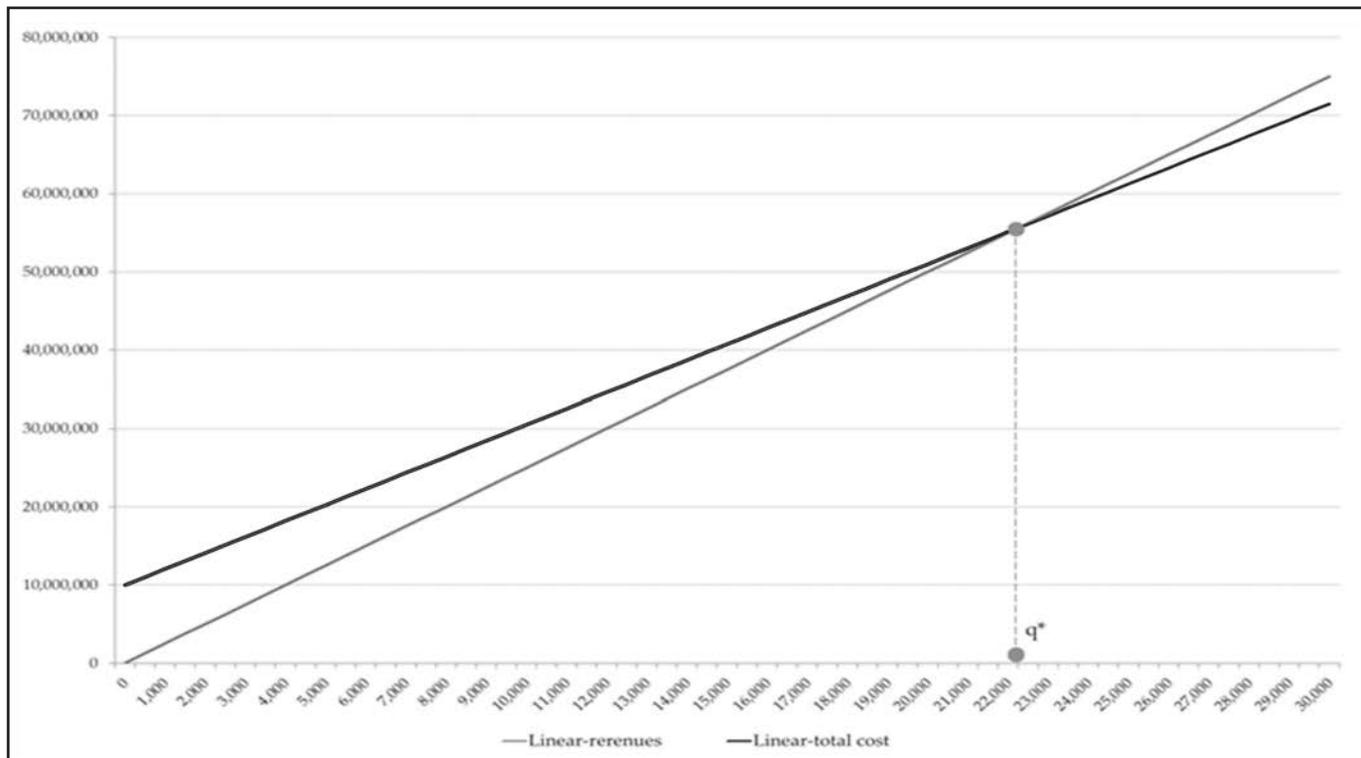


Figure 7 - Trend of total revenues (green line) and total costs (orange line) and break-even point identification in the BEA model.

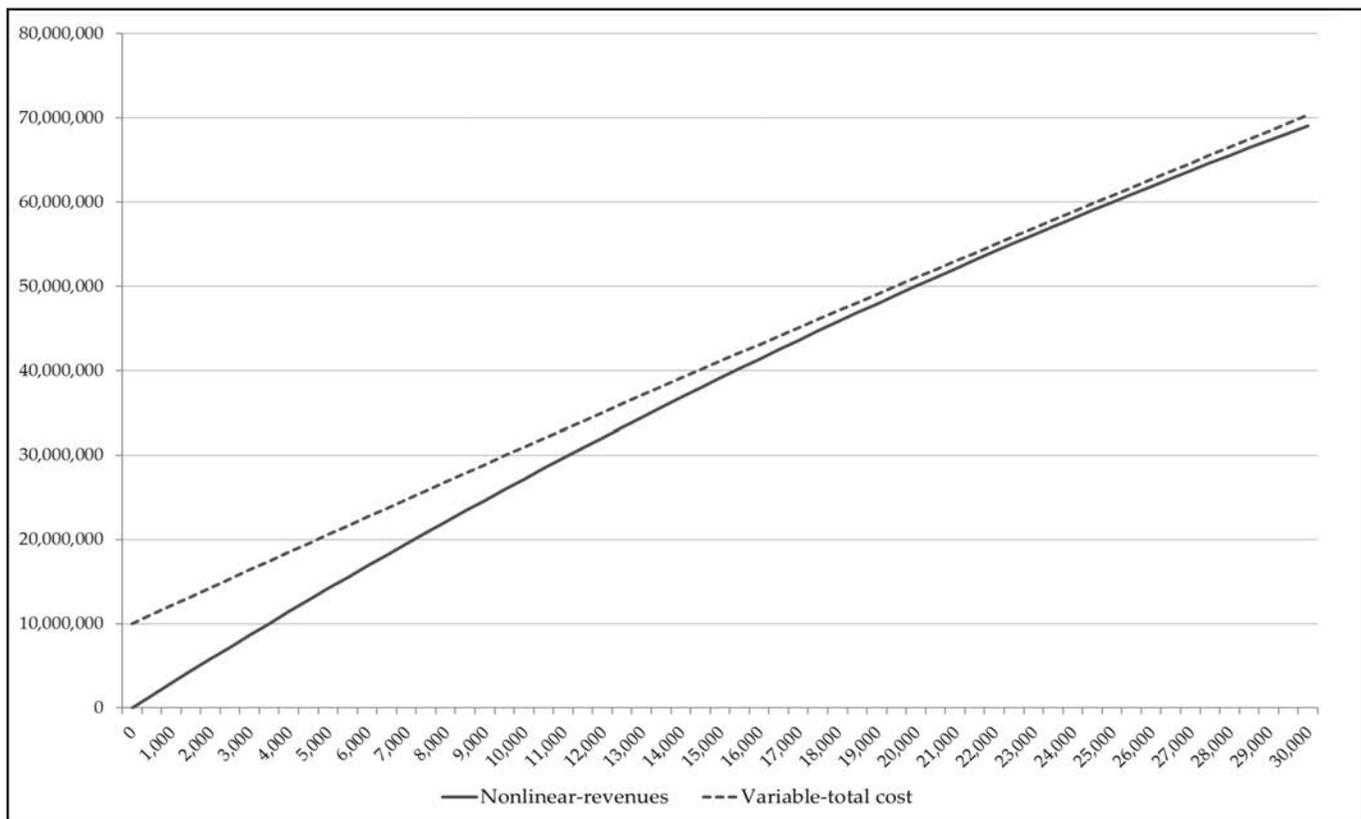


Figure 8 - Trend of total revenues (red curve) and total costs (blue dotted curve) in the RE-BEA model.

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

assuming the basic assumptions of the BEA classic version and ii) in Figure 8, verify the existence of a break-even point and, possibly, to determine the GFA at which the total revenues are equal to the total costs.

Interesting considerations arise from the analysis of the trend of the built curves.

First of all, it should be highlighted that, while in the BEA model a break-even point (q^*) is identified, equal to an GFA of approximately 22,200 m^2 , in the RE-BEA model the revenues curve never manages to intersect the costs one: therefore, due to the market conditions considered for the present application, it is necessary to reformulate some parameters to determine the quantity capable of ensuring the condition of minimum financial convenience for the private investor. For example, it could be hypothesized to modify the fixed costs for the private investor, for which a monetary aid deriving from a partial public funding could be envisaged (also by reducing the urbanization costs planned for the project), especially in the situations in which the implementation of the initiative could determine significant social and environmental impacts in the reference context. In graphical terms, a translation of the total costs curve towards the x-axis should be assumed, in order to generate a tangency point (i.e. the amount of break-even GFA) with the total revenues curve.

In the analyzed situation, the RE-BEA model returns a break-even point, equal to 24,000 m^2 of GFA (higher than that returned by the BEA model), only by considering a maximum fixed cost amount equal to 9,237,072 (lower therefore than the budgeted one). Furthermore, the RE-BEA model provides another fundamental output: the assumed market conditions do not allow to absorb the new surfaces (24,000 m^2), exceeding the limit GFA quantity (q_l) equal to 20,000 m^2 , at a unit price of 2,500 $/m^2$ (unit market value estimated for the current level of demand, that is before the implementation of the interventions analyzed), but at a lower unit selling price, i.e. approximately 2,420 $/m^2$.

Table 2 shows the results obtained for different q_l values by developing a scenario analysis, in terms of the amount of break-even returned by the RE-BEA model ($q_{nonlinear}$) and Cf_{max} values.

It should be observed that in conditions of higher q limit quantity, the revenues curve intersects the costs curve, i.e. the Cf_{max} is always equal to 10,000,000; moreover, greater q limit quantity values correspond to a reduction in the break-even quantity and an increase in the unit selling price. For example, if the supply provided for by the municipal regulatory plan corresponds to the limit (60,000 m^2), i.e. the current demand, the initiative would already be convenient for a GFA of 13,860 m^2 , which can be sold at a unit selling price of approximately 2,840 $/m^2$, that is approximately 14% higher than the initially estimated market value.

The two graphs in Figure 9 and Figure 10 report i) the

trends of the break-even quantities for the linear (BEA) and nonlinear (RE-BEA) models as q_l varies, ii) the trends of $q_{nonlinear}$ and Cf_{max} as q_l varies.

Table 2 - Outputs obtained in correspondence of different q_l values

q_l [m^2]	$q_{nonlinear}$ [m^2]	p_u [$€/m^2$]	Cf_{max}
20,000	24,000	2,419	9,237,073
25,000	18,671	2,607	10,000,000
30,000	16,557	2,692	10,000,000
35,000	15,563	2,741	10,000,000
40,000	14,963	2,773	10,000,000
45,000	14,557	2,796	10,000,000
50,000	14,262	2,814	10,000,000
55,000	14,037	2,828	10,000,000
60,000	13,861	2,839	10,000,000

In the graph of Figure 9 the break-even GFA q both in the BEA, by determining the amount of GFA (q^*) and implementing Eq. (1) with p_u , Cf and Cv_u taken as constant values, and in the RE-BEA model, in which the break-even quantities have been obtained by applying the developed algorithm through an iterative calculation, are reported.

As expected, the trend of the amount of break-even for the BEA model does not change as q_l varies, being configured on the histogram graph as vertical bars equal to each other in height. In the RE-BEA model, instead, the trend of break-even quantities is decreasing, starting from the value equal to 24,000 m^2 in correspondence of $p_u = 2,418$ $/m^2$, of Cf_{max} equal to 9,237,072 and of $q_l = 20,000$ m^2 , to the value of 13,860 m^2 , considering q_l equal to 60,000 m^2 , $p_u = 2,839$ $/m^2$ and $Cf_{max} = 10,000,000$.

Another output of the RE-BEA model concerns the definition of a Pareto frontier of the optimal combinations of surfaces to be realized (the break-even GFA quantities), able to ensure the minimum initiative financial feasibility, and the corresponding maximum eligible amount of fixed costs (Cf_{max}).

The graph in Figure 10 shows the trends of $q_{nonlinear}$ and Cf_{max} as q_l varies, by assuming that for q limit equal to 20,000 m^2 , the break-even quantity q is equal to 24,000 m^2 which, however, as already said, can be built only for an amount of fixed costs equal to 9,237,072.

To comply with the assumed hypothesis of $Cf_{max} = 10,000,000$, the condition of minimum financial feasibility for the investor occurs in correspondence of GFA quantities progressively lower compared to

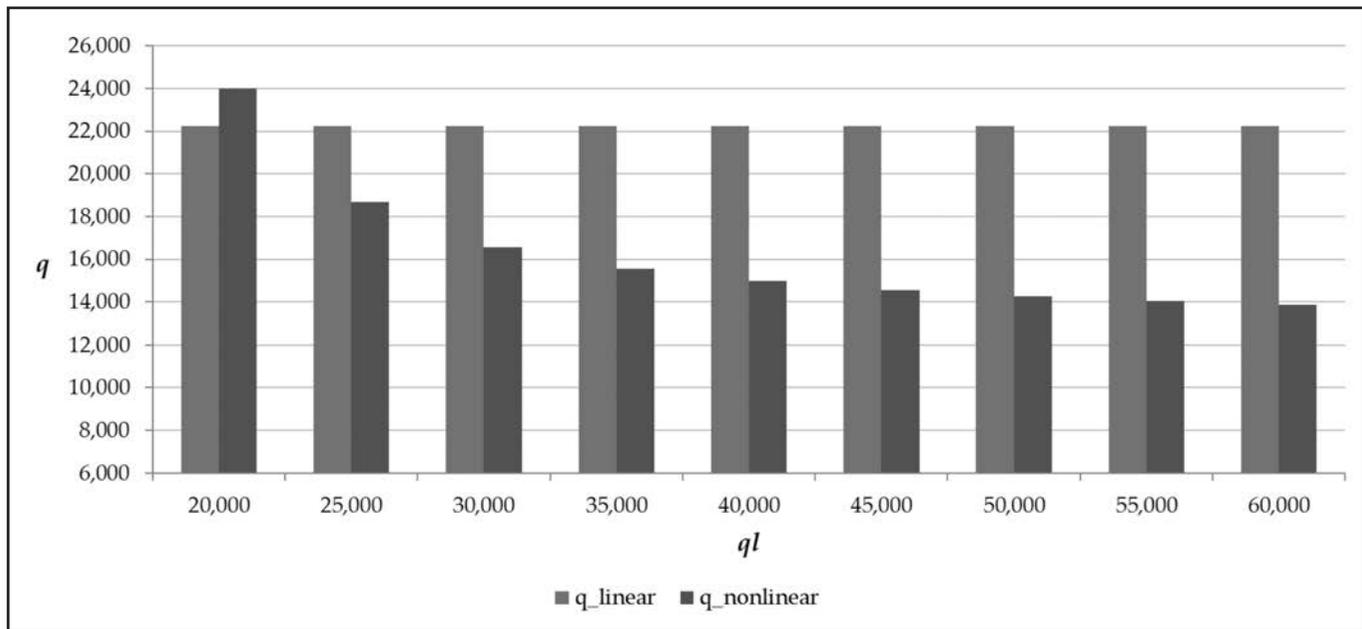


Figure 9 - Trend of break-even quantities for BEA and RE-BEA models by varying q_l .

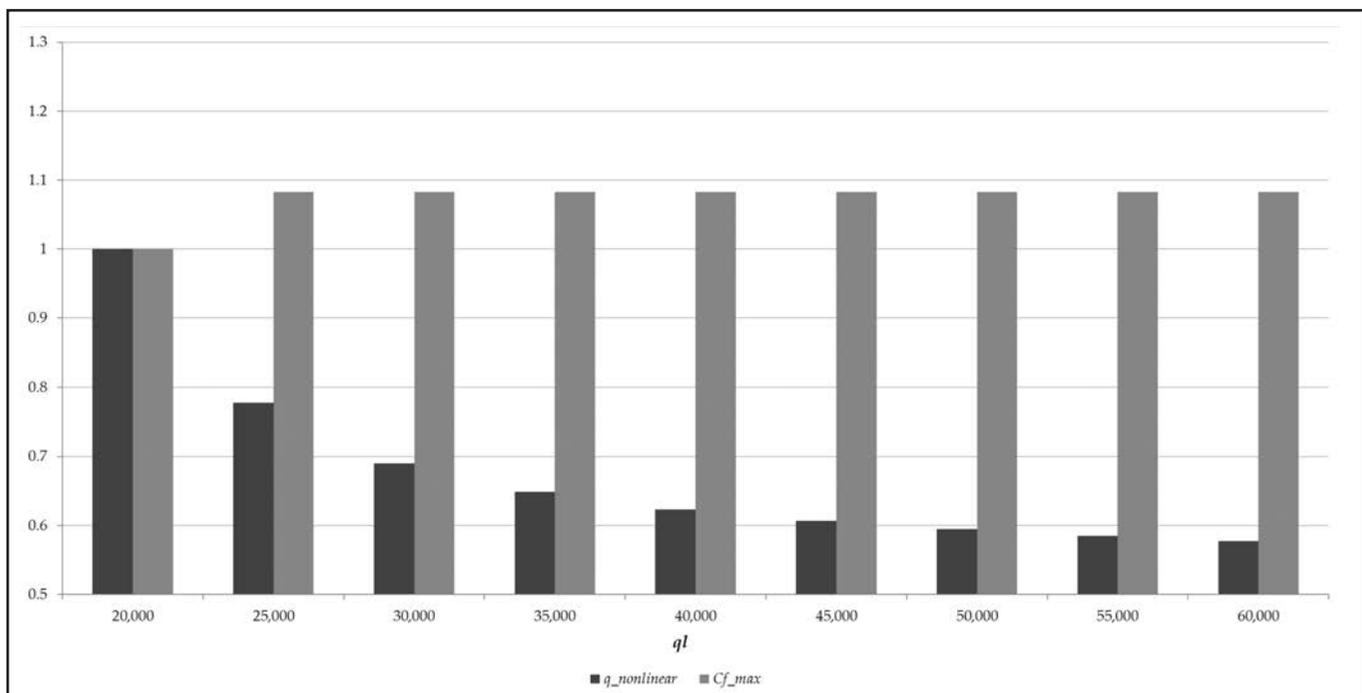


Figure 10 - Trends of normalized $q_{\text{nonlinear}}$ and Cf_{max} by varying q_l .

increasing q_l and, moreover, at a unit selling price higher than the market value initially estimate ($p_u = 2,500 / m^2$).

Table 3 shows, in correspondence of different normal profit margins a expected by the private investor, the different break-even GFA values obtained in the BEA and RE-BEA models, and the unit selling price and the

Cf_{max} related to the RE-BEA model.

In the graphs of Figure 11, by growing the expected profit a , the BEA model implementation determines increasing break-even quantities, whereas the RE-BEA model, by never obtaining a feasible solution for $Cf_{\text{max}} = 10,000,000$, defines a Pareto frontier of the limit combinations $[q; p_u; Cf_{\text{max}}]$, with $Cf_{\text{max}} < 10,000,000$,

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

able to guarantee the financial sustainability of the initiative for the private operator. The combinations of $[q; p_u; Cf_{max}]$ values obtained through the nonlinear model – included in Table 3 - as the normal profit margin varies, define the optimal solutions for the sustainability of the investment.

By analysing Table 3, it should be observed that for a break-even quantity close to the limit demand ($q_{nonlinear} = 19.780 \text{ m}^2$), corresponding to $a = 26\%$, the unit selling price tends to coincide with the estimated market value. Furthermore, for higher GFA values, the unit selling price decreases (the supply exceeds the limit demand), whereas for lower break-even GFA values the unit selling price can be higher (the market demand is not entirely saturated from the supply).

In correspondence of an increase in the profit margin, the algorithm of the BEA model returns always increasing break-even quantities, whereas the outputs of the RE-BEA model are inverse: the satisfaction of greater profitability is not directly correlated to an increase in quantity, but it is a function of the specific conditions of the reference market. In this sense, for the analysed case study, a reduction in the built surface quantities, which will correspond to an increase in the unit selling price and a decrease in the maximum sustainable fixed cost, is needed to satisfy the condition of financial convenience for the private investor.

Figure 11 shows the different break-even GFA values obtained in the BEA and RE-BEA models, by varying the normal profit margin expected by the private investor.

Table 3 - Values of break-even GFA obtained in the BEA model and combinations of the values $[q; p_u; Cf_{max}]$ in the RE-BEA model by varying the normal profit margin a

a	q_{linear} [m ²]	$q_{non linear}$ [m ²]	p_u [€/m ²]	Cf_{max}
20%	22,222	24,000	2,419	9,237,073
22%	25,000	22,654	2,446	8,101,922
24%	28,571	21,241	2,474	7,021,989
26%	33,333	19,779	2,505	6,000,684
28%	40,000	18,266	2,536	5,041,716
30%	50,000	16,696	2,569	4,149,130
32%	66,667	15,068	2,604	3,327,353

With reference to the RE-BEA model, by increasing the expected profit margin a , in Figure 12 i) the decreasing trend of the quantity of GFA that ensures the condition of minimum financial convenience for the private operator, ii) the increasing trend of the p_u and iii) the inverse functional relationship detected between a and Cf_{max} , are reported. In particular, given the profit margin a calculated on unit revenues and, therefore, on the unit selling price, a direct correlation between the two variables ($q_{nonlinear}$ and p_u) has been observed.

In Figure 12, in correspondence of increasing profit margins in the range [20%; 32%], the decreasing trend

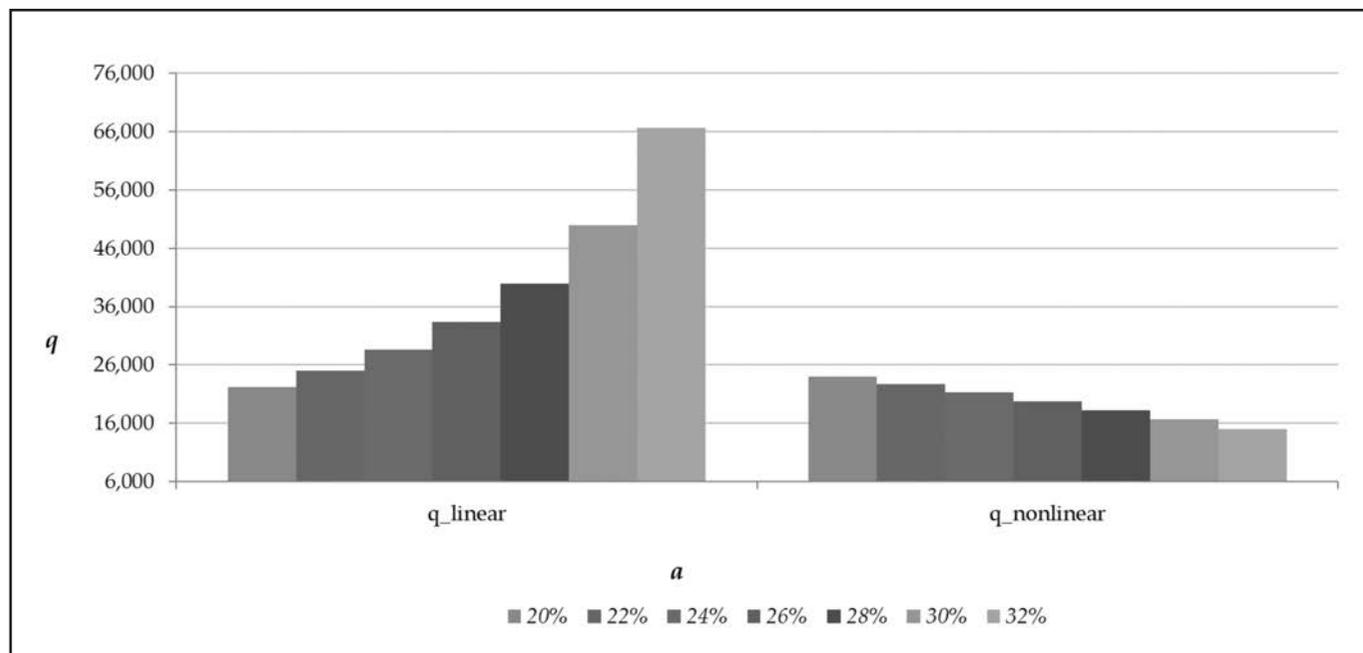


Figure 11 - Trend of q_{linear} and $q_{nonlinear}$ by varying a .

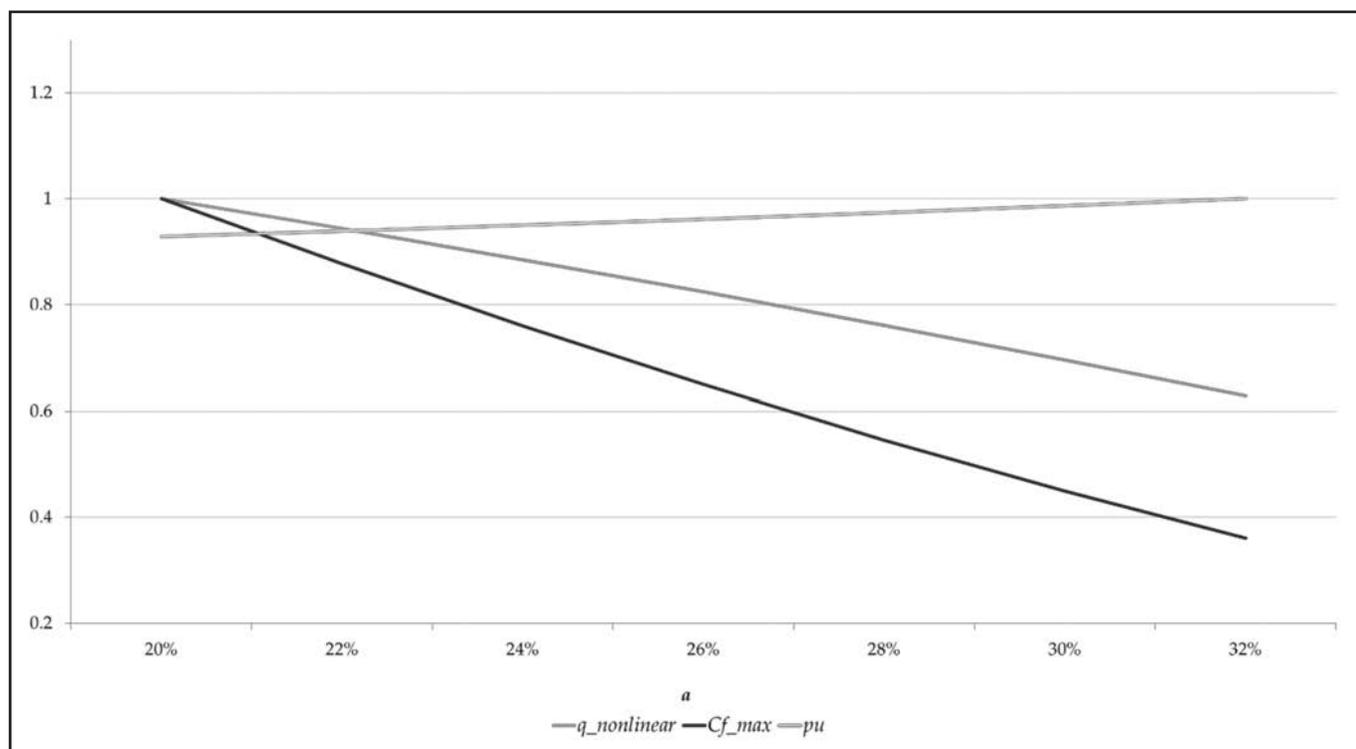


Figure 12 - Trend of $q_{\text{nonlinear}}$ (orange curve), Cf_{max} (blue curve) and p_u (red curve) in correspondence of different values of a .

of the $q_{\text{nonlinear}}$ is shown and the corresponding trends of the parameters Cf_{max} and p_u able to obtain the financial convenience condition for the private investor are represented.

6. CONCLUSIONS

The current and growing interest in the recovery and functional reconversion of former industrial sites located in urban areas has demonstrated the need to define and adopt effective decision-making tools, capable of orienting investment choices towards profitable solutions for the private investor and beneficial for the community.

The complex structures of industrial heritage are often important testimonies of social, spatial, cultural and technological past of the cities (Ifko, 2016). These compendiums, since 1970s, as a result of relevant economic structural changes, have gradually lost their vitality, becoming abandoned or inactive places.

In general terms, the redevelopment of industrial sites in disuse is an integral part of the current territorial development policies, aimed at promoting strategies for the reconversion and functional enhancement of urban areas, by introducing new functions different from the original ones and consistent with the changing needs of the community.

In this sense, the issue of the reconversion of industrial

sites requires the awareness of the dynamics of property assets conservation and/or transformation, in line with the principles of sustainable revitalization of these sites (Berta et al., 2018; Song et al., 2019).

Within the present topic, the role assumed by public private partnership procedures is increasingly central, as the involvement of appropriate skills of private subjects is strongly required for the implementation of these initiatives (Tajani et al., 2020; Liu et al., 2014). There is therefore a significant need of models for the evaluation of the project solutions capable of i) determining the financial convenience of the investment, ii) identifying the benefits deriving from the intervention in terms of increasing urban, social and economic quality for the involved communities, iii) defining a priority list of projects to be implemented on the territory.

The evaluation model developed in the present research represents an effective and innovative tool to support the decisions, where the complexity of the interventions planned in the area requires a logical-mathematical apparatus more consistent with the real market phenomena. The model allows to verify the financial feasibility of urban transformation initiatives and, at the same time, to orient the selection processes of the subjects involved towards successful operations.

The implementation of the RE-BEA model to a case study, related to six industrial sites in disuse located in

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

the urban context of a municipality in Southern Italy, has pointed out the higher relevance and performance compared to the classic application of the original technique (i.e. Break-Even Analysis with the hypothesis of linearity), where the specific conditions of market require to consider the real evolution of the financial parameters that define the algorithm of the model.

Further insights of the research may address the application of other assessment techniques aimed at assessing the financial convenience of the investment, in order to compare and validate the outputs obtained from the RE-BEA model. In this sense, also with reference to the same case study, the Discounted Cash Flow Analysis (Morano et al., 2021; Fabbri et al., 2018) could be developed to investigate the RE-BEA results reliability, by including the time distribution of costs and revenues within the time horizon established for the evaluation. Finally, the proposed model could be

applied to other case studies related to urban regeneration interventions located in different geographical contexts, in order to properly test the assumptions of the model in different market scenarios.

The main limitations of the RE-BEA concern the inability of the model to forecast the effects of significant shocks (such as financial crises, unexpected and relevant fiscal policies, extraordinary events such as the Covid-19 pandemic or wars beginning, etc.) which determine strong and structural changes in the real estate market. In these situations, it is necessary to define new valuation models whose underlying logics take into account the real estate dynamics in progress and the real observable trends. However, it should be highlighted that this limitation does not specifically regard the RE-BEA model but, generally, the evaluation tools, as these are developed and calibrated on the basis of current market mechanisms.

* **Francesco Tajani**, Department of Architecture and Design, «Sapienza» University of Rome, Rome 00196, Italy
email: francesco.tajani@uniroma1.it

** **Pierluigi Morano**, Department of Civil, Environmental, Land, Building Engineering and Chemistry, Polytechnic University of Bari, Bari 70126, Italy
email: pierluigi.morano@poliba.it

*** **Felicia Di Liddo**, Department of Civil, Environmental, Land, Building Engineering and Chemistry, Polytechnic University of Bari, Bari 70126, Italy
email: felicia.diliddo@poliba.it

Authors' contribution

The paper is to be attributed in equal parts to the Authors.

Bibliography

ABDUROFI I., ISMAIL M.M., ISMAIL N.W., ABDULLAH A.M., *Application of Cost-Benefit and Break-Even Analysis for the Development of Stingless Bees Farming, in Malaysia*, International Journal of Business and Society, Vol. 22, No. 2, 2021, pp. 846-861.

ALIHODŽI JAŠAROVI E., PEROVI S., PAUNOVI ŽARI S., *Impacts of Arsenal Brownfield Regeneration on Urban Development of Tivat in Montenegro: From Industrial Settlement to Center of Nautical Tourism*, Sustainability, Vol. 13, No. 15, 2021, p. 8549.

ALTROCK U., MA H., *Regeneration of derelict industrial sites in Guangzhou and Shenzhen*, Maturing Megacities, Springer, Dordrecht, 2014, pp. 191-217.

ARA J., MOHEUDDIN M.M., HOSSAIN S. & TITU M.A.S., *A mathematical study of break-even analysis based on dairy farms in Bangladesh*, International Journal of Economic Behavior and Organization, Vol. 8, No. 2, 2020, pp. 38-43.

BERTA M., BOTTERO M., FERRETTI V., *A mixed methods approach for the integration of urban design and economic evaluation: Industrial heritage and urban regeneration in China*, Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, Vol. 45, No. 2, 2018, pp. 208-232.

BOTTERO M., OPPIO A., BONARDO M., QUAGLIA G., *Hybrid evaluation approaches for urban regeneration processes of landfills and industrial sites: the case of the Kwun Tong area in Hong Kong*, Land use policy, Vol. 82, 2019, pp. 585-594.

CHAN H.H., HU T.S., FAN P., *Social sustainability of urban regeneration led by industrial land redevelopment in Taiwan*, European Planning Studies, Vol. 27, No. 7, 2019, pp. 1245-1269.

CLAVER J., SEBASTIÁN M.A., SANZ-LOBERA A., *Opportunities of the multicriteria methods in the study of immovable assets of the Spanish industrial heritage*, Procedia engineering, Vol. 132, 2015, pp. 175-182.

COSCIA C., CURTO R., *Valorising in the absence of public resources and weak markets: The case of "Ivrea, the 20th century industrial city"*, Appraisal: From Theory to Practice: Results of SIEV 2015, 2017, pp. 79-99.

DE SOUSA C., *Contaminated sites: The Canadian situation in an international context*, Journal of Environmental Management, Vol. 62, No. 2, 2001, pp. 131-154.

DE VOR F., DE GROOT H.L., *The impact of industrial sites on residential property values: A hedonic pricing analysis from the Netherlands*, Regional Studies, Vol. 45, No. 5, 2011, pp. 609-623.

DECRETO LEGGE n. 76 del 16 luglio 2020 "Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale".

DECRETO LEGGE n. 77 del 31 maggio 2021 "Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure".

DECRETO LEGISLATIVO n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale".

FABBRI R., GABRIELLI L., RUGGERI A.G., *Interactions between restoration and financial analysis: the case of Cuneo War Wounded House*, Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, Vol. 8, No. 2, 2018, pp. 145-161.

FRANCO S.F., MACDONALD J.L., *The effects of cultural heritage on residential property values: Evidence from Lisbon, Portugal*, Regional Science and Urban Economics, Vol. 70, 2018, pp. 35-56.

GREENBERG M., LEWIS M.J., *Brownfields redevelopment, preferences and public involvement: A case study of an ethnically mixed neighbourhood*, Urban Studies, Vol. 37, No. 13, 2000, pp. 2501-2514.

HAMMOND E.B., COULON F., HALLETT S.H., THOMAS R., HARDY D., KINGDON A., BERIRO D.J., *A critical review of decision support systems for brownfield redevelopment*, Science of the Total Environment, Vol. 785, 2021, p. 147132.

HE F., WU W., ZHUANG T., YI Y., *Exploring the diverse expectations of stakeholders in industrial land redevelopment projects in China: The case of Shanghai*, Sustainability, Vol. 11, No. 17, 2019, p. 4744.

HUSSEY R., "Break-even Analysis", in *Cost and Management Accounting* Palgrave, 1989, London, pp. 139-151.

IFKO S., *Comprehensive management of industrial heritage sites as a basis for sustainable regeneration*, Procedia engineering, Vol. 161, 2016, pp. 2040-2045.

KEE R.C., *Implementing Cost-Volume-Profit Analysis Using an Activity-based Costing System*, Advances in Management Accounting, Vol. 10, 2001, pp. 77-94.

Kee T., Chau K.W., *Adaptive reuse of heritage architecture and its external effects on sustainable built environment—Hedonic pricing model and case studies in Hong Kong*, Sustainable Development, Vol. 28, No. 6, 2020, pp. 1597-1608.

LAI Y., ZHANG X., *Redevelopment of industrial sites in the*

Chinese 'villages in the city': An empirical study of Shenzhen, Journal of cleaner production, Vol. 134, 2016, pp. 70-77.

LEGGE n. 441 del 29 ottobre 1987 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 agosto 1987, n. 361, recante disposizioni urgenti in materia di smaltimento dei rifiuti".

LEHIGH G.R., WELLS E.C., DIAZ D., *Evidence-Informed strategies for promoting equitability in brownfields redevelopment*, Journal of environmental management, Vol. 261, 2020, p. 110150.

LIU F., ZHAO Q., YANG Y., *An approach to assess the value of industrial heritage based on Dempster-Shafer theory*, Journal of Cultural Heritage, Vol. 32, 2018, pp. 210-220.

LIU J., LOVE P.E., SMITH J., REGAN M., SUTRISNA M., *Public-private partnerships: A review of theory and practice of performance measurement*, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 63, No.4, 2014, pp. 499-512.

LOURES L., *Post-industrial landscapes as drivers for urban redevelopment: Public versus expert perspectives towards the benefits and barriers of the reuse of post-industrial sites in urban areas*, Habitat International, Vol. 45, No. 2, 2015, pp. 72-81.

LULAJ E., ISENI E., *Role of analysis CVP (Cost-Volume-Profit) as important indicator for planning and making decisions in the business environment*, European Journal of Economics and Business Studies Articles, Vol. 4, No. 2, 2018, pp. 99-114.

MALIENE V., WIGNALL L., MALYS N., *Brownfield regeneration: Waterfront site developments in Liverpool and Cologne*, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, Vol. 20, No. 1, 2021, pp. 5-16.

MARTINOVI, D. *Advantages and limitations of linear and nonlinear break-even models*. Ekonomski horizonti, Vol. 21, No. 3, 2019, pp. 221-238.

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, Decreto n. 269 del 29 dicembre 2020 "Programma nazionale di finanziamento degli interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti orfani".

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, Decreto ministeriale del 9 dicembre 2021 "Assegnazione di risorse del Fondo per la crescita sostenibile agli interventi di riconversione e riqualificazione produttiva di aree interessate da situazioni di crisi industriali di cui alla legge n. 181/1989".

MORANO P., *La stima degli indici di urbanizzazione nella perequazione urbanistica*, Alinea, Firenze, 2007.

MORANO P., TAJANI F., DI LIDDO F., AMORUSO P., *The public role for the effectiveness of the territorial enhancement initiatives: A case study on the redevelopment of a building in disuse in an Italian small town*, Buildings, Vol. 11, No. 3, 2021, p. 87.

MORANO P., TAJANI F., *The break-even analysis applied to urban renewal investments: A model to evaluate the share of social housing financially sustainable for private*

A nonlinear model to assess the financial feasibility of the redevelopment of industrial sites in disuse

investors, Habitat International, Vol. 59, 2017, pp. 10-20.

MORANO P., TAJANI F., "Break Even Analysis for the financial verification of urban regeneration projects", in Zhao S., Xie Y.M., Liu H. and Gao D. (eds.) *Applied mechanics and materials*, Vol. 438. Trans Tech Publications Ltd, 2013, pp. 1830-1835

NDALIMAN M.B., BALA K.C., Practical limitations of break-even theory. *Australian Journal of Technology*, Vol. 11, No. 1, 2007, pp. 58-61.

ORDERUD G.I., SKOGHEIM R., NORDAHL B.I., *Review of Brownfield Redevelopment in China and a Comparison with that in OECD Countries*, Chinese Journal of Urban and Environmental Studies, Vol. 8, No. 04, 2020, p. 2050022.

PAULL E., *The environmental and economic impacts of brownfields redevelopment*, Northeast Midwest, 2008.

POLLACK B., *Break-even analysis: The third leg of the underwriting stool*. *Real Estate Review*, Vol. 25, 1995, pp. 43-6.

RIZKI N., SUKOCO A., *Break Even Point Analysis As a Tool For Profit And Sales Planning On Otak-Otak Bandeng Kang Wahab SME*. *Journal of World Conference (JWC)*, Vol. 1, No. 1, 2019, pp. 220-224.

ROBERTS P., "The evolution, definition and purpose of urban regeneration", in Roberts P., Sykes H., Granger R. (eds.), *Urban regeneration: A handbook*, Sage, London UK, 2017, pp. 9-44

SALVO F., ZUPI M., RUGGIERO M.D., "Land Consumption and urban regeneration. Evaluation principles and choice criteria", in Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds.) *New Metropolitan Perspectives ISHT 2018*, Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol 100. Springer, Cham, 2018, pp. 582-589.

SISTEMA NAZIONALE PROTEZIONE AMBIENTE (SNPA), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Rapporto di sistema No. 22, Edizione 2021 (scaricabile dal sito internet: https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/Rapporto_consumo_di_suolo_2021.pdf, consultato on line il 25 luglio 2022).

SISTEMA NAZIONALE PROTEZIONE AMBIENTE (SNPA), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Rapporto di sistema No. 32, Edizione 2022 (scaricabile dal sito internet: https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2022/07/Rapporto_consumo_di_suolo_2022.pdf, consultato on line il 25 luglio 2022).

SONG Y., KIRKWOOD N., MAKSIMOVIC Č., ZHENG X., O'CONNOR D., JIN Y., HOU D., *Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review*, *Science of the Total Environment*, Vol. 663, 2019, pp. 568-579.

SUN M., CHEN C., *Renovation of industrial heritage sites and sustainable urban regeneration in post-industrial Shanghai*, *Journal of Urban Affairs*, 2021, pp. 1-24.

TAJANI F., MORANO P., *An empirical-deductive model for the assessment of the mortgage lending value of properties as securities for credit exposures*, *Journal of European Real*

Estate Research, Vol. 11, No. 1, 2018, pp. 44-70.

TAJANI F., MORANO P., DI LIDDO F., *The optimal combinations of the eligible functions in multiple property assets enhancement*, *Land use policy*, Vol. 99, 2020, p. 105050.

THUESEN G.J., FABRYCKY W. J., BARONCELLI A. & MACCIÒ D.D. *Economia per ingegneri*, Il mulino, 1994.

TIESDELL S., *Brownfields redevelopment and the quest for sustainability*, Emerald Group Publishing, 2008.

UNITED NATIONS, *Agenda 2030*, 2015. (scaricabile dal sito internet: <https://unric.org/it/agenda-2030/> consultato on line il 12 giugno 2022).

VAN DUIJN M., ROUWENDAL J., BOERSEMA R., *Redevelopment of industrial heritage: Insights into external effects on house prices*, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 57, 2016, pp. 91-107.

VARDOPOULOS I., *Critical sustainable development factors in the adaptive reuse of urban industrial buildings. A fuzzy DEMATEL approach*, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 50, 2019, p. 101684.

VOJNOVIC I., *Urban sustainability: Research, politics, policy and practice*, *Cities*, Vol. 41, No. 1, 2014, pp. S30-S44.

WANG T., *A sustainable industrial site redevelopment planning support system*, Phd Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, The Netherlands, 2019.

WANG X., *Understanding and improving decision-making for brownfield redevelopment in China*, Lancaster University (United Kingdom), 2020.

WOO A., LEE S., *Illuminating the impacts of brownfield redevelopments on neighboring housing prices: Case of Cuyahoga County, Ohio in the US*, *Environment and Planning A: Economy and Space*, Vol. 48, No. 6, 2016, pp. 1107-1132.

ZHANG J., CENCI J., BECUE V., KOUTRA S., *The overview of the conservation and renewal of the industrial Belgian heritage as a vector for cultural regeneration*, *Information*, Vol.12, No. 1, 2021, pp. 27.

ZHANG Y., WANG C., TIAN W., ZHANG G., *Determinants of purchase intention for real estate developed on industrial brownfields: Evidence from China*, *Journal of Housing and the Built Environment*, Vol. 35, No. 4, 2020, pp. 1261-1282.

ZHANG Y., ZHANG G., GUO P., *Regeneration path of abandoned industrial buildings: The moderating role of the goodness of regeneration model*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 297, 2021, p. 126668.

Internet references

Sistema nazionale protezione ambiente (SNPA), <https://www.snpambiente.it/>

Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA), <https://www.isprambiente.gov.it/it>

Land Degradation Neutrality (LDN), <https://www.unccd.int/land-and-life/land-degradation-neutrality/overview>

Fondazione Openpolis, <https://www.openpolis.it/>



MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA, <https://bonifichesiti.contaminati.mite.gov.it/amianto-e-siti-orfani/siti-orfani/>
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR), www.mef.gov.it

INFOBUILD, PORTALE EDILIZIA E ARCHITETTURA, <https://www.infobuild.it/>
Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa S.p.A. "Invitalia", <https://www.invitalia.it/>

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

Francesco Tajani*, Pierluigi Morano**, Felicia Di Liddo***

Parole chiave: riqualificazione urbana, siti industriali dismessi, progetti di riconversione funzionale, analisi finanziaria, Break-Even Analysis, consumo di suolo.

Abstract

Con riferimento alla crescente esigenza di recupero e riconversione funzionale dei siti industriali dismessi ubicati in aree urbane, la presente ricerca intende evidenziare la valenza dell'impiego di efficaci modelli valutativi a supporto dei processi decisionali dei soggetti pubblici e degli investitori privati. In particolare, nel lavoro è stato sviluppato un modello per valutare le convenienze finanziarie delle parti coinvolte nelle iniziative di valorizzazione dei siti industriali dismessi. Il modello mutua l'approccio logico della Break-Even Analysis (BEA), introducendo ipotesi maggiormente attinenti ai reali meccanismi di mercato e temperando l'andamento di tipo

non lineare dei parametri finanziari. L'inclusione dei meccanismi di economie di scala nella definizione dell'algoritmo di implementazione costituisce l'innovatività della logica operativa del modello, in grado di replicare opportunamente i fenomeni empirici di mercato, rispetto alla classica applicazione della BEA con parametri costanti. Il modello proposto rappresenta un valido strumento da utilizzare nelle fasi iniziali di pianificazione degli interventi, per orientare le decisioni di politica urbana verso progetti maggiormente performanti, in linea con gli attuali obiettivi di sviluppo sostenibile dei territori.

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi decenni si riscontra una crescente attenzione verso le pratiche di rigenerazione urbana, ormai comunemente considerata uno strumento efficace per risolvere un'ampia gamma di problematiche del territorio costruito (Roberts, 2017). In tale contesto, gli obiettivi di sviluppo sostenibile – definito nel Rapporto Brundtland (1987) come “un processo di cambiamento tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i cambiamenti istituzionali siano resi coerenti con i bisogni futuri oltre che con gli attuali” – assumono un ruolo chiave nella definizione delle politiche di trasformazione urbana (Vojnovic, 2014).

La necessità – dalle grandi città ai piccoli borghi – di iniziative finalizzate al recupero del patrimonio esistente si connette alla coerenza di limitare il consumo di suolo, di incrementare la qualità ecologica e paesaggistica dei luoghi, di tutelare la biodiversità e di conservare e/o ripristinare gli spazi naturali delle città, affinché assicurino i servizi ecosistemici indispensabili al benessere sociale ed economico.

A partire dal secondo dopoguerra le dinamiche insediative hanno determinato di frequente una espansione urbana incontrollata e mal gestita, generando rilevanti processi degradativi che limitano o inibiscono totalmente la funzione originaria dei suoli (SNPA).

Secondo l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), nel 2020 le nuove coperture artificiali hanno riguardato 56,7 km², ovvero, in media, più di 15 ettari al giorno, mentre nel 2021 tale dato è salito a 69,1 km², pari a 2,2 m² di suolo perso ogni secondo, nonostante ci siano più di 248 km² di suolo occupato da immobili non utilizzati (SNPA, 2021; SNPA, 2022). L'assenza di aree a verde nelle città condiziona la temperatura del suolo, causando il fenomeno micro-climatico delle isole di calore, con un incremento delle temperature di circa 2°C nelle città metropolitane rispetto alle zone rurali, e comportando problematiche derivanti dal surriscaldamento globale in termini di incremento di consumo di energia e di emissioni inquinanti nell'ambiente.

Tra gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals – SDGs) sanciti dall'Agenda 2030 dei 193 Paesi membri dell'ONU (United Nations, 2015), alcuni *target* di particolare interesse riguardano il territorio ed il suolo, da integrare nei programmi nazionali a breve e medio termine e da raggiungere entro il 2030, al fine di: i) assicurare che il consumo di suolo corrisponda alla reale crescita demografica (Indicatore SDG 11.3.1); ii) garantire a tutti l'accesso a spazi verdi e pubblici sicuri, inclusivi ed accessibili; iii) azzerare la presenza di suolo degradato (*target* denominato *Land Degradation Neutrality*, LDN <https://www.unccd.int/>), quale elemento essenziale per mantenere le funzioni ed i servizi ecosistemici (Indicatore SDG 15.3.1).

La definizione di misure efficaci in materia di prevenzione

e/o riduzione della impermeabilizzazione del suolo, nelle quali sia attribuita priorità al riuso dei terreni dismessi ed abbandonati, riveste un ruolo cruciale per contenere il degrado del territorio entro il 2030 ed eliminare il rischio di ulteriore consumo di suolo entro il 2050 (Salvo et al., 2018). In particolare, quest'ultimo obiettivo rappresenta la premessa per garantire una ripresa sostenibile dei territori attraverso la promozione del capitale naturale, la riqualificazione urbana nonché la realizzazione di edilizia di qualità.

In questo quadro si colloca la rigenerazione di spazi edificati fatiscenti e/o in stato di abbandono (es. siti industriali dismessi), ovvero incongrui con il tessuto urbano circostante o compromessi sotto vari aspetti, sia ambientali che strutturali.

Non a caso, nel contesto italiano, strettamente correlato anche al principio di *Do No Significant Harm* (DNSH), il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR, 2021) prevede un investimento pari a 500 milioni di euro per la riqualificazione dei siti *orfani*, ovvero quei siti contaminati non bonificati dai proprietari dei terreni o dai responsabili, perché questi sono sconosciuti o inadempienti (Decreto Ministeriale n. 269 del 29 dicembre 2020). Dislocati eterogeneamente su tutto il territorio nazionale e pari attualmente a 270 siti, numerose analisi hanno evidenziato che la riqualificazione di questi compendi può avere un'utilità sia ecologica che sociale (<https://www.openpolis.it/>). Il recupero dei siti orfani è previsto dalla Missione n.2 (Componente 4) del PNRR per la tutela del territorio e della risorsa idrica, ponendo in risalto la rilevanza della tematica nell'ambito delle politiche di sviluppo nazionale mirate a concentrare le strategie urbane per la rigenerazione delle città esistenti e le priorità ambientali ed ecologiche (<https://bonifichesiticontaminati.mite.gov.it/amianto-e-siti-orfani/siti-orfani/>).

Generalmente, l'abbandono dei siti contaminati disseminati sul territorio nazionale costituisce l'esito dei processi di trasformazione industriale e del trasferimento delle strutture in ambiti della città maggiormente consoni ad ospitare attività logistiche e produttive.

Se è preminentemente attuale l'interesse da parte delle politiche urbane alla questione della bonifica e riqualificazione dei siti contaminati, gli investitori privati si mostrano tendenzialmente scettici ad avviare operazioni su tali compendi, a causa di diversi ostacoli strutturali, tra cui la variabilità dei processi normativi, e la loro eccessiva burocratizzazione che incide sulle tempistiche di approvazione, la mancanza di informazioni sul livello di contaminazione del suolo, la difficoltà di reperire le opportune competenze sugli standard di bonifica ambientale, il timore di elevate responsabilità (DeSousa, 2001) e, non ultimo, i significativi (ed aleatori) costi iniziali per il risanamento mirato alla rimozione delle sostanze inquinanti, spesso difficilmente computabili in fase preliminare.

In questo *framework*, la definizione di modelli per la valutazione *ex ante* della convenienza finanziaria di tali tipologie di investimenti è fondamentale al fine di i) pro-

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

porre efficaci strumenti di analisi della fattibilità degli interventi, ii) monitorare la redditività delle iniziative sul territorio, iii) sviluppare programmi di rigenerazione urbana di successo, evitando operazioni fallimentari o che comportino interruzioni dei lavori in corso d'opera.

Riconosciuti i molteplici aspetti positivi connessi agli interventi di rigenerazione urbana, in termini di benefici (sociali, economici, ambientali, ecc.) per la collettività, l'impiego di valide tecniche di valutazione dei progetti da attuare costituisce un supporto imprescindibile ai processi decisionali di pianificazione urbana. Va osservato, nel contempo, che, stante le notevoli consistenze che generalmente caratterizzano i siti industriali dismessi, l'attuale orientamento delle politiche urbane a favorire interventi di riqualificazione e riconversione d'uso di questi compendi, prevalentemente attivati da investitori privati, potrebbe causare, in determinate situazioni e nel breve-medio periodo, un *surplus* di offerta edilizia comparata alla reale domanda di mercato, generando una «depressione» dei prezzi unitari di vendita rispetto a quelli osservati *prima* dell'attivazione degli interventi stessi. In queste circostanze, è opportuno adoperare approcci metodologici valutativi coerenti con i fenomeni empirici del contesto considerato e che tengano conto, al fine di identificare soluzioni effettivamente convenienti, delle probabili variazioni che possono connotare i reali meccanismi del mercato di riferimento.

2. SCOPO DEL LAVORO

La presente ricerca si inserisce nel quadro delineato. Con riferimento a progetti di nuova realizzazione che riguardino grandi quantità di nuova superficie lorda di pavimento (SLP) o ai casi di riqualificazione di interi complessi dismessi, è proposto un modello di valutazione che può fornire un rilevante supporto nelle prime fasi della progettazione, in grado di verificare rapidamente e adeguatamente, in ragione delle condizioni mercantili del contesto considerato, la convenienza finanziaria dell'iniziativa. In particolare, il modello potrebbe orientare i processi decisionali pubblici e privati verso scelte di investimento che assicurino la convenienza per gli operatori coinvolti.

Partendo dall'approccio logico della Break-Even Analysis (BEA), il modello sviluppato, denominato RE-BEA (*Real Effective Break-Even Analysis*), ha una struttura di tipo non lineare, maggiormente attinente al reale andamento e i parametri finanziari (ricavi e costi) che concorrono alla definizione dell'algoritmo da implementare. Infatti, nelle situazioni in cui i) l'offerta immobiliare è prossima alla domanda di mercato locale (ad esempio nei piccoli centri urbani), o ii) laddove vi sia una nuova pianificazione, che preveda un'abbondante realizzazione di edificazioni e/o la possibilità di rifunzionalizzazione di complessi dismessi esistenti, l'applicazione della classica versione della BEA, che prevede l'ipotesi di linearità dell'evoluzione dei ricavi totali e dei costi totali, non trova riscontro nei fenomeni

di mercato osservabili, e la sua implementazione potrebbe influenzare negativamente i risultati delle analisi. Il modello RE-BEA, dunque, supera i limiti logico-operativi della classica versione della BEA nelle situazioni descritte, contemperando la necessità della costruzione di andamenti di tipo non lineare dei parametri di mercato.

Come la classica versione della BEA, ma con un approccio maggiormente attinente ai reali fenomeni di mercato, il modello RE-BEA rientra nelle tecniche di analisi *finanziaria*, in quanto l'algoritmo contempla esclusivamente variabili monetarie e fornisce una valutazione dell'investimento dal punto di vista dell'operatore privato, e consente di identificare, in diversi scenari di prezzi di vendita e di costi di produzione, la quantità di superficie lorda di pavimento da realizzare in corrispondenza della quale è assicurato il bilancio finanziario dell'iniziativa di trasformazione per il privato investitore, pur garantendo, laddove le condizioni di mercato lo consentano, un ulteriore onere monetario a carico del privato ed a vantaggio della Pubblica Amministrazione.

Al fine di evidenziare le potenzialità dello strumento proposto, il modello RE-BEA è stato implementato ad un caso studio, relativo ad un'ipotesi di riqualificazione e riconversione d'uso di siti industriali dismessi ubicati in una città del Sud Italia.

La struttura del lavoro è definita di seguito: nella Sezione 3 è approfondita la problematica degli edifici industriali dismessi nelle aree urbane ed è evidenziata la necessità di condurre opportune iniziative di rigenerazione urbana. Nella Sezione 4 sono richiamati i principi fondamentali dell'approccio metodologico della classica BEA e sono illustrate le assunzioni innovative del modello RE-BEA. Nella Sezione 5 il modello è applicato ad un caso studio relativo a diversi complessi industriali dismessi ubicati in un comune del Sud Italia: sono descritti lo stato attuale delle aree e le nuove superfici determinate dai progetti previsti e sono definite le principali voci del bilancio finanziario degli interventi di trasformazione per il soggetto privato. Inoltre, è effettuata una comparazione tra l'applicazione della versione classica della BEA ed il modello RE-BEA, al fine di evidenziare i punti di forza dello strumento proposto. Nella Sezione 6 si discutono i risultati del lavoro e si presentano le conclusioni.

3. LETTERATURA DI RIFERIMENTO

Una volta dismesse, le aree industriali costituiscono dei vuoti urbani spesso problematici, a causa di questioni di sicurezza, di degrado sociale e ambientale. Gli investimenti relativi alla loro riqualificazione e riconversione funzionale mirano alla trasformazione di una criticità in un punto di forza, restituendo al territorio nuovi "spazi di valore", in coerenza con le esigenze delle collettività. In questo senso, l'evoluzione delle ex aree industriali – dalla loro realizzazione alla successiva dismissione – è strettamente connessa alla storia del territorio che si incrocia con lo sviluppo economico ed imprenditoriale ed ai cam-

bamenti della domanda della popolazione, delle modalità e dei luoghi di produzione (<https://www.infobuild.it/>).

Negli ultimi anni, soprattutto nei Paesi economicamente più avanzati ubicati in Europa Occidentale e negli Stati Uniti, a causa delle variazioni dei processi produttivi, si è verificato un progressivo abbandono delle attività industriali primarie, in favore di altre maggiormente tecnologiche ed innovative.

Questo fenomeno ha provocato la dismissione di molti complessi industriali, di dimensioni anche estese, generalmente ubicati in zone centrali o di recente espansione, per i quali le funzioni originarie non sono più adatte, in ragione, appunto, delle modificazioni verificatesi. È crescente l'esigenza di attuare piani di recupero mirati al riuso funzionale di queste aree, generalmente in stato di totale abbandono e degrado, in virtù delle ricadute di carattere economico e sociale derivanti dal progetto di riqualificazione, in coerenza con i 17 obiettivi di sviluppo urbano sostenibile inclusi nell'Agenda 2030 sottoscritta nel 2015 dai governi dei 193 Paesi membri delle Nazioni Unite, e approvata dall'Assemblea Generale dell'ONU. In particolare, gli obiettivi strategici considerano le tre componenti (sociale, ambientale ed economica) della sostenibilità e, nell'ottica di un approccio integrato e della definizione di misure concrete, mirano allo sviluppo di città e comunità sicure, inclusive e resilienti.

La rigenerazione delle aree industriali obsolete assume un ruolo importante nella crescita economica di una città, che parte dalla comprensione delle dinamiche locali e si propone di soddisfare i bisogni della popolazione, mediante i) il ripristino del suolo contaminato, ii) l'introduzione di nuove destinazioni d'uso e spazi di aggregazione e iii) il contenimento del consumo di suolo attraverso la realizzazione di spazi esterni e verdi.

Le iniziative di rigenerazione urbana – specialmente su larga scala – sono solitamente caratterizzate da processi decisionali condotti da differenti soggetti, con obiettivi e interessi multipli contrastanti che, in termini teorici, agiscono seguendo una strategia condivisa. Nella letteratura di riferimento, le analisi multi-criteriali sono state spesso implementate per supportare le scelte delle Pubbliche Amministrazioni e degli investitori, identificando la soluzione di miglior compromesso in base agli obiettivi, alle alternative di progetto, ai criteri e ai relativi pesi. A tale riguardo, con riferimento al sito industriale dismesso di Kwun Tong ubicato a Hong Kong, Bottero et al. (2019) hanno implementato un approccio a metodi misti – *Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments* (NAIADE) e *Multi-Attribute Value Theory* (MAVT) -, al fine di attestare il ruolo di primo piano assunto dalla valutazione nei processi di progettazione per l'identificazione di soluzioni progettuali sostenibili e convenienti.

Nel contesto spagnolo, Clkaver et al. (2015) hanno proposto una metodologia per lo studio del patrimonio industriale, partendo dall'identificazione, selezione e classificazione di ciascuna tipologia di compendio fino all'analisi dei loro possibili usi futuri.

Il tema relativo alla riqualificazione degli ex siti industriali è stato ampiamente affrontato da diversi Autori (Tiesdell, 2008; Paull, 2008, Greenberg e Lewis, 2000; Lehigh et al., 2020; Hammond et al., 2021), con l'obiettivo di definire e sperimentare metodologie per l'analisi delle diverse alternative e per un'efficace pianificazione degli interventi di trasformazione da avviare.

Nella ricerca di Zhang et al. (2021), gli Autori hanno evidenziato la rilevanza del patrimonio industriale in Belgio, inteso come una risorsa e parte integrante dell'identità collettiva, promuovendone la conservazione come vettore 'vitale' dell'identità storica.

Il riconoscimento delle potenzialità degli edifici industriali dismessi per i quali è auspicabile un riutilizzo dal punto di vista economico, culturale, sociale ed architettonico costituisce il punto di partenza di tutti gli studi volti ad indagare i benefici connessi a queste iniziative (Loures, 2015).

Liu et al. (2018) hanno sviluppato un sistema di valutazione del valore degli asset industriali, utilizzando l'*Analytic Hierarchy Process* (AHP) e gli insiemi *fuzzy* per tradurre i commenti degli esperti e lo hanno applicato a 16 siti del patrimonio industriale della città di Shanghai.

Sun e Chen (2021) si sono occupati del rinnovamento dei compendi industriali urbani della città di Shanghai, designati dal governo municipale come «cluster dell'industria creativa», quale opportunità per lo sviluppo urbano post-industriale, analizzando la complessa interazione tra il recupero di questi siti e gli effetti della rigenerazione urbana nelle aree circostanti.

Considerando gli interventi di rigenerazione del Kings Waterfront a Liverpool e del Rheinuhafen a Colonia, Maliene et al. (2021) hanno cercato di confrontare diverse pratiche di recupero di aree dismesse e hanno dimostrato che, se sfruttati correttamente, questi siti possono rappresentare un catalizzatore per la crescita economica delle aree urbane.

Vardopoulos (2019) ha applicato un modello *Fuzzy-Decision Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) per l'identificazione dei fattori critici di sviluppo sostenibile nel riutilizzo adattivo degli edifici industriali urbani, al fine di studiare le interrelazioni tra i fattori selezionati e di evidenziare gli effetti che il riuso potrebbe innescare in termini di sviluppo economico, rigenerazione sociale, efficienza ecologica e conservazione del patrimonio culturale.

La rigenerazione degli edifici industriali abbandonati, definita come un aspetto importante dell'urbanizzazione sostenibile globale, rappresenta il tema principale su cui si sono concentrate le ricerche di diversi Autori (Alihodžić Jašarović et al., 2021; Zhang et al., 2020; Zhang et al., 2021; Orderud et al., 2020; Wang, 2020). Con riferimento alle città di Guangzhou e Shenzhen (Cina), la questione relativa alla rigenerazione dei siti industriali abbandonati è stata esplorata da Altrock e Ma (2014), con lo scopo di comprendere il funzionamento delle politiche di riqualificazione esistenti e l'efficacia delle strategie di rinnova-

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

mento basate sul riuso adattivo.

Lo stesso contesto geografico è stato selezionato per le ricerche condotte da Lai e Zhang (2016) volte a definire un quadro analitico delle pratiche di riqualificazione urbana perseguite a Shenzhen, indagando i fattori della riqualificazione dei villaggi urbani con particolare attenzione alle aree industriali.

Al fine di identificare gli aspetti critici che accelerano il processo di rigenerazione urbana e, in particolare, la sostenibilità sociale a Kaohsiung (Taiwan), Chan et al. (2019) hanno indagato due progetti di riqualificazione di aree industriali, attestando che la convenienza dei canoni di affitto, il livello di conservazione del patrimonio, le attività culturali, l'associazione comunitaria, lo spazio pubblico, l'organizzazione locale ed una maggiore accessibilità alle strutture sono le variabili più influenti sulla performance di sostenibilità sociale.

In termini generali, l'efficacia dei piani di riqualificazione dei siti industriali è stata molto spesso studiata in diverse ricerche (He et al., 2019; Franco e Macdonald, 2018; Wang, 2019), attraverso la valutazione degli effetti esterni del patrimonio industriale riqualificato sui prezzi delle abitazioni «prima» e «dopo» il loro recupero, ad esempio utilizzando un modello statistico *difference-in-difference* con riferimento a trentasei siti industriali nei Paesi Bassi (Van Duijn et al., 2016), o mediante il modello dei prezzi edonici nel contesto di Hong Kong, valutando gli impatti di due casi di riuso adattivo del patrimonio sui prezzi degli immobili limitrofi (Kee e Chau, 2020). Un lavoro analogo è stato sviluppato da Woo e Lee (2016) con riferimento al territorio della contea di Cuyahoga, Ohio.

De Vor e De Groot (2011) hanno studiato l'influenza dei siti industriali abbandonati sui valori degli immobili circostanti, prendendo in considerazione i dati sulle unità residenziali vendute nella regione di Randstad e nella provincia del Brabante settentrionale (entrambi situati nei Paesi Bassi) nell'anno 2005.

La rilevanza della tematica relativa alla riqualificazione degli ex siti industriali, attestata dal consistente numero di contributi scientifici presenti nella letteratura di riferimento, si associa alla necessità di definire mirate misure strategiche di intervento. Nello specifico, l'elevato numero di fabbricati ex industriali nelle aree urbane delle città ha indotto le Amministrazioni Pubbliche ad avviare interventi di riqualificazione volti a i) rivitalizzare porzioni di città – spesso centrali rispetto al tessuto abitato, ii) riconvertire funzionalmente edifici dismessi e abbandonati – spesso ricettacolo di azioni illecite, iii) introdurre nuove funzioni – in accordo con le esigenze della collettività. Per favorire il rilancio delle aree interessate dalla crisi industriale, sono state avviate numerose strategie politiche dai governi con l'obiettivo di incoraggiare le iniziative di ripresa. Tra queste, la definizione di pubblici registri dei suoli contaminati e l'obbligo per i soggetti coinvolti di effettuare analisi esplorative del suolo, associati all'incentivo a stabilire procedure di *partnership* tra enti pubblici e partner privati, rappresentano alcune delle misure principal-

mente sviluppate dalle Pubbliche Amministrazioni.

Nell'ambito delle disposizioni e/o degli strumenti nazionali volti al miglioramento del patrimonio esistente, sono inclusi i) specifici bonus volumetrici (c.d. "Piano Casa") definiti a livello regionale nel contesto italiano per i fabbricati ex industriali, attraverso i quali è permessa la riconversione di tutte le volumetrie esistenti in unità abitative, in uffici e in servizi di vicinato, e ii) agevolazioni e detrazioni fiscali finalizzate al finanziamento delle operazioni di rimozione, bonifica e smaltimento dell'amianto nei siti industriali dismessi. Le attività di bonifica delle aree inquinate sono state per la prima volta disciplinate dalla Legge n. 441 del 29 ottobre 1987, attraverso la quale alle Regioni è stato richiesto di redigere Piani di Bonifica Regionali, al fine di avere un quadro complessivo ed esaustivo dei siti inquinati presenti.

In termini generali, le procedure di rigenerazione richiedono tempi lunghi per la valutazione e l'approvazione dei piani di bonifica. Il quadro normativo italiano è decisamente complesso, tanto che in fase di attuazione la procedura è significativamente farraginoso e, quindi, poco sostenibile rispetto all'urgenza di riqualificazione delle aree interessate da fenomeni di contaminazione.

Recentemente, il Decreto Legge n. 76/2020 (cd "Decreto Semplificazioni") ha introdotto nel Codice dell'Ambiente (D.Lgs. n. 152/2006) specifiche disposizioni che incidono significativamente sulle procedure di bonifica. Il Decreto Legge n. 77/2021 (cd "Decreto Semplificazioni bis") ha proseguito nel processo di semplificazione, introducendo ulteriori specifiche novità anche alla luce del PNRR: in particolare, l'art. 37 riguarda la riconversione dei siti industriali e contiene misure volte a snellire ed accelerare le procedure di bonifica dei siti di interesse nazionale utilizzabili per la realizzazione dei progetti individuati nel PNRR. Con questo scopo, il Decreto del 9 dicembre 2021 del Ministero dello Sviluppo Economico stanziava un finanziamento pari a 3.015.000 per l'attuazione di interventi di riconversione funzionale produttiva.

In tal senso, il Ministero intende favorire lo sviluppo di politiche e programmi di reindustrializzazione delle aree attraverso la stipula di specifici Accordi di Programma per l'adozione degli IRRP – Progetti di riconversione e riqualificazione industriale, sviluppati dall'Agenzia nazionale per l'attrazione degli investimenti e lo sviluppo d'impresa S.p.A. (Invitalia).

4. IL MODELLO

4.1 Ipotesi della versione classica della BEA

In termini generali, la tecnica della BEA costituisce uno strumento valutativo a supporto delle decisioni dei soggetti privati e pubblici coinvolti negli interventi di trasformazione territoriale, finalizzato a ridurre le criticità dell'iniziativa e ad anticipare circostanze impreviste, consentendo alle parti di definire ed effettuare scelte consapevoli e adeguate.

La BEA rappresenta una fase della più ampia tecnica della *Cost Volume Profit Analysis* (CVPA), uno strumento implementato nell'ambito della pianificazione aziendale per la validazione delle decisioni imprenditoriali di breve-medio termine, a partire dalle nozioni essenziali della teoria della micro-economia aziendale. In particolare, la BEA costituisce il primo *step* della CVPA ed è principalmente sviluppata per valutare gli effetti delle dinamiche tecniche, economiche ed organizzativo-gestionali sulla convenienza finanziaria dell'investimento, al fine di calibrare le strategie per mitigare eventuali cambiamenti causati dalle variazioni del contesto di mercato. La BEA è principalmente applicata per i) la rapida verifica della fattibilità finanziaria di un investimento da avviare o degli aspetti progettuali da aggiornare/adequare *in itinere*, ii) il dimensionamento dell'intervento, dati i costi di investimento, i ricavi attesi e le condizioni di mercato (Coscia, 2001); iii) il confronto tra diverse alternative tecnico-progettuali; iv) la definizione di strategie in grado di contrastare i cambiamenti socio-economici, dovuti a cambiamenti legislativi, politici e di mercato (Morano, 2007; Kee, 2001; Lulaj e Iseni, 2018; Abdurofi, 2021).

In termini teorici, dati i principali aspetti tecnici e finanziari dell'intervento, la BEA è volta a definire la quantità di prodotto da realizzare e vendere in grado di garantire il bilancio finanziario dell'iniziativa, in diversi scenari di prezzo e costo (Pollack, 1995). Pertanto, la BEA consente di studiare l'effetto della struttura finanziaria dei costi totali del progetto sul successo dell'iniziativa, analizzando le relazioni tra le variabili tecnico-finanziarie che maggiormente impattano sull'operazione, grazie all'identificazione di correlazioni analitiche e matematiche semplici e flessibili ed alla loro rappresentazione grafica. I legami tra le variabili tecnico-economiche incluse nell'analisi (costi fissi, costi variabili, quantità da produrre e vendere, prezzi di vendita, output finanziari in termini di profitto totale per l'investitore privato) definiscono la struttura logico-operativa della BEA, introducendo ipotesi semplificative che snelliscono la procedura di attuazione con riferimento agli aspetti essenziali dell'intervento (Ara, 2020; Rizki e Sukoco, 2019).

Al fine di chiarire opportunamente la logica del modello classico della BEA, si riportano le principali ipotesi assunte da tale tecnica: i) i costi complessivi dell'intervento di trasformazione urbana possono essere sempre organizzati in componenti *fisse* e componenti *variabili*; ii) i costi ed i ricavi dell'operazione di trasformazione avvengono nello stesso istante – l'analisi è statica in quanto non considera la variabile "tempo"; iii) la significatività dei risultati ottenuti è massima nell'intervallo "rilevante" della quantità di prodotto da realizzare nell'orizzonte temporale considerato; iv) tutti i dati che concorrono a definire il quadro di riferimento della valutazione sono noti con certezza e non subiranno modifiche, v) la curva dei costi variabili (C_v) e quella dei costi totali ($C_t = C_f + C_v$, con C_f uguale ai costi fissi) sono lineari – il costo variabile unitario (C_{vu}) è costante, $C_v = C_{vu} \cdot q$ (con q uguale alla quantità di SLP realizzata e venduta), vi) la curva dei ricavi totali (R_t) è li-

neare ed il prezzo unitario di vendita (p_u) è costante (Eq. 1).

$$R_t = p_u \cdot q \quad (1)$$

Con riferimento all'ipotesi v), il grafico A in Figura 1 mostra l'andamento dei costi variabili e dei costi totali, raffigurati rispettivamente come due semirette, la prima (costi variabili) a partire dall'origine degli assi cartesiani e la seconda (costi totali) traslata verso l'alto rispetto alla prima della quantità pari all'ammontare dei costi fissi. Il coefficiente angolare delle due semirette è il costo variabile unitario, cioè la pendenza delle due semirette parallele. La semiretta dei costi totali è caratterizzata da un'intercetta (segmento verticale compreso sull'asse y e con il primo estremo in corrispondenza dell'origine degli assi cartesiani) pari all'ammontare dei costi fissi.

Per l'ipotesi vi) del modello classico della BEA, secondo la quale i ricavi totali dipendono esclusivamente dalla quantità da produrre e vendere, nel grafico b di Figura 1 è riportata la semiretta dei ricavi totali che parte dall'origine degli assi cartesiani ed è caratterizzata da un'inclinazione pari al prezzo unitario di vendita (p_u).

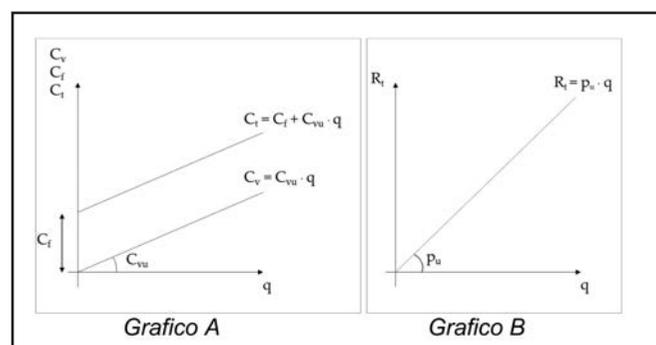


Figura 1 - Andamento lineare dei costi totali (grafico A) e dei

4.2 Il modello RE-BEA

4.2.1 Ipotesi del modello

Nella letteratura di riferimento, differenti contributi mirano a evidenziare i limiti della classica versione della BEA. Ad esempio, Mohammed et al. (2007) hanno individuato le principali criticità pratiche della teoria della BEA, includendo tra queste la non linearità dei ricavi da vendita e dei costi totali, ipotesi ordinariamente considerata nell'implementazione standard. Thuesen et al. (1994) hanno risolto un caso di analisi non lineare del punto di pareggio e Martinovic (2019) ha esplicitato i vantaggi e i punti di debolezza del modello tradizionale della BEA (lineare) e di quello non lineare, risaltando l'importanza delle assunzioni per una corretta applicazione di entrambi i modelli.

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

Nella presente ricerca il modello RE-BEA intende fornire uno strumento per la valutazione degli interventi di trasformazione, mutuando la logica operativa della BEA (Morano e Tajani, 2013; 2017; Hussey, 1989), ma introducendo ipotesi maggiormente attinenti ai reali fenomeni empirici in specifiche e diffuse condizioni. In particolare, nelle situazioni in cui si rileva un'offerta di mercato superiore alla domanda, le ipotesi di applicazione della BEA classica relative all'invarianza del prezzo unitario di vendita e del costo variabile unitario non sono empiricamente ammissibili. Tali contingenze possono verificarsi nei piccoli centri urbani, nei quali il numero di unità abitative richieste dal mercato locale è approssimativamente uguale a quello offerto in vendita, oppure laddove vi sia una nuova pianificazione di interventi edilizi, che preveda un'abbondante realizzazione di nuove edificazioni o la possibilità di ri-funzionalizzazione di complessi esistenti dismessi caratterizzati da significative consistenze. Nei casi richiamati, sia il costo variabile unitario che il prezzo unitario di vendita non sono costanti per ciascuna superficie lorda di pavimento realizzata: possono essere introdotti meccanismi di sconto che si associano alla riduzione del costo variabile unitario in corrispondenza di un incremento della superficie realizzata e, allo stesso tempo, alla diminuzione del prezzo unitario di vendita (che rappresenta il ricavo unitario) in corrispondenza dell'aumento della SLP (dunque, prezzi e costi marginali decrescenti).

Dunque, le ipotesi della classica BEA non tengono conto di eventuali fenomeni di *economie di scala* che descrivono le relazioni inverse tra la riduzione dei costi variabili e l'aumento della quantità di prodotto, così come ignorano la correlazione negativa tra il prezzo unitario di vendita e la maggiore quantità di SLP da realizzare.

In termini generali, le economie di scala rappresentano un aspetto che va opportunamente analizzato dall'investitore in fase preliminare. Le economie di scala finanziaria si verificano quando l'impresa è in grado di influenzare le negoziazioni riguardanti condizioni di prezzo, di pagamento e di credito. In queste situazioni, l'imprenditore può acquistare beni e servizi (q_1 e q_2) necessari per realizzare l'intervento ad un costo $C(Q)$ inferiore rispetto al costo che pagherebbe acquistando le singole quantità dei fattori di produzione $C(q_1)$ e $C(q_2)$, così come espresso nell'espressione algebrica Eq. (2).

$$C(Q) < C(q_1) + C(q_2) \quad (2)$$

con $Q = q_1 + q_2$

Pertanto, nelle situazioni in cui la nuova SLP realizzata (offerta) supera quella già richiesta (domanda), l'invarianza del prezzo di vendita unitario (ovvero come ipotizzato nella BEA) non determina uno scenario di partenza coerente con i reali comportamenti mercantili. Allo stesso modo, i costi variabili di costruzione sono legati alla quantità prodotta (q) di SLP e la loro non linearità riguarda sia

l'organizzazione dei costi nel tempo e nello spazio (es. contemporaneità di più cantieri di lavori nel contesto territoriale di riferimento) che le dinamiche di sconto che si instaurano tra il promotore dell'iniziativa edilizia ed il fornitore delle materie prime.

Nei contesti accennati, le ipotesi di invariabilità del prezzo unitario di vendita – che determina la linearità della curva dei ricavi totali – e del costo variabile unitario – che definisce la curva lineare e crescente dei costi totali – rispetto alle quantità di SLP da realizzare, non corrispondono ai reali fenomeni di mercato riscontrabili.

Nel modello RE-BEA vengono, pertanto, omesse le ipotesi relative alla linearità dei costi totali e dei ricavi totali, introducendo assunzioni maggiormente attinenti all'andamento reale dei ricavi e dei costi. In particolare, il grafico A della Figura 2, che descrive la funzione non lineare della curva di utilità totale, rappresenta l'andamento reale dei ricavi totali, secondo il quale il prezzo unitario di vendita è inversamente correlato alle quantità di SLP costruita, ovvero l'incremento della quantità di superficie è connesso ad una diminuzione del prezzo unitario di vendita. Il grafico b in Figura 2 mostra, invece, l'andamento dei costi fissi (che non muta rispetto alla classica versione della BEA) e quello «reale» dei costi variabili e totali: mentre i costi fissi non dipendono dalla quantità da produrre, i costi variabili e totali sono caratterizzati da un doppio andamento (nel primo tratto con derivata decrescente, nel secondo tratto con derivata crescente). Tale trend dei costi variabili – e di conseguenza dei costi totali – è correlato i) per l'andamento non lineare, a fenomeni di economie di scala, per i quali il costo variabile unitario decresce in corrispondenza di un aumento della quantità da realizzare, ii), per l'andamento esponenziale, a fenomeni di *congestione* della produzione, per i quali una eccessiva quantità rispetto all'attuale capacità produttiva dell'azienda determina un traboccamento endogeno delle attività e, a meno di modifiche strutturali del sistema di riferimento, un aumento del costo variabile unitario.

Nella fattispecie del settore degli investimenti immobiliari, la porzione del grafico del costo unitario con derivata crescente (linea blu con andamento esponenziale nel grafico b di Figura 2) non rispecchia quanto empiricamente accade, in quanto in un mercato concorrenziale i soggetti coinvolti nella produzione di SLP – promotore dell'iniziativa edilizia e fornitori di materiali – non sono in grado di attivare «strategie di prezzo» che possano determinare un aumento del costo unitario: in queste situazioni, ad esempio, se un fornitore decidesse di aumentare il prezzo unitario dei pavimenti e, quindi, l'imprenditore immobiliare dovesse sostenere maggiori costi di produzione, quest'ultimo si orienterebbe per acquistare i materiali da un altro rivenditore. Nel modello sviluppato, pertanto, si considera esclusivamente la relazione inversa esistente tra il costo variabile unitario C_v e la quantità di SLP q (linea rossa del grafico b in Figura 2), secondo cui una maggiore quantità di superficie realizzata corrisponde a minori costi unitari di produzione.

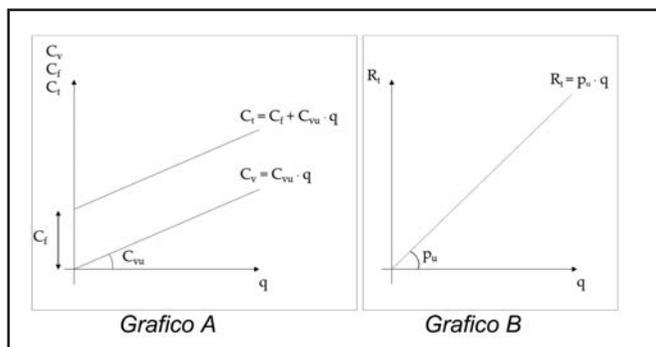


Figura 2 - L'andamento non lineare dei ricavi totali (grafico A)

4.2.2 Algoritmo del modello

Focus della presente ricerca è la riqualificazione di fabbricati industriali dismessi, assumendo che le quantità delle nuove superfici da realizzare siano significative e che il mercato di riferimento sia in grado di assorbirle.

Come accennato, il modello di valutazione RE-BEA costituisce un'interpretazione innovativa della classica versione della BEA. In termini generali, l'implementazione del modello consente di determinare la SLP da costruire e da vendere in grado di garantire la soglia minima di accettabilità dell'investimento per il soggetto privato, attraverso la determinazione della quantità di superficie di pareggio, per la quale i ricavi totali ed i costi totali si eguagliano, l'extra-profitto è pari a zero ed è garantito il profitto "normale" atteso dal promotore dell'iniziativa.

Il modello richiama l'espressione che consente di determinare la quantità SLP di pareggio (q) nella BEA, ovvero l'Eq. (3):

$$q = \frac{C_f}{p_u - C_{v_u}} \quad (3)$$

q è la quantità di SLP [m^2];

C_f rappresenta i costi fissi [];

p_u è il prezzo di vendita per SLP unitaria [$/m^2$];

C_{v_u} rappresenta il costo variabile unitario di investimento [$/m^2$].

Moltiplicando i due termini dell'Eq. (3) per $(p_u - C_{v_u})$, si ottiene l'Eq. (4):

$$p_u \cdot q = C_f + C_{v_u} \cdot q \quad (4)$$

L'espressione matematica in Eq. (4) esprime l'uguaglianza tra R_t e C_t , essendo $R_t = p_u \cdot q$ e $C_t = C_f + C_{v_u} \cdot q$.

Nel modello proposto p_u e C_{v_u} non costituiscono due ter-

mini costanti: è, invece, necessario costruire il loro andamento «reale» e di tipo non lineare.

In particolare, la costruzione di questo trend necessita dell'introduzione di due nuove variabili, ovvero i) $r =$ saggio di variazione, che esprime la volatilità del mercato di riferimento a mutamenti della domanda/offerta immobiliare, ii) $q_l =$ quantità di SLP limite, ovvero la superficie in grado di soddisfare la domanda corrente di nuove unità immobiliari, oltre la quale si innesca un surplus di offerta che può essere assorbito dal mercato locale a prezzi unitari inferiori agli attuali valori di mercato unitari per immobili analoghi.

Indicando con (\bar{p}_u) il valore di mercato unitario delle nuove unità da realizzare in considerazione delle attuali condizioni di offerta (quindi *prima* della immissione di nuove superfici) e con $\Delta q = \frac{q - q_l}{q_l}$ il differenziale tra le quantità di SLP generate dall'investimento in valutazione e quelle di saturazione dell'attuale domanda di mercato, la funzione non lineare del prezzo unitario sarà quella espressa in Eq. (5):

$$p_u = \frac{\bar{p}_u}{(1 + r)^{\Delta q}} \quad (5)$$

Per quanto riguarda il costo variabile unitario (C_{v_u}), devono essere considerati differenti termini, che possono essere classificati come segue:

- la voce di spesa indipendente dal prezzo unitario di vendita (ossia costo di costruzione, spese tecniche, spese generali, oneri di urbanizzazione, oneri finanziari), indicata con $C_{v'_u}$;
- la voce di spesa che dipende dal prezzo di vendita, che costituisce il profitto unitario atteso dall'imprenditore ordinario che realizza l'intervento, fissato uguale a $a \cdot p_u = a \cdot \frac{\bar{p}_u}{(1+r)^{\Delta q}}$, con a definito come il margine di profitto normale atteso, in termini percentuali, sul prezzo unitario di vendita.

Dunque, il costo variabile unitario può essere espresso mediante l'Eq. (6):

$$(C_{v'_u} + a \cdot \frac{\bar{p}_u}{(1+r)^{\Delta q}}) = C_{v_u} \quad (6)$$

Inserendo la (5) e la (6) nella (4) il bilancio finanziario dell'iniziativa è riportato in Eq. (7):

$$\frac{\bar{p}_u}{(1+r)^{\Delta q}} \cdot q = C_f + (C_{v'_u} + a \cdot \frac{\bar{p}_u}{(1+r)^{\Delta q}}) \cdot q \quad (7)$$

In definitiva, i parametri del modello RE-BEA sono:

- il valore di mercato unitario delle unità da realizzare (\bar{p}_u), stimato con riferimento alle condizioni correnti di mercato;
- la quantità di SLP limite (q_l), estrapolata a seguito di

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

un'analisi di mercato, tenendo conto delle previsioni dagli strumenti urbanistici vigenti, del rapporto tra trend demografico e stock immobiliare esistente, ecc.;

- i costi fissi (Cf) dell'investimento ed il costo variabile unitario (Cv'_u) correlato alle voci di spesa indipendenti dal prezzo unitario di vendita;
- il saggio di variazione (r), stimato considerando la media dei tassi di rivalutazione/svalutazione delle quotazioni semestrali pubblicate dall'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI) dell'Agenzia delle Entrate per la città, la microzona, e la destinazione d'uso analizzata (Tajani e Morano, 2018). Tale saggio riflette la volatilità temporale del mercato in analisi, e consente di contemperare, nella costruzione dell'andamento del prezzo unitario al variare della quantità di SLP, la rischiosità dell'investimento connessa alla capacità di assorbimento del mercato delle nuove superfici realizzate;
- il margine di profitto normale (a) atteso dall'imprenditore, stimato in termini percentuali sui ricavi unitari.

Valutati tali parametri, sarà possibile stimare, mediante un calcolo iterativo, la quantità di SLP di pareggio (q).

Come la versione classica della BEA, il modello RE-BEA risulta di rilevante utilità per la identificazione di soluzioni *win-win* da attuare in partenariato pubblico-privato, laddove, a fronte di una specifica richiesta della Pubblica Amministrazione – contemperata nel valore dei costi fissi – potrebbe accadere che le condizioni di mercato non consentano in nessun caso di soddisfare tale carico da parte dell'investitore privato: in tal senso, il modello restituisce un fronte paretiano – per diversi valori, ad esempio, della q o del margine di profitto normale a atteso dall'imprenditore – delle combinazioni ottimali delle superfici da realizzare (q) e della massima richiesta che può essere avanzata al soggetto promotore dalla Pubblica Amministrazione (Cf_{max}).

5. CASO STUDIO

Il modello RE-BEA è stato implementato ad un caso studio costituito da sei ex siti industriali ubicati in una città del Sud Italia, per i quali è prevista dallo strumento urbanistico vigente la riqualificazione e riconversione funzionale. Nella Figura 3 è mostrato lo stato di degrado delle aree analizzate e nella Figura 4 è riportata la localizzazione delle differenti aree industriali selezionate all'interno dell'ambito cittadino.

Si osserva che i sei compendi sono ubicati nel contesto urbanizzato e, attualmente, sono costituiti da edifici abbandonati con relative pertinenze esterne. Secondo quanto sancito dalle normative urbanistiche locali, sulle aree oggetto di studio è attuabile la riconversione funzionale delle fabbriche esistenti, anche mediante abbattimento e ricostruzione, realizzando destinazioni d'uso residenziale e a spazi pubblici rispettivamente per il 70%

ed il 30% della superficie territoriale totale.

Si ipotizza che l'iniziativa di riqualificazione dei sei compendi sia promossa da un imprenditore privato, previa verifica della fattibilità finanziaria dell'investimento, impiegando il modello di valutazione RE-BEA.



Figura 3 - Caso studio.



Figura 4 - Localizzazione delle aree industriali dismesse og-

5.1 Applicazione del modello RE-BEA e confronto degli output ottenuti con la classica versione della BEA

La Tabella 1 riporta i principali dati ipotizzati per il caso studio, relativo alle sei aree dismesse, caratterizzate da una superficie territoriale totale di circa 86.000 m², per le quali è consentito il cambio di destinazione d'uso in residenziale, per una SLP totale di 60.000 m².

Il prezzo unitario di vendita delle unità residenziali ($\overline{p_u}$)

è stato ottenuto consultando i database dell'OMI dell'Agencia delle Entrate, validati ed eventualmente adeguati attraverso un'indagine diretta condotta presso gli operatori del mercato locale.

Con riferimento alla quantità di SLP limite (ql), è stata effettuata un'analisi del mercato di riferimento, al fine di verificare la quantità massima di superficie ammissibile secondo le prescrizioni previste dagli strumenti urbanistici vigenti ed il rapporto tra numero di edifici esistenti (offerta attuale) e l'andamento demografico (domanda attuale e prevista).

Il costo variabile unitario (Cv'_u) è stato stimato considerando le spese relative alle quantità di SLP realizzate e vendute, in quanto, nel loro ammontare monetario complessivo, mutano proporzionalmente alla variazione della quantità.

I costi fissi dell'intervento (Cf), relativi agli oneri di urbanizzazione ed ai costi di bonifica, sono stati invece determinati analizzando le spese relative alle quantità di SLP da costruire e vendere, caratterizzate da un importo monetario costante.

Il margine di profitto normale (a) atteso dall'imprenditore coinvolto nell'iniziativa di trasformazione è stato calcolato in termini percentuali sui ricavi unitari, considerando il tasso di profitto medio che, nel mercato di riferimento, un investitore ordinariamente mira a ottenere, in ragione del rischio globale sostenuto tecnico e finanziario dell'investimento. È doveroso rimarcare, infatti, che la partecipazione di un investitore ad un'iniziativa presuppone la convenienza di tale soggetto a prender parte alla stessa, assumendosi i rischi derivanti dalla eventualità di imperfezioni tecniche dei beni prodotti (rischio tecnico), quelli connessi alla eventuale mancata vendita dei beni stessi a seguito di un mutamento della quantità domandata (rischio di mercato) e quelli correlati al costo-opportunità del proprio capitale impegnato nell'operazione (rischio finanziario).

Il tasso di variazione (r) è stato stimato tenendo conto della media dei tassi di rivalutazione/svalutazione delle quotazioni semestrali pubblicate dall'OMI dell'Agencia delle Entrate per l'area urbana e commerciale e della destinazione d'uso analizzata (Tajani & Morano, 2018) considerando il periodo dal I semestre 2006 al II semestre 2021.

Partendo dai valori assunti per i parametri, in primo luogo è stata effettuata l'analisi del diverso andamento della

curva dei ricavi totali nella BEA e nella RE-BEA, tenendo conto dell'invarianza del p_u nel primo modello (lineare) e dell'andamento decrescente di p_u nel secondo (non li-

Tabella 1 - Valori dei parametri per l'applicazione del modello RE-BEA

$\overline{p_u}$	2.500 /m ²
ql	20.000 m ²
Cv'_u	1.550 /m ²
Cf	10.000.000
a	20%
r	0,18

neare).

Partendo dai valori assunti per i parametri, in primo luogo è stata effettuata l'analisi del diverso andamento della curva dei ricavi totali nella BEA e nella RE-BEA, tenendo conto dell'invarianza del p_u nel primo modello (lineare) e dell'andamento decrescente di p_u nel secondo (non lineare).

Dal grafico di Figura 5 si osserva che la curva non lineare, nella prima parte posta al di sopra di quella lineare, in corrispondenza della quantità di SLP pari a 20.000 m², interseca la curva dei ricavi lineari e che, oltre tale quantità, i ricavi totali diminuiscono, diventando inferiori ai ricavi del modello lineare.

Il grafico in Figura 6 mostra l'andamento dei costi totali nei modelli BEA e RE-BEA ed attesta una sostanziale corrispondenza tra le due curve, in quanto la differenza rilevata tra i costi totali nel modello classico della BEA e quelli nel modello RE-BEA è limitata. Analogamente ai ricavi totali, anche per i costi totali fino alla quantità di SLP pari a 20.000 m² nella BEA si osservano valori dei ricavi totali inferiori rispetto a quelli della RE-BEA e, oltre tale quantità, si verifica una variazione nel trend con ricavi lineari che, continuando a crescere, superano i valori non lineari.

Si precisa che le curve dei costi totali in entrambi i modelli non intersecano l'origine degli assi cartesiani, considerando i costi totali come somma dei costi fissi e dei costi variabili e, quindi, nella situazione in cui nessuna quantità viene realizzata e venduta ($q = 0$), includendo nel totale dei costi l'unica aliquota dei costi indipendente dalla quantità costruita (Cf).

Inoltre, nei grafici riportati nelle Figure 5 e 6 le curve dei ricavi totali e dei costi totali mostrano un andamento con derivata prima decrescente, coerente, nel primo caso (curva dei ricavi totali), con la legge delle utilità marginali decrescenti, nel secondo (curva del costo totale), con i meccanismi di economie di scala innescati da una mag-

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

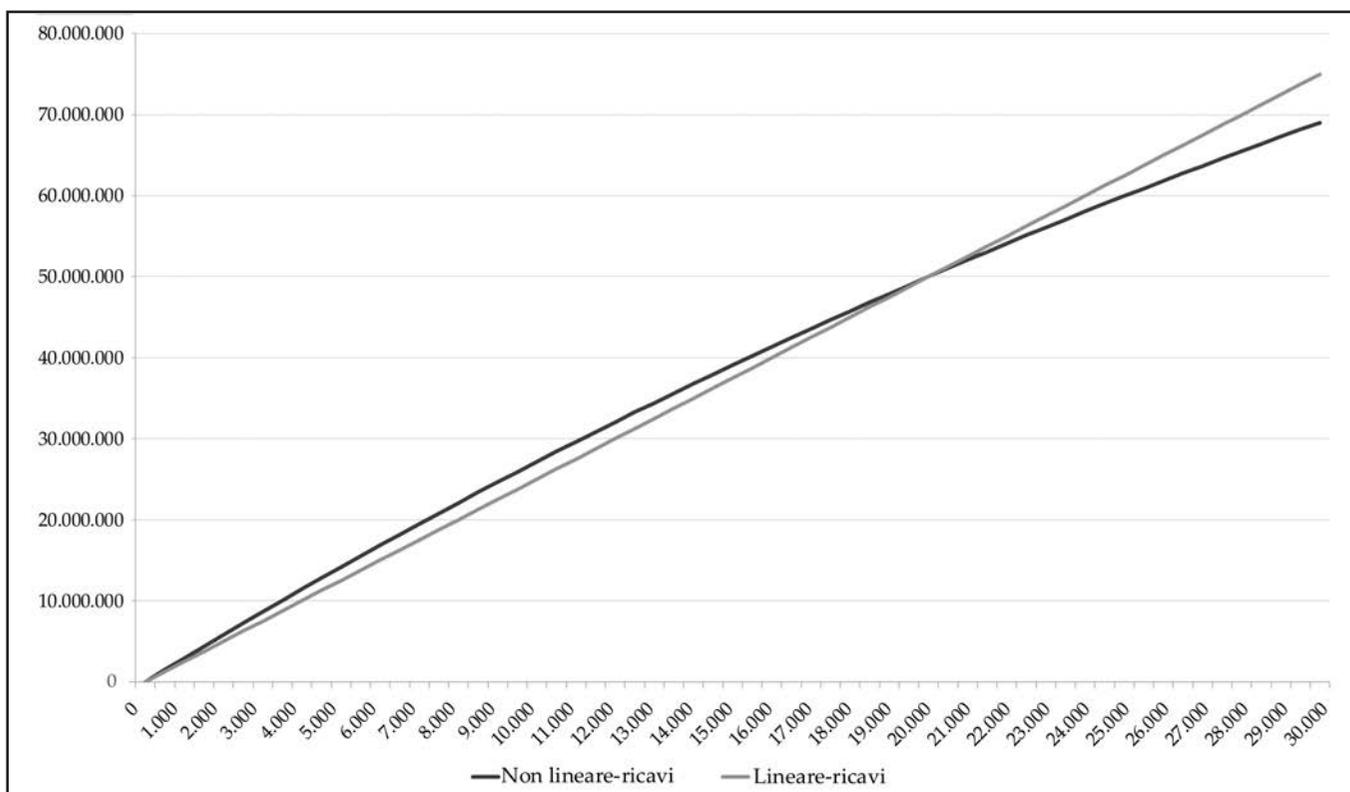


Figura 5 - Andamento dei ricavi totali nel modello RE-BEA (curva rossa) e nel modello BEA (linea verde).

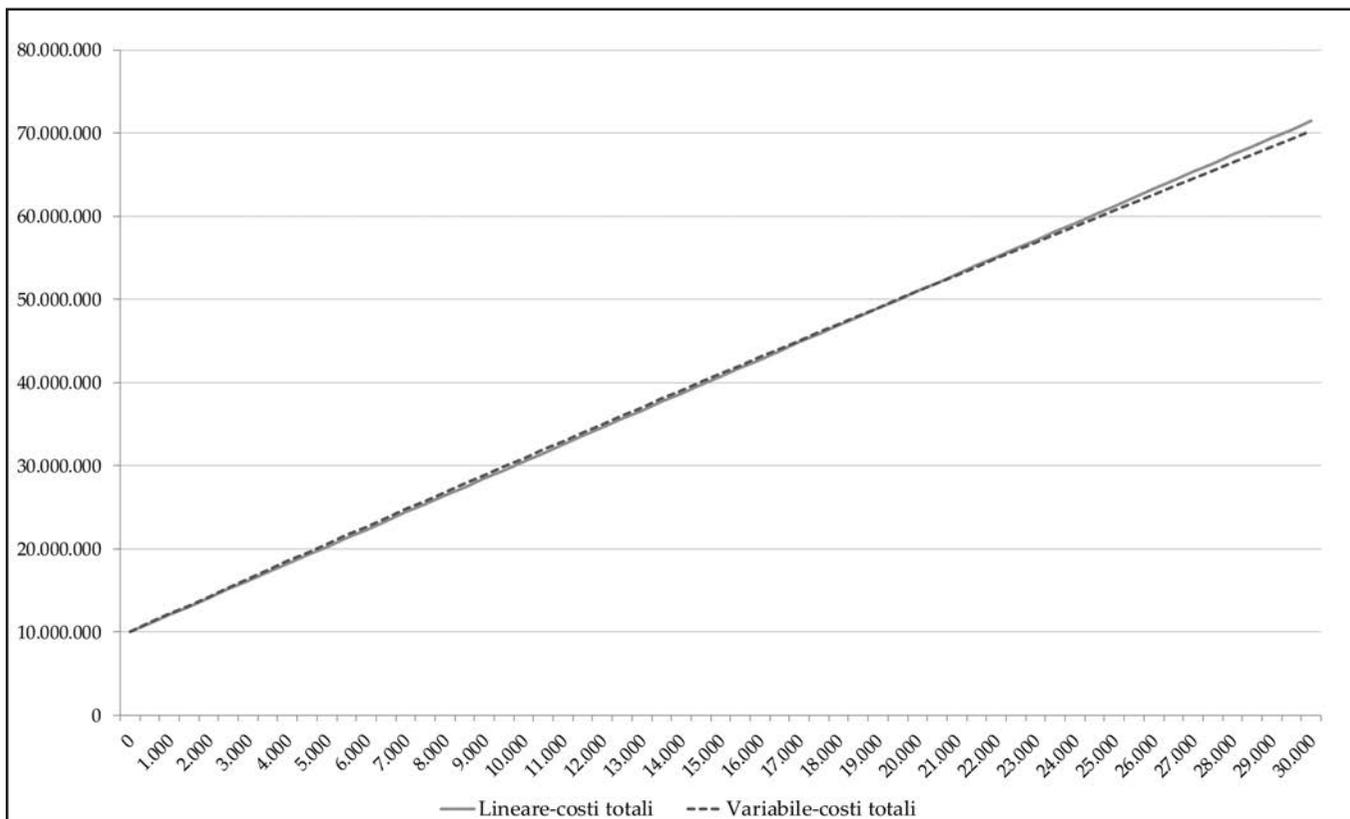


Figura 6 - Andamento dei costi totali nel modello RE-BEA (curva tratteggiata blu) e nel modello BEA (linea arancione).

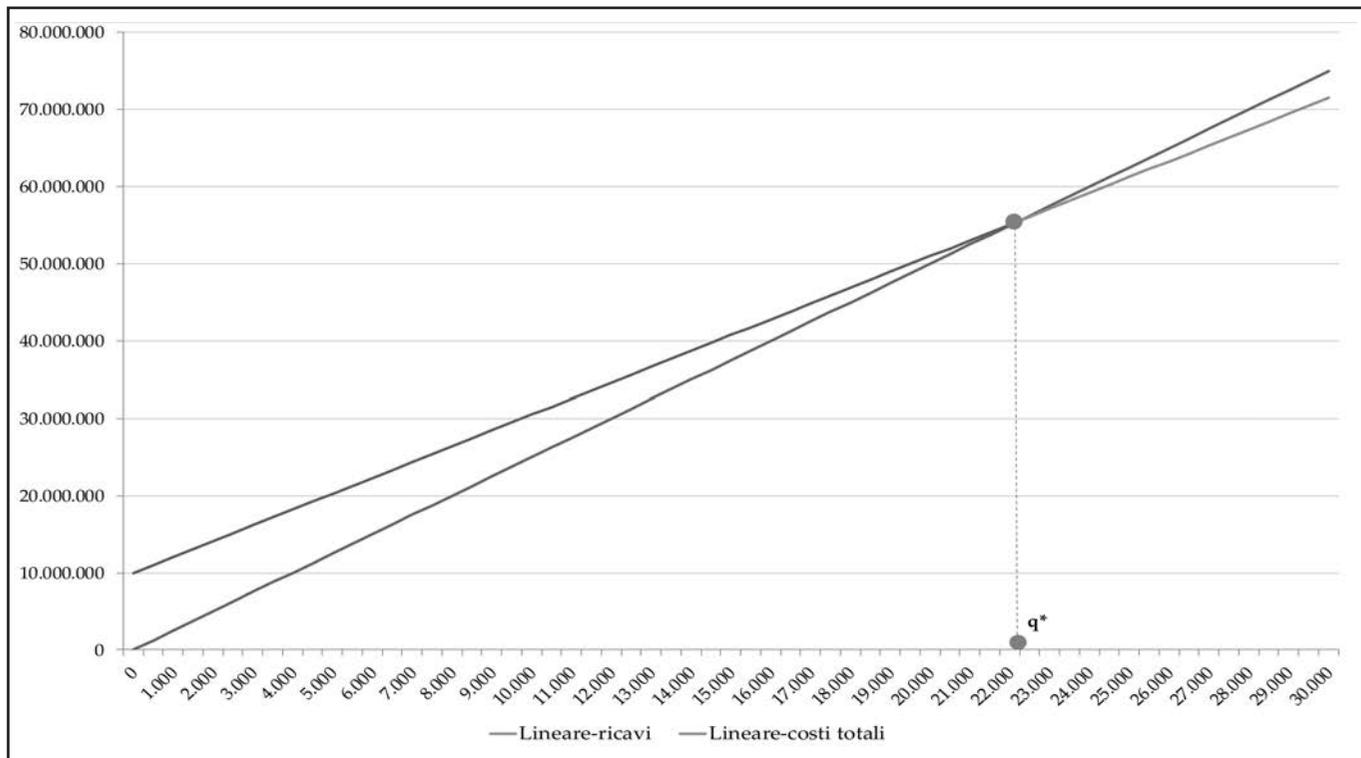


Figura 7 - Andamento dei ricavi totali (linea verde) e dei costi totali (linea arancione) e identificazione del punto di pareggio nel modello BEA.

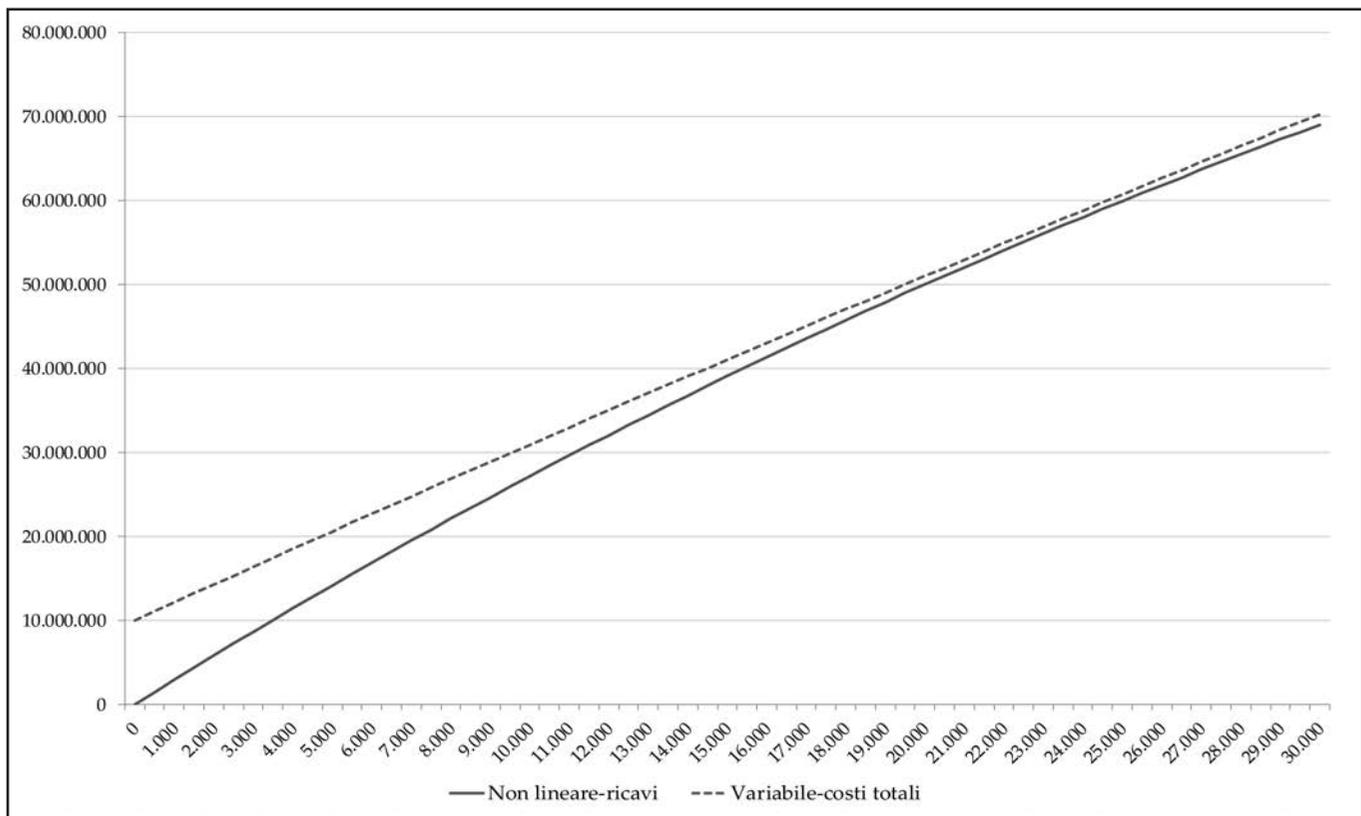


Figura 8 - Andamento dei ricavi totali (curva rossa) e dei costi totali (curva tratteggiata blu) nel modello RE-BEA.

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

giore quantità di prodotto (ovvero di SLP).

Le Figure 7 e 8 mostrano l'andamento dei ricavi e dei costi totali nel modello BEA (grafico in Figura 7) e quello dei ricavi e dei costi totali nel modello RE-BEA (grafico in Figura 8), al fine di i) in Figura 7, identificare il punto di pareggio (q^*) in grado di assicurare la condizione di minima convenienza finanziaria per l'investitore assumendo le ipotesi di base della versione classica della BEA e ii) in Figura 8, verificare l'esistenza di un punto di pareggio ed, eventualmente, determinare la SLP in corrispondenza della quale i ricavi totali sono uguali ai costi totali.

Dall'analisi dell'andamento delle curve costruite emergono interessanti considerazioni.

Innanzitutto, va evidenziato che, mentre nella BEA viene individuato un punto di pareggio (q^*), pari a circa 22.200 m², nel modello RE-BEA la curva dei ricavi non riesce mai ad intersecare quella dei costi: pertanto, per le condizioni di mercato considerate per la presente applicazione, è necessario riformulare alcuni parametri per determinare la quantità in grado di garantire la condizione di minima convenienza finanziaria per l'investitore privato. Ad esempio, si potrebbe ipotizzare di variare i costi fissi, per i quali potrebbe prevedersi l'intervento di un parziale finanziamento pubblico (anche mediante riduzione degli oneri di urbanizzazione previsti per il progetto), soprattutto laddove la realizzazione dell'iniziativa comporterebbe rilevanti impatti sociali ed ambientali nel contesto di riferimento. In termini grafici, sostanzialmente, questa eventualità comporterebbe una traslazione, verso l'asse delle ascisse, della curva dei costi totali, in maniera da poter generare un punto di tangenza (ovvero la quantità di SLP di pareggio) con la curva dei ricavi totali.

Nel caso in analisi, il modello RE-BEA restituisce un punto di *break-even*, pari a 24.000 m² di SLP (maggiore rispetto a quello restituito dal modello BEA), solo se si considera un ammontare dei costi fissi massimo pari a 9.237.072 (minore quindi di quello preventivato). Inoltre, il modello RE-BEA fornisce un altro output fondamentale: le condizioni di mercato ipotizzate non consentono di assorbire le nuove superfici (24.000 m²), eccedendo la quantità limite di SLP (q_l) pari a 20.000 m², ad un prezzo unitario di 2.500 €/m² (valore di mercato unitario stimato per l'attuale livello di domanda, ovvero *prima* dell'attuazione degli interventi in valutazione), ma ad un prezzo unitario di vendita inferiore, ovvero circa 2.420 €/m².

In Tabella 2 sono riportati i risultati che si ottengono per diversi valori della q_l sviluppando un'analisi di scenario, in termini di quantità di *break-even* restituita dal modello RE-BEA ($q_{non\ lineare}$) e valori di Cf_{max} .

Si osserva che in condizioni di maggiore q limite la curva

dei ricavi riesce ad intersecare la curva dei costi, ovvero il Cf_{max} è sempre pari a 10.000.000; inoltre, a maggiori valori di q limite corrisponde una riduzione della quantità di *break-even* ed un incremento del prezzo unitario di vendita. Ad esempio, se l'offerta prevista dagli strumenti di piano corrispondesse alla q limite (60.000 m²), ovvero all'attuale domanda, l'iniziativa sarebbe conveniente già

Tabella 2 - Output ottenuti in corrispondenza di diversi valori di q_l

q_l [m ²]	$q_{non\ lineare}$ [m ²]	p_u [€/m ²]	Cf_{max}
20.000	24.000	2.419	9.237.073
25.000	18.671	2.607	10.000.000
30.000	16.557	2.692	10.000.000
35.000	15.563	2.741	10.000.000
40.000	14.963	2.773	10.000.000
45.000	14.557	2.796	10.000.000
50.000	14.262	2.814	10.000.000
55.000	14.037	2.828	10.000.000
60.000	13.861	2.839	10.000.000

per una SLP di 13.860 m², vendibile ad un prezzo unitario di circa 2.840 €/m², ovvero circa il 14% in più del valore di mercato inizialmente stimato.

I due grafici nelle Figure 9 e 10 riportano i) gli andamenti delle quantità di *break-even* per i modelli lineare (BEA) e non lineare (RE-BEA) al variare di q_l , ii) gli andamenti di $q_{non\ lineare}$ e Cf_{max} al variare di q_l .

Nel grafico di Figura 9 sono rappresentate le SLP di *break-even* q sia nella BEA, determinando la quantità di SLP (q^*) ed implementando l'Eq. (1) con p_u , C_f e C_v assunti come valori costanti, sia nel modello RE-BEA, in cui le quantità di pareggio sono state ottenute applicando l'algoritmo sviluppato in maniera iterativa.

Come atteso, l'andamento della quantità di pareggio per il modello BEA non muta al variare di q_l , essendo configurato sul grafico dell'istogramma come barre verticali uguali tra loro in altezza. Nel modello RE-BEA, invece, l'andamento delle quantità di pareggio è decrescente, a partire dal valore pari a 24.000 m² in corrispondenza di $p_u = 2.418$ €/m², di Cf_{max} pari a 9.237.072 e di $q_l = 20.000$ m², al valore di 13.860 m², considerando q_l pari a 60.000 m², $p_u = 2.839$ €/m² e $Cf_{max} = 10.000.000$.

Un ulteriore output del modello RE-BEA concerne la definizione di un fronte paretiano delle combinazioni ottimali di superfici da realizzare (le quantità di *break-even* di SLP), in grado di garantire la minima fattibilità finanziaria del-

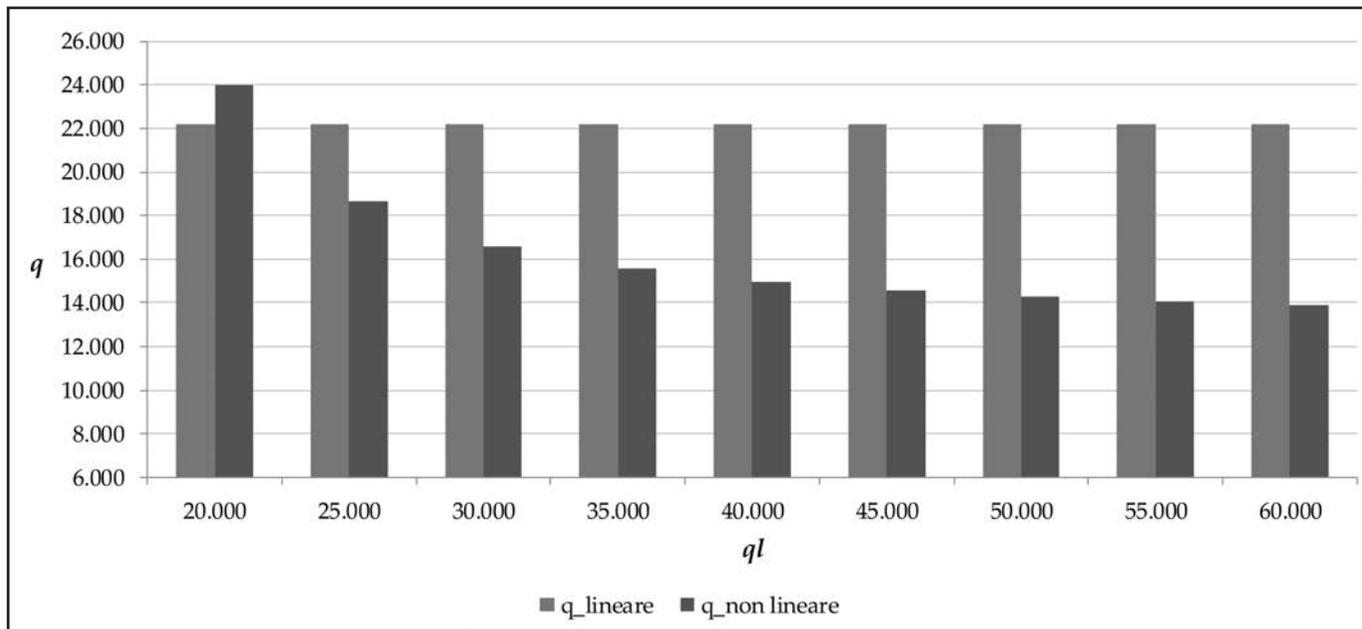


Figura 9 - Andamento delle quantità di pareggio per i modelli BEA e RE-BEA al variare di q_l .

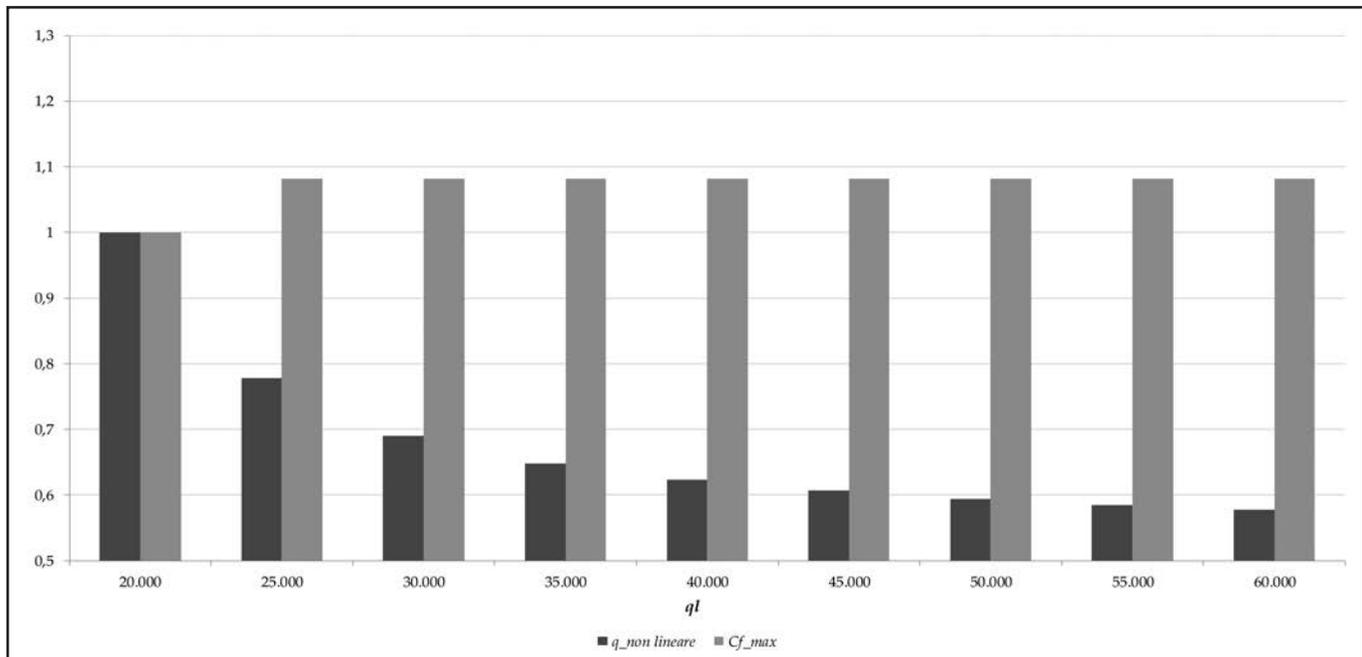


Figura 10 - Andamenti della $q_{non\ lineare}$ e dei Cf_{max} normalizzati al variare di q_l .

l'iniziativa, ed il corrispondente ammontare massimo ammissibile dei costi fissi (Cf_{max}).

Il grafico in Figura 10 mostra gli andamenti di $q_{non\ lineare}$ e di Cf_{max} al variare di q_l , supponendo che per q_l limite pari a 20.000 m² la quantità di pareggio q sia pari a 24.000 m² che tuttavia, come già detto, può essere costruita solo per un importo di costi fissi pari a 9.237.072. Per rispettare il dato inizialmente assunto di $Cf_{max} = 10.000.000$, la condizione di minima fattibilità finanziaria

per l'investitore si verifica in corrispondenza di quantità di SLP progressivamente inferiori rispetto a q_l crescenti e, inoltre, ad un prezzo unitario di vendita superiore al valore di mercato inizialmente stimato ($p_u = 2.500 /m^2$).

La Tabella 3 mostra, in corrispondenza di diversi margini di profitto normale attesi dall'investitore privato, i diversi valori di SLP di pareggio ottenuti nei modelli BEA e RE-BEA, ed il prezzo unitario di vendita ed il Cf_{max} relativi al modello RE-BEA. Nei grafici di Figura 11, aumentando il

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

profitto atteso a , l'implementazione del modello BEA determina quantità di pareggio crescenti, mentre il modello RE-BEA, non generando mai una soluzione ammissibile per $Cf_{max} = 10.000.000$, definisce degli ottimi paretiani $[q; p_u; Cf_{max}]$, con $Cf_{max} < 10.000.000$, tali da garantire la sostenibilità finanziaria dell'iniziativa per l'operatore privato. Le combinazioni dei valori $[q; p_u; Cf_{max}]$ ottenuti attraverso il modello non lineare – riportate nella Tabella 3 – al variare del margine di profitto normale, definiscono le soluzioni ottimali in termini di sostenibilità finanziaria dell'investimento.

Analizzando Tabella 3, si osserva che per una quantità di

Tabella 3 - Valori di SLP di pareggio nel modello BEA e combinazioni dei valori $[q; p_u; Cf_{max}]$ nel modello RE-BEA variando il margine di profitto normale a

a	$q_{lineare}$ [m ²]	$q_{non\ lineare}$ [m ²]	p_u [€/m ²]	Cf_{max}
20%	22.222	24.000	2.419	9.237.073
22%	25.000	22.654	2.446	8.101.922
24%	28.571	21.241	2.474	7.021.989
26%	33.333	19.779	2.505	6.000.684
28%	40.000	18.266	2.536	5.041.716
30%	50.000	16.696	2.569	4.149.130
32%	66.667	15.068	2.604	3.327.353

pareggio prossima alla domanda limite ($q_{non\ lineare} = 19.780\ m^2$), corrispondente ad $a = 26\%$, il prezzo unitario di vendita tende a coincidere con il valore di mercato stimato. Inoltre, per valori maggiori di SLP, il prezzo unitario di vendita diminuisce (l'offerta supera la domanda limite), mentre per valori minori di SLP di *break-even* il prezzo unitario può essere più elevato (la domanda di mercato non è completamente saturata dall'offerta).

Ad un incremento del margine di profitto, l'algoritmo del modello BEA restituisce quantità di pareggio sempre crescenti, mentre gli output del modello RE-BEA sono inversi: la soddisfazione di una maggiore redditività non è direttamente correlata ad un incremento delle quantità, ma è funzione delle condizioni specifiche del mercato di riferimento.

In questo senso, per il caso di studio analizzato, per assicurare la condizione di convenienza finanziaria è necessaria una riduzione delle quantità realizzate, a cui corrisponderà un aumento del prezzo unitario di vendita ed una diminuzione dell'ammontare dei costi fissi massimo sostenibile dal promotore privato.

La Figura 11 mostra i diversi valori di SLP di pareggio ottenuti nei modelli BEA e RE-BEA, variando il margine di profitto normale atteso dall'investitore privato.

Con riferimento al modello RE-BEA, aumentando il margine di profitto atteso a , in Figura 12 sono riportati i) il trend decrescente della quantità di SLP che assicura la condizione di minima convenienza finanziaria per l'operatore privato, ii) il trend crescente di p_u e iii) la relazione funzionale inversa rilevata tra a e Cf_{max} . In particolare,

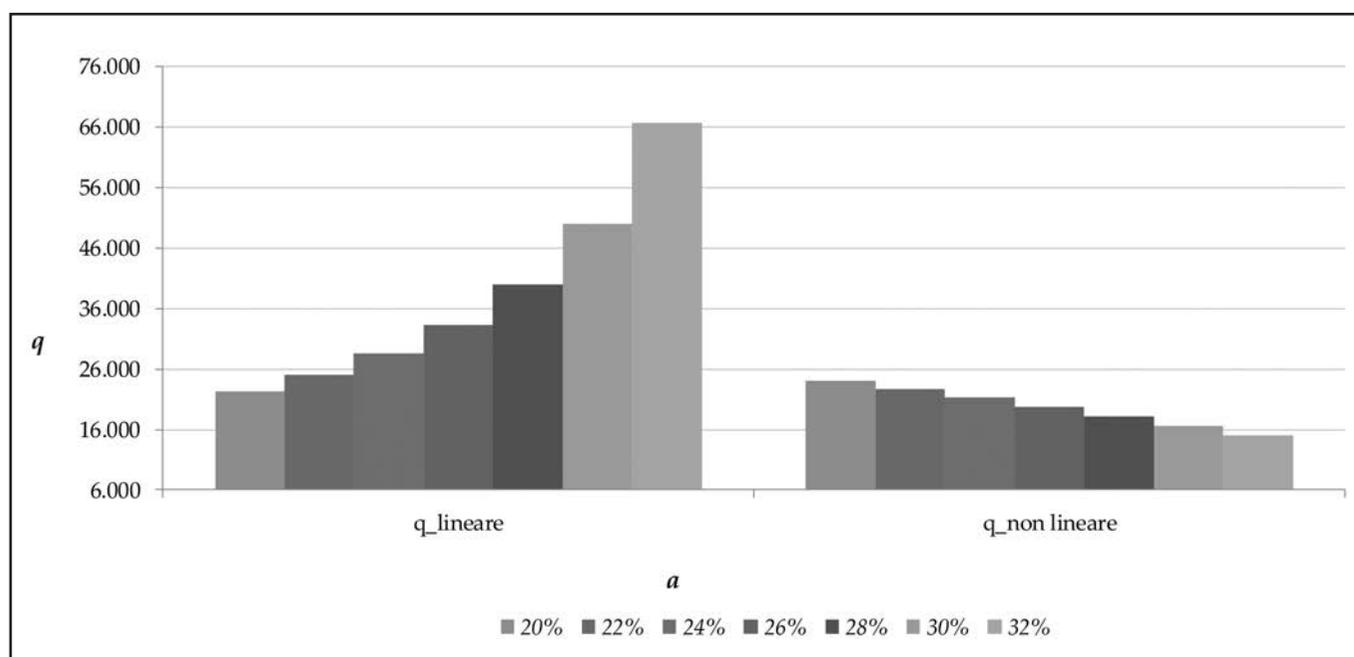


Figura 11 - Andamento di $q_{lineare}$ e $q_{non\ lineare}$ al variare di a .

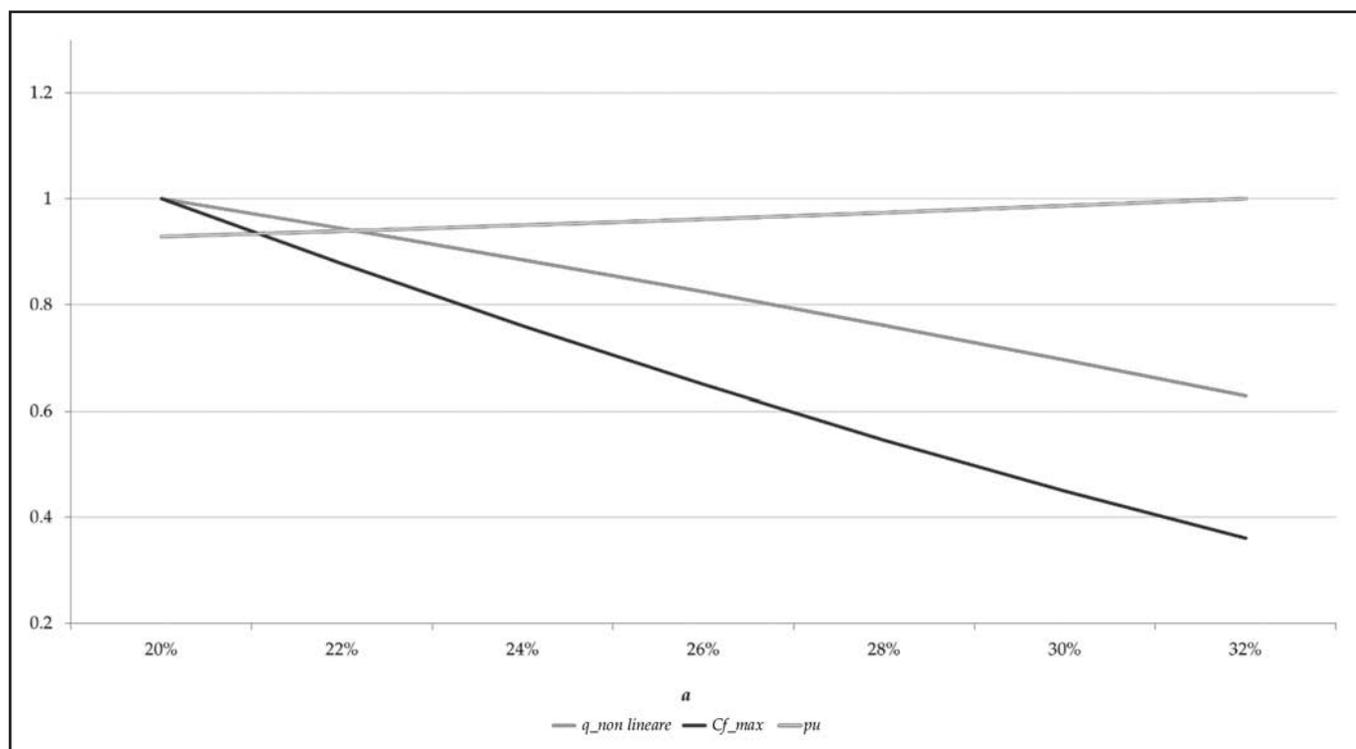


Figura 12 - Andamento di $q_{non\ lineare}$ (curva arancione), Cf_{max} (curva blu) e p_u (curva rossa) in corrispondenza di diversi valori di a .

dato il margine di profitto a calcolato sui ricavi unitari e, quindi, sul prezzo unitario di vendita, si osserva una correlazione diretta tra le due variabili ($q_{non\ lineare}$ e p_u).

In Figura 12, in corrispondenza di margini di profitto crescenti nell'intervallo [20%; 32%], è mostrato l'andamento decrescente di $q_{non\ lineare}$ e sono rappresentati i corrispondenti trend dei parametri Cf_{max} e p_u tali da garantire la condizione di convenienza finanziaria per l'investitore privato.

6. CONCLUSIONI

L'attuale e crescente interesse per il recupero e la riconversione funzionale di siti industriali dismessi ubicati nelle aree urbane ha dimostrato la necessità di definire e adottare strumenti decisionali efficaci, in grado di orientare le scelte di investimento verso soluzioni redditizie per l'investitore privato e vantaggiose per la collettività.

Le strutture altamente complesse del patrimonio industriale dismesso sono spesso testimonianze importanti di un passato sociale, spaziale, culturale e tecnologico delle città (Ifko, 2016). Questi compendi, a partire dagli anni '70, a seguito di rilevanti mutamenti economici strutturali, hanno progressivamente perso la loro vitalità, trasformandosi in luoghi abbandonati o inattivi.

In termini generali, la riqualificazione dei siti industriali dismessi è parte integrante delle attuali politiche di sviluppo del territorio, volte a promuovere strategie di ricon-

versione e valorizzazione funzionale delle aree urbane, introducendo usi diversi da quelli originari e coerenti con le mutate esigenze della collettività.

In tal senso, il tema della riconversione delle aree industriali richiede la consapevolezza delle dinamiche di conservazione e/o trasformazione del patrimonio immobiliare, in linea con i principi di rivitalizzazione sostenibile di tali siti (Berta et al., 2018; Song et al., 2019).

In questa tematica, il ruolo assunto dalle procedure di partenariato pubblico-privato è sempre più centrale, in quanto il coinvolgimento di appropriate competenze di soggetti privati è fortemente richiesto per l'attuazione di tali iniziative (Tajani et al., 2020; Liu et al., 2014). Vi è quindi una rilevante coerenza di modelli di valutazione delle soluzioni progettuali, in grado di i) determinare la convenienza finanziaria dell'investimento, ii) identificare i benefici derivanti dall'intervento in termini di miglioramento della qualità urbana, sociale ed economica per le comunità coinvolte, iii) definire una lista di priorità temporale dei progetti da realizzare sul territorio.

Il modello di valutazione sviluppato nella presente ricerca rappresenta un valido ed innovativo strumento di supporto alle decisioni, laddove la complessità degli interventi pianificati sul territorio necessita di un apparato logico-matematico maggiormente attinente ai reali fenomeni di mercato. Il modello consente di verificare la fattibilità finanziaria delle iniziative di trasformazione urbana e, al contempo, di orientare i processi di selezione dei soggetti coinvolti verso operazioni di successo.

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

L'implementazione del modello RE-BEA ad un caso studio, relativo a sei siti industriali dismessi ubicati nel contesto urbano di una città del Sud Italia, ha evidenziato la sua maggiore attendibilità rispetto all'applicazione classica della tecnica originaria (*Break-Even Analysis* con ipotesi di linearità), laddove le specifiche condizioni di mercato impongono di considerare la reale evoluzione dei parametri finanziari che definiscono l'algoritmo del modello.

Ulteriori approfondimenti della ricerca potranno riguardare l'applicazione di altre tecniche di valutazione volte a valutare la convenienza finanziaria dell'investimento, al fine di confrontare e validare i risultati ottenuti dall'impiego del modello RE-BEA. In tal senso, anche con riferi-

mento allo stesso caso di studio, la *Discounted Cash Flow Analysis* potrebbe essere sviluppata per indagare l'attendibilità degli output della RE-BEA, contemperando la distribuzione temporale di costi e ricavi entro un adeguato periodo di analisi. Infine, il modello proposto potrebbe essere applicato ad altri casi studio relativi ad interventi di rigenerazione urbana localizzati in diversi contesti geografici, in maniera da testare opportunamente le ipotesi del modello in differenti scenari di mercato.

I principali limiti della RE-BEA riguardano l'incapacità del modello di prevedere gli effetti di shock significativi (quali crisi finanziarie, politiche fiscali inattese e rilevanti, eventi straordinari come la pandemia da Covid-19 o l'avvio di

* **Francesco Tajani**, Dipartimento di Architettura e Progetto – Università La Sapienza di Roma, Roma 00196, Italia
email: francesco.tajani@uniroma1.it

** **Pierluigi Morano**, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica, Politecnico di Bari, Bari 70126, Italia
email: pierluigi.morano@poliba.it

*** **Felicia Di Liddo**, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica, Politecnico di Bari, Bari 70126, Italia
email: felicia.diliddo@poliba.it

Contributi degli autori

Il paper è da attribuire in parti uguali agli Autori.

guerre, ecc.) che determinano variazioni rilevanti e strutturali del mercato immobiliare. In queste situazioni, è necessario definire nuovi modelli di valutazione le cui logiche sottese tengano conto delle dinamiche immobiliari in atto e dei reali trend osservabili. Tuttavia, si sottolinea che il limite espresso non concerne specificatamente il modello RE-BEA ma gli strumenti di valutazione in generale, essendo questi sviluppati e calibrati sulla base degli attuali meccanismi del mercato.

Bibliografia

ABDUROFI I., ISMAIL M.M., ISMAIL N.W., ABDULLAH A.M., *Application of Cost-Benefit and Break-Even Analysis for the Development of Stingless Bees Farming, in Malaysia*. International Journal of Business and Society, Vol. 22, No. 2, 2021, pp. 846-861.

ALIHODŽI JAŠAROVI E., PEROVI S., PAUNOVI ŽARI S., *Impacts of Arsenal Brownfield Regeneration on Urban Development of Tivat in Montenegro: From Industrial Settlement to Center of Nautical Tourism*, Sustainability, Vol. 13, No. 15, 2021, p. 8549.

ALTROCK U., MA H., *Regeneration of derelict industrial sites in Guangzhou and Shenzhen*, Maturing Megacities, Springer, Dordrecht, 2014, pp. 191-217.

ARA J., MOHEUDDIN M.M., HOSSAIN S. & TITU M.A.S., *A mathematical study of break-even analysis based on dairy farms in Bangladesh*, International Journal of Economic Behavior and Organization, Vol. 8, No. 2, 2020, pp. 38-43.

BERTA M., BOTTERO M., FERRETTI V., *A mixed methods approach for the integration of urban design and economic evaluation: Industrial heritage and urban regeneration in China*, Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, Vol. 45, No. 2, 2018, pp. 208-232.

BOTTERO M., OPPIO A., BONARDO M., QUAGLIA G., *Hybrid evaluation approaches for urban regeneration processes of landfills and industrial sites: the case of the Kwun Tong area in Hong Kong*, Land use policy, Vol. 82, 2019, pp. 585-594.

CHAN H.H., HU T.S., FAN P., *Social sustainability of urban regeneration led by industrial land redevelopment in Taiwan*, European Planning Studies, Vol. 27, No. 7, 2019, pp. 1245-1269.

CLAVER J., SEBASTIÁN M.A., SANZ-LOBERA A., *Opportunities of the multicriteria methods in the study of immovable assets of the Spanish industrial heritage*, Procedia engineering, Vol. 132, 2015, pp. 175-182.

COSCIA C., CURTO R., *Valorising in the absence of public resources and weak markets: The case of "Ivrea, the 20th century industrial city"*, Appraisal: From Theory to Practice: Results of SIEV 2015, 2017, pp. 79-99.

DE SOUSA C., *Contaminated sites: The Canadian situation in an international context*, Journal of Environmental Management, Vol. 62, No. 2, 2001, pp. 131-154.

DE VOR F., DE GROOT H.L., *The impact of industrial sites on residential property values: A hedonic pricing analysis from the Netherlands*, Regional Studies, Vol. 45, No. 5, 2011, pp. 609-623.

DECRETO LEGGE n. 76 del 16 luglio 2020 "Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale".

DECRETO LEGGE n. 77 del 31 maggio 2021 "Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure".

DECRETO LEGISLATIVO n. 152 del 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale".

FABBRI R., GABRIELLI L., RUGGERI A.G., *Interactions between restoration and financial analysis: the case of Cuneo War Wounded House*, Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, Vol. 8, No. 2, 2018, pp. 145-161.

FRANCO S.F., MACDONALD J.L., *The effects of cultural heritage on residential property values: Evidence from Lisbon, Portugal*, Regional Science and Urban Economics, Vol. 70, 2018, pp. 35-56.

GREENBERG M., LEWIS M.J., *Brownfields redevelopment, preferences and public involvement: A case study of an ethnically mixed neighbourhood*, Urban Studies, Vol. 37, No. 13, 2000, pp. 2501-2514.

HAMMOND E.B., COULON F., HALLETT S.H., THOMAS R., HARDY D., KINGDON A., BERIRO D.J., *A critical review of decision support systems for brownfield redevelopment*, Science of the Total Environment, Vol. 785, 2021, p. 147132.

HE F., WU W., ZHUANG T., YI Y., *Exploring the diverse expectations of stakeholders in industrial land redevelopment projects in China: The case of Shanghai*, Sustainability, Vol. 11, No. 17, 2019, p. 4744.

HUSSEY R., "Break-even Analysis", in *Cost and Management Accounting* Palgrave, 1989, London, pp. 139-151.

IFKO S., *Comprehensive management of industrial heritage sites as a basis for sustainable regeneration*, Procedia engineering, Vol. 161, 2016, pp. 2040-2045.

KEE R.C., *Implementing Cost-Volume-Profit Analysis Using an Activity-based Costing System*, Advances in Management Accounting, Vol. 10, 2001, pp. 77-94.

Kee T., Chau K.W., *Adaptive reuse of heritage architecture and its external effects on sustainable built environment—Hedonic pricing model and case studies in Hong Kong*, Sustainable Development, Vol. 28, No. 6, 2020, pp. 1597-1608.

LAI Y., ZHANG X., *Redevelopment of industrial sites in the*

Chinese 'villages in the city': An empirical study of Shenzhen, Journal of cleaner production, Vol. 134, 2016, pp. 70-77.

LEGGE n. 441 del 29 ottobre 1987 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 31 agosto 1987, n. 361, recante disposizioni urgenti in materia di smaltimento dei rifiuti".

LEHIGH G.R., WELLS E.C., DIAZ D., *Evidence-Informed strategies for promoting equitability in brownfields redevelopment*, Journal of environmental management, Vol. 261, 2020, p. 110150.

LIU F., ZHAO Q., YANG Y., *An approach to assess the value of industrial heritage based on Dempster-Shafer theory*, Journal of Cultural Heritage, Vol. 32, 2018, pp. 210-220.

LIU J., LOVE P.E., SMITH J., REGAN M., SUTRISNA M., *Public-private partnerships: A review of theory and practice of performance measurement*, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 63, No.4, 2014, pp. 499-512.

LOURES L., *Post-industrial landscapes as drivers for urban redevelopment: Public versus expert perspectives towards the benefits and barriers of the reuse of post-industrial sites in urban areas*, Habitat International, Vol. 45, No. 2, 2015, pp. 72-81.

LULAJ E., ISENI E., *Role of analysis CVP (Cost-Volume-Profit) as important indicator for planning and making decisions in the business environment*, European Journal of Economics and Business Studies Articles, Vol. 4, No. 2, 2018, pp. 99-114.

MALIENE V., WIGNALL L., MALYS N., *Brownfield regeneration: Waterfront site developments in Liverpool and Cologne*, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, Vol. 20, No. 1, 2021, pp. 5-16.

MARTINOVI, D. *Advantages and limitations of linear and nonlinear break-even models*. Ekonomski horizonti, Vol. 21, No. 3, 2019, pp. 221-238.

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE, Decreto n. 269 del 29 dicembre 2020 "Programma nazionale di finanziamento degli interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti orfani".

MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, Decreto ministeriale del 9 dicembre 2021 "Assegnazione di risorse del Fondo per la crescita sostenibile agli interventi di riconversione e riqualificazione produttiva di aree interessate da situazioni di crisi industriali di cui alla legge n. 181/1989".

MORANO P., *La stima degli indici di urbanizzazione nella perequazione urbanistica*, Alinea, Firenze, 2007.

MORANO P., TAJANI F., DI LIDDO F., AMORUSO P., *The public role for the effectiveness of the territorial enhancement initiatives: A case study on the redevelopment of a building in disuse in an Italian small town*, Buildings, Vol. 11, No. 3, 2021, p. 87.

MORANO P., TAJANI F., *The break-even analysis applied to urban renewal investments: A model to evaluate the share of social housing financially sustainable for private*

Un modello di analisi non lineare per la valutazione della fattibilità finanziaria degli interventi di valorizzazione dei siti industriali dismessi

investors, Habitat International, Vol. 59, 2017, pp. 10-20.

MORANO P., TAJANI F., "Break Even Analysis for the financial verification of urban regeneration projects", in Zhao S., Xie Y.M., Liu H. and Gao D. (eds.) *Applied mechanics and materials*, Vol. 438. Trans Tech Publications Ltd, 2013, pp. 1830-1835

NDALIMAN M.B., BALA K.C., Practical limitations of break-even theory. *Australian Journal of Technology*, Vol. 11, No. 1, 2007, pp. 58-61.

ORDERUD G.I., SKOGHEIM R., NORDAHL B.I., *Review of Brownfield Redevelopment in China and a Comparison with that in OECD Countries*, Chinese Journal of Urban and Environmental Studies, Vol. 8, No. 04, 2020, p. 2050022.

PAULL E., *The environmental and economic impacts of brownfields redevelopment*, Northeast Midwest, 2008.

POLLACK B., *Break-even analysis: The third leg of the underwriting stool*. *Real Estate Review*, Vol. 25, 1995, pp. 43-6.

RIZKI N., SUKOCO A., *Break Even Point Analysis As a Tool For Profit And Sales Planning On Otak-Otak Bandeng Kang Wahab SME*. *Journal of World Conference (JWC)*, Vol. 1, No. 1, 2019, pp. 220-224.

ROBERTS P., "The evolution, definition and purpose of urban regeneration", in Roberts P., Sykes H., Granger R. (eds.), *Urban regeneration: A handbook*, Sage, London UK, 2017, pp. 9-44

SALVO F., ZUPI M., RUGGIERO M.D., "Land Consumption and urban regeneration. Evaluation principles and choice criteria", in Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds.) *New Metropolitan Perspectives ISHT 2018*, Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol 100. Springer, Cham, 2018, pp. 582-589.

SISTEMA NAZIONALE PROTEZIONE AMBIENTE (SNPA), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Rapporto di sistema No. 22, Edizione 2021 (scaricabile dal sito internet: https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2021/11/Rapporto_consumo_di_suolo_2021.pdf, consultato on line il 25 luglio 2022).

SISTEMA NAZIONALE PROTEZIONE AMBIENTE (SNPA), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Rapporto di sistema No. 32, Edizione 2022 (scaricabile dal sito internet: https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2022/07/Rapporto_consumo_di_suolo_2022.pdf, consultato on line il 25 luglio 2022).

SONG Y., KIRKWOOD N., MAKSIMOVIC Č., ZHENG X., O'CONNOR D., JIN Y., HOU D., *Nature based solutions for contaminated land remediation and brownfield redevelopment in cities: A review*, *Science of the Total Environment*, Vol. 663, 2019, pp. 568-579.

SUN M., CHEN C., *Renovation of industrial heritage sites and sustainable urban regeneration in post-industrial Shanghai*, *Journal of Urban Affairs*, 2021, pp. 1-24.

TAJANI F., MORANO P., *An empirical-deductive model for the assessment of the mortgage lending value of properties as securities for credit exposures*, *Journal of European Real*

Estate Research, Vol. 11, No. 1, 2018, pp. 44-70.

TAJANI F., MORANO P., DI LIDDO F., *The optimal combinations of the eligible functions in multiple property assets enhancement*, *Land use policy*, Vol. 99, 2020, p. 105050.

THUESEN G.J., FABRYCKY W. J., BARONCELLI A. & MACCIÒ D.D. *Economia per ingegneri*, Il mulino, 1994.

TIESDELL S., *Brownfields redevelopment and the quest for sustainability*, Emerald Group Publishing, 2008.

UNITED NATIONS, *Agenda 2030*, 2015. (scaricabile dal sito internet: <https://unric.org/it/agenda-2030/> consultato on line il 12 giugno 2022).

VAN DUIJN M., ROUWENDAL J., BOERSEMA R., *Redevelopment of industrial heritage: Insights into external effects on house prices*, *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 57, 2016, pp. 91-107.

VARDOPOULOS I., *Critical sustainable development factors in the adaptive reuse of urban industrial buildings. A fuzzy DEMATEL approach*, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 50, 2019, p. 101684.

VOJNOVIC I., *Urban sustainability: Research, politics, policy and practice*, *Cities*, Vol. 41, No. 1, 2014, pp. S30-S44.

WANG T., *A sustainable industrial site redevelopment planning support system*, Phd Thesis, Technische Universiteit Eindhoven, The Netherlands, 2019.

WANG X., *Understanding and improving decision-making for brownfield redevelopment in China*, Lancaster University (United Kingdom), 2020.

WOO A., LEE S., *Illuminating the impacts of brownfield redevelopments on neighboring housing prices: Case of Cuyahoga County, Ohio in the US*, *Environment and Planning A: Economy and Space*, Vol. 48, No. 6, 2016, pp. 1107-1132.

ZHANG J., CENCI J., BECUE V., KOUTRA S., *The overview of the conservation and renewal of the industrial Belgian heritage as a vector for cultural regeneration*, *Information*, Vol.12, No. 1, 2021, pp. 27.

ZHANG Y., WANG C., TIAN W., ZHANG G., *Determinants of purchase intention for real estate developed on industrial brownfields: Evidence from China*, *Journal of Housing and the Built Environment*, Vol. 35, No. 4, 2020, pp. 1261-1282.

ZHANG Y., ZHANG G., GUO P., *Regeneration path of abandoned industrial buildings: The moderating role of the goodness of regeneration model*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 297, 2021, p. 126668.

Riferimenti internet

Sistema nazionale protezione ambiente (SNPA), <https://www.snpambiente.it/>

Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA), <https://www.isprambiente.gov.it/>

Land Degradation Neutrality (LDN), <https://www.unccd.int/land-and-life/land-degradation-neutrality/overview>

Fondazione Openpolis, <https://www.openpolis.it/>



www.build.it

dei
TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE