

# Reorganisation and regeneration of the school building heritage in the associated management between small Municipalities: an integrated and multi-criteria approach

Giuseppe Donnarumma\*, Pierfrancesco Fiore\*\*

*keywords:* school building, regeneration, associated management, integrated approach, small municipalities, multi-criteria analysis

## Abstract

*The aim of the study is to develop a decision-making tool useful for Public Administrations to make strategic choices, aimed at optimizing school services in small Municipalities. The approach provides two levels of consequential analysis: a first level developed through a preliminary analytical-cognitive phase, which leads to the definition of intervention alternatives and evaluation criteria; a second level articulated in the phases of construction and resolution of a multicriteria matrix, along with a discussion of the results obtained and final choices of decision makers. Within*

*the aforementioned method, the factors are examined both on a territorial and building scale, taking into account the principles of sustainability, in its triple meaning (environmental, economic, social).*

*The issues addressed are particularly important, especially for the programmatic choices in the marginal territories of the internal areas, where appropriate actions can improve the quality of services in contexts characterized by critical issues and growing depopulation phenomena.*

## 1. INTRODUCTION

In recent years, given the growing difficulties of the Municipalities in ensuring efficient public services, with limited financial resources available, inter-municipal cooperation and association policies have been encouraged (Hulst and Van Montfort, 2007; Casula, 2014; Iommi, 2017; Iommi e Marinari, 2017). In the Italian legislative framework, the Law Decree n. 78 of 2010 provided for the obligation<sup>1</sup> for Municipalities with a population of up to 5000 inhabitants to exercise the fundamental functions in an associated form<sup>2</sup>. The Government has also developed a National Strategy for the development of Internal Areas (SNAI)<sup>3</sup> based on two classes of complementary actions: 1. promotion of local development projects, 2. adjustment of the quantity and quality of essential services, namely education, health and mobility. The Partnership Agreement<sup>4</sup> for the 2014-2020 programming emphasises that the prevalence in the internal areas of small municipalities implies that an organization in associated and/or consortium form of the municipalities is an indispensable requirement for the efficiency of services in the area<sup>5</sup>. Among the different forms of association in the Italian system of local authorities<sup>6</sup>, almost 4000 small Municipalities have adopted the instrument of the "Convention" and around 2400 have joined the "Unions of Municipalities"<sup>7</sup>.

In all the inter-municipal aggregation processes, the issue

of a reorganised and balanced distribution of the facilities and services in the area is of fundamental importance.

This study focuses on the aspects of the reorganization and redevelopment of the school building heritage.

In small Municipalities, schools play a central role since they perform the function of a real "civil, social and cultural garrison"<sup>8</sup>, while also being a meeting point for the community. However there are critical issues concerning the high fragmentation of educational institutes with small schools by number of pupils and pluri-classes<sup>9</sup>, isolation from urban centers, the lack of infrastructures and mobility services, the quality and safety of the buildings. When two or more "minor" centers come together, the problems mentioned must be addressed within a new socio-territorial configuration, taking into account the peculiar spatial and settlement structures as well as the size and relative distances of the inhabited centers. In addition, starting from an accurate cognitive framework, it is necessary to establish which school buildings, among the existing ones, are suitable from a dimensional and functional point of view to accommodate the new catchment area, which adaptation/regeneration interventions are necessary and whether to carry out extensions or build new ones better located.

The approach to the reorganization and regeneration of the school building heritage of "united" Municipalities therefore assumes the characteristics of a complex decision-making process. By means of an integrated approach, based on multicriteria analysis, it is possible to guide and support local administrations in choosing the most appropriate intervention strategies.

## 2. DECISION ANALYSIS AHP

Numerous multicriteria analysis methods for decision support have been proposed in the literature and applied in various sectors (Greco et al., 2016). These methods allow to face complex decision problems as well as compare alternative solutions on the basis of a set of appropriately selected evaluation criteria. Due to its operational simplicity, the AHP method, acronym for Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1980), in its different versions and evolutions, has also been widely used in the construction, infrastructure and territorial planning fields (Jato-Espino et al., 2014; Zavadskas et al., 2018; Darko et al., 2019).

The AHP method involves a hierarchical decomposition

---

<sup>1</sup> However, the entry into force of the obligation was extended several times by successive regulatory provisions and, lastly, on 31 December 2019 with the Law Decree 14 December 2018, n. 135.

<sup>2</sup> In the Italian legal system, Municipalities are the holders of "fundamental functions" provided for in article 117 of the Constitution and identified with Law Decree no. 95 of 2012, article 19. The basic functions include: municipal public transport services, urban and building planning, social services, school building management.

<sup>3</sup> From September 2012, the then Minister for Cohesion with the support of an ad hoc Technical Committee set up a territorial development strategy for the so-called "Internal Areas", defined as "those areas significantly distant from the centers, offering essential services (education, health and mobility), rich in important natural and environmental resources and a valuable cultural heritage, highly diversified by nature and following secular anthropization processes". The final document, called the "National Strategy for Internal Areas", later merged into the 2014-2020 Partnership Agreement.

<sup>4</sup> The Partnership Agreement is the tool with which a Member State defines its strategy, priorities and methods of use of the European Structural and Investment Funds, according to the provisions of EU Regulation no. 1303/2013 of 17 December 2013.

<sup>5</sup> Partnership Agreement 2014-2020, op. cit., p. 328.

<sup>6</sup> According to the Italian system of local authorities, various institutional forms of association and inter-municipal aggregation are envisaged, including: "Union of Municipalities", "Consortium", "Convention", "Program Agreement", "Merger". The latter institution differs from the others because it involves the merger of two or more neighboring municipalities which thus become a single new municipality.

---

<sup>7</sup> See "The Identikit of Small Municipalities, Unions of Municipalities and Mergers of Municipalities" prepared by the Studies and Research Area of ANCI (National Association of Italian Municipalities), XIX National Conference of Small Municipalities, Gornate Olona (VA), 5 July 2019.

<sup>8</sup> Partnership Agreement 2014-2020, op. cit., p. 104.

<sup>9</sup> "Pluri-class" means a single class that brings together classes of pupils of different ages.

of the problem (Fig. 1) and is divided into the following phases:

- 1) definition of the objectives of the analysis (goal);
- 2) identification of the various players in the decision-making process, including decision makers, stakeholders, sector experts;
- 3) identification of alternatives to achieve the objectives (Ai);
- 4) selection of evaluation criteria (Cj);
- 5) definition of quantitative and/or qualitative indicators that allow you to “measure” the performance of the i-th alternative compared to the j-th criterion;
- 6) attribution of the weights relating to the criteria;
- 7) compilation of the “Decision Matrix”, whose generic element xij is the value assumed by the i-th alternative compared to the j-th criterion quantified through the appropriate indicator. The values of the matrix are inhomogeneous quantities and must be normalized, ie transformed into dimensionless values between 0 and 1. Any qualitative judgments must be converted into numerical values and therefore normalized;
- 8) resolution of the “Decision Matrix” and calculation of the “Preference Index”, through data aggregation techniques.

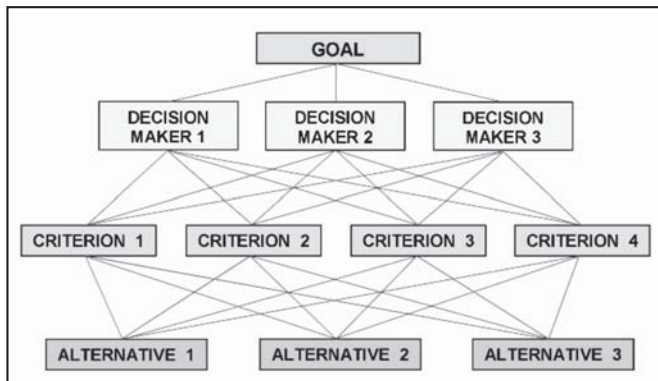


Figure 1 - Scheme of the hierarchical structure of the AHP multicriteria decision method.

## 2.1 Applications to school building heritage

There are different applications of AHP analysis to school constructions are in current literature.

Specific issues were evaluated, such as the choice of the most suitable site for a new school or the appropriateness of the location of an existing school (Bukhari et al., 2010; Samad et al., 2012), the priority of interventions among several school buildings to be redeveloped in relation to the available economic resources (Shehab and Nouredine, 2014; Gade et al., 2018; Carbonari et al., 2019), the assessment of the sustainability of existing school buildings (Rosa and Haddad, 2013; Alwetaishi et al., 2017). Evaluation

criteria for restructuring and relative weighting have been discussed in the study by Gade et al. (2019).

Gentile et al. (2019) use the AHP to define a priority index for the reduction of seismic risk, while Ilumin and Oreta (2018) propose an index to establish the relative importance of school buildings from the point of view of post-disaster functionality. Applications related to cost optimization in new school projects are developed by Hassan and Yahya (2018). Marzouk and Awad (2016) integrated AHP and Fuzzy logic to determine useful performance indices in maintenance strategies.

## 3. AN INTEGRATED AND MULTI-CRITERIA APPROACH

On the basis of the recent reform of the Italian school system<sup>10</sup>, the Ministry of Education has developed guidelines for interventions on schools<sup>11</sup>, to be implemented in particular within the SNAI. Three types of actions are specifically indicated:

- a) to maintain “conditionally” small complexes, as well as multi-classes. This solution should be adopted in areas afflicted by geographic isolation and mobility problems, if a plan for the improvement of teaching with the intensive use of the available space in the afternoon is introduced;
- b) uniting the complexes in “new schools for the territory”, which, in the pedagogical strategy, in the design of the spaces, in the external image, are suitable for promoting an identity, cultural and productive relaunch;
- c) enhance the attractiveness of existing school buildings through the redevelopment, safety measures and the diffusion of eco-sustainable solutions.

Taking into account these ministerial guidelines, it is possible to propose an integrated and multi-criteria approach to support the choice of intervention strategies for the reorganization of the school building heritage of small “associated” Municipalities. The approach provides two levels of consequential analysis (Fig. 2): the first level is aimed at defining possible intervention alternatives, evaluation criteria and relative weights; the second level is divided into the construction and resolution phases of the Decision Matrix according to the method described in paragraph 2., along with discussion of the results obtained and the final choices of the decision makers.

<sup>10</sup> Law 13 July 2015, n. 107 - Reform of the national education and training system and delegation for the reorganization of current legislative provisions (OJ General Series n.162 of 15-07-2015).

<sup>11</sup> See MIUR-SNAI, The Internal Areas in the context of “La Buona Scuola”. Guidelines for interventions in the project areas, programmatic policy document prepared by the Ministry of Education, University and Research (MIUR), August 2015.

Within the first level, a preliminary analytical-cognitive phase is required. The analysis of the critical issues and needs must consider the following aspects in relation to the territorial context deriving from the inter-municipal aggregation: the morphological characteristics of the territory, the dimensions and distances between the Municipalities, the hydrogeological risk, the settlement arrangements and the housing dispersion, the demographic trends, the buildings and the abandoned areas, the socio-economic context, the provision of infrastructures and services. At the same time, the analysis of the existing school building heritage is aimed at acquiring the following data: composition and consistency of the building park (type of institutions, personal data, dimensional data, territorial distribution), sizing of the school network<sup>12</sup>, functional adequacy of the buildings (capacity of the premises according to the surface indices provided for by the regulations in force, quality and space supply, etc.), adequacy with respect to current technical standards (hygiene and sanitary requirements and indoor comfort, seismic vulnerability, energy efficiency, fire safety, elimination of architectural barriers, etc.).

Having defined the knowledge framework comprehensively, the approach proceeds with a fundamental phase of active involvement and “participatory planning” of all the subjects involved in the decision-making process: the “decision makers” (local administrations), the various “stakeholders” (school directors, teachers, families, students, citizens, trade associations, etc.), technicians and expert consultants. The methodological tools useful in this phase are: interviews, questionnaires, focus groups, investigation methods such as the Delphi technique (Dalkey and Helmer, 1963; Turoff, 1970). Through the participatory planning phase, evaluation criteria are identified that are consistent with the set objectives and the intervention alternatives are defined. Priority should be given to intervention strategies aimed at pursuing, together with the objectives of the rationalisation of the school heritage, the aim of “inter-municipal equalisation of the services”. If it is hypothesized to close a school to join it in another, new services must be provided in the “deprived” territory of the school, taking into account the needs expressed by the community according to the pro-

visions of the first level of the approach. If on the one hand the merger of the schools is supported by the rationalization of costs and optimal sizing of the school network, on the other, it is necessary to avoid the impoverishment of the services and the loss of attractiveness in territories already afflicted by depopulation phenomena. In the first hypothesis, the feasibility of adapting and reusing abandoned school buildings to offer new services is assessed. If, due to the poor state of conservation and the high seismic vulnerability, the conditions of technical and economic convenience for the recovery of existing school buildings do not exist, the recovery of other abandoned buildings possibly present in the territory is evaluated. If this latter hypothesis is also negative, the construction of a new structure is assumed. With a view to reducing soil consumption and environmental impacts, the hypotheses of the recovery and reuse of existing buildings must always be considered as a priority.

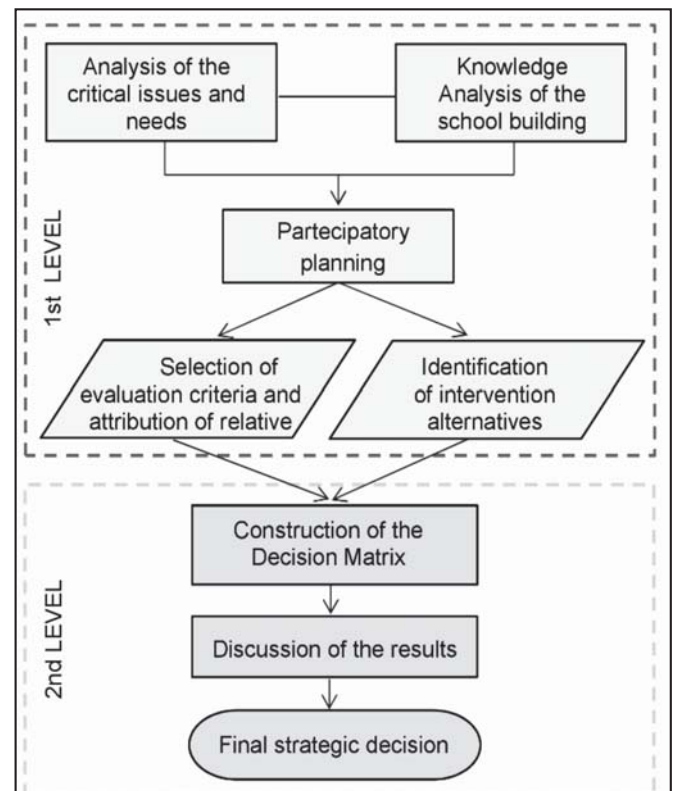


Figure 2 - Flow chart of the proposed integrated approach.

<sup>12</sup> In the Italian regulatory framework on education, the “School network sizing plan” is the tool, activated since 2000, through which local authorities propose, on an annual basis, the establishment, aggregation, merger and the abolition of schools in order to have educational institutions with a population defined by the legislator as optimal. The “Large Area Authorities” (Metropolitan Cities and Provinces), competent for secondary schools, in consultation with the Municipalities, competent for kindergartens, primary and secondary schools, prepare hypotheses of sizing plan to be transmitted to the Region. The parameters generally considered for the sizing are: minimum and maximum number of pupils, number of pupils per class, number of pupils per pluriclasse, number of plexuses or “delivery points”, travel times, traffic conditions and transport system public.

It should also be noted that the solution of the aggregation of the schools must be supported by the implementation of an efficient public transport system, in a context often characterized by inaccessible territories, infrastructural weaknesses, tangled patterns of the historic centres and/or a strong dispersion of the housing.

In addition to aspects related to the location and the provision of services, important factors – including energy-environmental sustainability, initial and management



costs, interference of interventions with educational activities – condition the following choices: the construction of a new complex that brings together the existing schools; the adaptation with the expansion of an existing school complex; leaving the current locations in the existing buildings.

The second level of the approach involves the assembly and normalization of the Decision Matrix, whose resolution allows you to order the alternatives according to a preference index. The phase of analysis and discussion of the results follows (Fig. 2) in which it is possible to compare the performance levels of the different alternatives with respect to the same criterion, perform sensitivity analyzes to understand the degree of influence of the relative weights on the results obtained, detect possible conflicts and critical issues. The final decision is therefore the result of a participatory and rationally structured process, supported by the multi-criteria evaluation of the quantitative data.

### 3.1 Evaluation criteria and indicators

For example, considering the case of two small neighboring Municipalities that join together for the shared management of basic functions including the school building. With a view to merging the primary and secondary schools present in the territory of the two Municipalities, wanting to evaluate the following question (“goal”): is it better to create a new building complex intended to house a single school complex or to regenerate and expand some of the individual existing complexes?

Based on the proposed methodological approach, the possible intervention alternatives are defined through the participatory design phase. It is possible, for example, to hypothesize different locations of the new complex and different solutions to adapt and expand one of the existing schools. In the redevelopment/expansion alternatives, it is also necessary to consider the recovery and reuse of the abandoned school buildings with the inclusion of new functions for the community, after checking the technical-economic convenience of the necessary interventions.

Based on previous studies by the authors (Fiore and Donnarumma, 2018), the aforementioned literature studies (see paragraph 2.) and environmental certification protocols recognized at national and international level<sup>13</sup>, a set of criteria and sub-criteria of evaluation is proposed (Tab.

<sup>13</sup> See LEED® Protocol, *Leadership in Energy and Environmental Design*, developed by U.S. Green Building Council (USGBC); ITACA protocol, developed by the Institute for Innovation and Procurement Transparency and Environmental Compatibility with the technical support of iisBE Italia (international initiative for a Sustainable Built Environment Italy) and replaced since 9 July 2019 by UNI / PdR 13 reference practice : 2019 - Environmental sustainability in construction.

1). It should be noted that, in the spirit of the methodological approach presented, the choice of criteria is not predefined and rigid but always linked to the judgment of the various actors involved and the specificity of the context being analyzed. Therefore, the criteria selected and proposed by the Authors can be appropriately discussed, modified and/or integrated in the participatory design phase, which within the limits of this study could not be implemented. Each sub-criterion is associated with an indicator to “measure” the performance of the i-th alternative of intervention with respect to the sub-criterion itself. For the quantification of costs, it is suggested using the LCC methodology, acronym for Life Cycle Cost (Arto, 1994; Goh and Sun, 2016), which considers the overall cost of the intervention through the sum of the initial costs and future costs, maintenance and operating, updated with reference to a specific analysis period. ISO 15686 part 5 contains guidelines for the application of LCC analysis<sup>14</sup>. The assembly of the Decision Matrix is shown in Fig. 3.

	C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>					C <sub>3</sub>
	C <sub>1.1</sub>	C <sub>1.2</sub>	C <sub>1.3</sub>	C <sub>1.4</sub>	C <sub>2.1</sub>	C <sub>2.2</sub>	C <sub>2.3</sub>	C <sub>2.4</sub>	C <sub>2.5</sub>	C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	X <sub>1,1</sub>	X <sub>1,2</sub>	...	...	...	...	...	...	...	X <sub>1,10</sub>
A <sub>2</sub>	X <sub>1,2</sub>	X <sub>2,2</sub>	...	...	...	...	...	...	...	X <sub>2,10</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A <sub>i</sub>	X <sub>i,1</sub>	X <sub>i,2</sub>	...	...	X <sub>i,j</sub>	...	...	...	...	X <sub>i,10</sub>
A <sub>N</sub>	X <sub>N,1</sub>	X <sub>N,2</sub>	...	...	...	...	...	...	...	X <sub>N,10</sub>

Figure 3 - Assembly of the Decision Matrix.

The normalization of the values of the matrix can take place according to different expressions: if the criterion/sub-criterion expresses a “cost”, the value assumed by the corresponding indicator must be minimized and in this case it is possible to use (1); if, on the other hand, the criterion/sub-criterion represents a “benefit”, the relative value must be maximized and (2) can be adopted.

$$z_{i,j} = \frac{x_{j,\min}}{x_{i,j}} \quad \text{con } x_{j,\min} = \min_j(x_{i,j}) \quad (1)$$

$$z_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{x_{j,\max}} \quad \text{con } x_{j,\max} = \max_j(x_{i,j}) \quad (2)$$

<sup>14</sup> Cfr. ISO 15686-5:2017, Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 5: Life-cycle costing.

**Table 1 - Proposed criteria and sub-criteria with description of the relative indicators.**

Criterion	Sub-criterion	Indicator
C <sub>1</sub> Localization	C <sub>1.1</sub> Position in relation to inhabited areas	Average travel time by public transport [minutes]
	C <sub>1.2</sub> Proximity to an interurban public transport stop	Walking distance between school and nearest bus/train station [m]
	C <sub>1.3</sub> External pertinent areas	Surface available for greenery and for recreational activities [m <sup>2</sup> ]
	C <sub>1.4</sub> Presence of services	Average walking distance between school and 5 structures in a 200m radius surrounding the trade, services or sport-culture categories, of which at least one per category [m]
C <sub>2</sub> Environmental and energy sustainability	C <sub>2.1</sub> Soil consumption	Balance between area of grounds for new construction and reused built surface [m <sup>2</sup> ]
	C <sub>2.2</sub> Construction waste production	Balance between total quantity of waste produced and quantity of waste recovered [t]
	C <sub>2.3</sub> Energy performance	Energy performance index assessed according to UNI / TS 11300 standards [kWh/m <sup>2</sup> /year]
	C <sub>2.4</sub> Renewable energy production	% of energy production from renewable sources
	C <sub>2.5</sub> CO <sub>2</sub> Emissions	Total quantity of CO <sub>2</sub> emissions "incorporated" in the materials and produced during the use phase [kg CO <sub>2</sub> eq.]
C <sub>3</sub> Cost	Total costs related to the life cycle	Estimate through the LCC methodology - ISO 15686-5 standard [ ]

After normalizing the matrix and defining the vector of the relative weights of the criteria, adopting the solving technique SAW, Simple Additive Weighting (Ching-Lai e Kwangsun, 1981), for each hypothesized intervention al-

ternative, the following summary index of decision support is obtained (3):

$$I_{ds,i} = \sum_j w_j z_{i,j} \quad (3)$$

where represents the normalized value according to (1) or (2).

This index makes it possible to establish a classification of the alternatives: the alternative with the highest score is the one that best meets the evaluation criteria taken. If the score of the "best" alternative is slightly different from the scores obtained by other alternatives, further considerations should be made by comparing the alternatives with the individual criterion or sub-criterion.

#### 4. CONCLUSIONS

In the context of the associated management of functions between small municipalities, the reorganization and requalification of the school building heritage is a matter of considerable importance.

Especially in the "marginal" territories of the internal areas, inappropriate actions can aggravate a context already characterized by various critical issues and growing depopulation phenomena.

The choice of appropriate intervention strategies cannot be separated from the evaluation of the numerous factors involved in the territorial and building scales. This determines a high complexity of the decision-making process. In this work, an integrated and "multi-criteria" approach was proposed to support the various decision-makers involved, and in particular the local Administrations, in the analysis of possible intervention alternatives, taking into account the multiplicity of the dimensions of the problem.

The approach involves a preliminary phase of survey, knowledge and analysis of the existing school building in relation to the criticalities of the area and the needs expressed by the users and local communities. The cognitive phase is followed by a participatory planning phase based on the AHP multi-criteria method, in which, starting from the data acquired and with the support of technicians and consultants, it is possible to define the objectives, establish the evaluation criteria and their relative weight, and plan shared intervention alternatives.

The authors are suggested to adopt three evaluation criteria: location, energy-environmental sustainability and costs. The selection of these criteria is aimed at promoting strategies oriented to the three main dimensions of sustainability: social, environmental and economic. However, it should be noted that the proposed approach is of the "open" type since the evaluation criteria are not pre-established but must be established from time to time in re-

lation to the specificity of the context in question. In the subsequent stages, assembly of the decision matrix, resolution and discussion of the results obtained are envis-

aged. The final decision is the result of a participatory process, rationally structured and supported by the multi-criteria evaluation of multiple quantitative data.

\* **Giuseppe Donnarumma**, Department of Civil Engineering, University of Salerno  
e-mail: gidonnarumma@unisa.it

\*\* **Pierfrancesco Fiore**, Department of Civil Engineering, University of Salerno  
e-mail: pfiore@unisa.it

## Bibliography

ARTTO K. A., *Life Cycle Cost Concept and Methodologies*, Journal of Cost Management, Vol. 8, n. 3, 1994, pp. 28-32.

ALWETAISHI M., GADI M., ISSA U.H., *Reliance of building energy in various climatic regions using multi criteria*, International Journal of Sustainable Built Environment, Vol. 6, 2017, pp. 555-64.

AREA STUDI E RICERCHE DELL'ANCI – ASSOCIAZIONE NAZIONALE COMUNI ITALIANI (a cura di), *Identikit dei piccoli Comuni, Unioni di Comuni e Fusioni di Comuni*, 2019. Disponibile al seguente indirizzo: <http://www.anci.it/atlante-dei-piccoli-comuni/>.

BUKHARI Z., RODZI A. M., NOORDIN A., *Spatial multi-criteria decision analysis for safe school site selection*, International Geoinformatics Research and Development Journal, Vol. 1, 2010.

CARBONARI A., CORNELI A., DI GIUDA G.M., RIDOLFI L., VILLA V., *A decision support system for multi-criteria assessment of large building stocks*, Journal of Civil Engineering and Management, 25(5), 2019, pp. 477-494.

CASULA M., *Politiche regionali di incentivazione all'esercizio associato di funzioni e servizi a confronto: i casi di Veneto ed Emilia-Romagna*, Istituzioni del Federalismo, n. 3, 2014, pp. 667-697.

CHING-LAI H., KWANGSUN Y., *Multiple attribute decision making*, Springer Verlag, New York (USA), 1981.

DALKEY N., HELMER O., *An experimental application of the Delphi method to the use of experts*, Management Science, Vol. 9, 1963, pp. 458-467.

DARKO A., CHAN APC., AMEYAW EE., OWUSU EK., PÄRN E., EDWARDS DJ., *Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction*, International Journal of Construction Management, 19:5, 2019, pp. 436-452.

FIORE P., DONNARUMMA G., *Proposal of a multicriteria decision-making approach for the choice between refurbishing or reconstructing an existing building*, Tema: Technology, Engineering, Materials and Architecture, Vol. 4, n. 2, 2018, pp. 36-46.

GADE A.N., LARSEN T.S., NISSEN S.B., JENSEN R.L., *REDIS: A value-based decision support tool for renovation of build-*

*ing portfolios*, Building and Environment, Vol. 142, 2018, pp. 107-118.

GADE A.N., JENSEN R.L., LARSEN T.S., NISSEN S.B., ANDRESEN I., *Value-based decision making in the pre-design stage of sustainable building renovation projects - exploring two methods for weighting criteria*, International Journal of Construction Management, 2019.

GENTILE R., GALASSO C., IDRIS Y., RUSYDY I., MEILIANDA E., *From rapid visual survey to multi-hazard risk prioritisation and numerical fragility of school buildings*, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 19, 2019, pp. 1365-1386.

GOH B.H., SUN Y., *The development of life-cycle costing for buildings*, Building Research & Information, 44:3, 2016, pp. 319-333.

GRECO S., EHRGOTT M., FIGUEIRA J.R., *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys*, Springer, New York, 2016.

HASSAN A., YAHYA M., *Cost optimization for public school building projects during design stage using value engineering*, MATEC Web of Conferences, 3rd International Conference on Buildings, Construction and Environmental Engineering, Vol. 162, 2018.

HULST R., VAN MONTFORT A. (eds.), *Inter-Municipal Cooperation in Europe*, Springer, Dordrecht, 2007.

ILUMIN R.C., ORETA A.W.C., *A Post-Disaster Functional Asset Value Index for School Buildings*, Procedia Engineering, Vol. 212, 2018, pp. 230-37.

IOMMI S., *Associazionismo e fusioni di Comuni Punti di forza e criticità delle politiche di incentivo*, IRPET Luglio 2017 - ISBN 978-88-6517-082-3.

IOMMI S., MARINARI D., *The Avoidable Costs of Local Governments' Fragmentation. An Empirical analysis of Italian Municipalities*, Scienze Regionali - Italian Journal of Regional Science, Vol. 16, n. 1, 2017, pp. 31-52.

JATO-ESPINO D., CASTILLO-LOPEZ E., RODRIGUEZ-HERNANDEZ J., CANTERAS-JORDANA J.C., *A review of application of multicriteria decision making methods in construction*, Automation in Construction, Vol. 45, 2014, pp. 151-162.

MARZOUK M., AWAD E., *Establishing Multi-level Performance Condition Indices for Public Schools Maintenance Program Using AHP and Fuzzy Logic*, Studies in Informatics and Control, Vol. 25, n. 3, 2016, pp. 343-52.

ROSA L.V., HADDAD A.N., *Assessing the sustainability of ex-*

[  
isting buildings using the analytic hierarchy process, American Journal of Civil Engineering, Vol. 1, n. 1, 2013, pp. 24-30.

SAATY T.L., *The analytical hierarchy process*, McGraw-Hill, New York, 1980.

SAMAD A.M., HIFNI N.A., GHAZALI R., HASHIM K.A., DISA N.M., MAHMUD S., *A study on school location suitability using AHP in GIS approach*, IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications, Melaka, Malaysia, 23-25 March 2012.

SHEHAB T., NOUREDDINE A., *Prioritization Model for Rehabilitation of Public School Buildings in California*, International Journal of Construction Education and Research, 10:1, 2014, pp. 58-75.

TUROFF M., *The Design of a Policy Delphi*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 2, n. 2, 1970, pp. 149-171.

ZAVADSKAS E.K., ANTUCHEVICIENE J., VILUTIENE T., ADELI H., *Sustainable Decision-Making in Civil Engineering, Construction and Building Technology*, Sustainability, Vol. 10, n. 1, 2018.



# Razionalizzazione e riqualificazione del patrimonio edilizio scolastico nella gestione associata tra piccoli Comuni: un approccio integrato e multicriteriale

Giuseppe Donnarumma\*, Pierfrancesco Fiore\*\*

*parole chiave:* Edilizia scolastica, piccoli comuni, riqualificazione, gestione associata, approccio integrato, analisi multicriteri

## Abstract

*L'obiettivo dello studio è quello di mettere a punto uno strumento decisionale, utile alle Pubbliche Amministrazioni, per compiere scelte strategiche, mirate alla ottimizzazione dei servizi scolastici nei piccoli Comuni. L'approccio prevede due livelli di analisi consequenziali: un primo livello si sviluppa a mezzo di una fase analitico-conoscitiva preliminare, che porta alla definizione di alternative di intervento e di criteri di valutazione; un secondo livello articolato nelle fasi di costruzione e risoluzione di una matrice multicriteriale, nonché discussione dei risultati ottenuti e scelta finale dei decisori.*

*Nell'ambito del metodo suddetto vengono esaminati fattori sia alla scala territoriale, sia alla scala edilizia, tenendo conto dei principi di sostenibilità, nella sua triplice declinazione (ambientale, economica, sociale).*

*Le questioni affrontate sono particolarmente importanti, specie per le scelte programmatiche nei territori marginali delle aree interne, ove azioni appropriate possono migliorare la qualità dei servizi in contesti caratterizzati da criticità e da crescenti fenomeni di spopolamento.*

## 1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, attese le crescenti difficoltà dei Comuni con scarse risorse finanziarie disponibili, nel garantire servizi pubblici efficienti, sono state incoraggiate politiche di cooperazione e associazionismo intercomunale (Hulst e Van Montfort, 2007; Casula, 2014; Iommi, 2017; Iommi e Marinari, 2017). Nel quadro legislativo italiano, il Decreto Legge n. 78 del 2010 ha previsto l'obbligo<sup>1</sup> per i Comuni con una popolazione fino a 5000 abitanti di esercitare in forma associata le funzioni fondamentali<sup>2</sup>. Il Governo ha inoltre elaborato una Strategia Nazionale per lo sviluppo delle Aree Interne (SNAI)<sup>3</sup> basata su due classi di azioni complementari: 1. promuovere progetti di sviluppo locale, 2. adeguare la quantità e la qualità dei servizi essenziali, ovvero istruzione, sanità e mobilità. L'Accordo di Partenariato<sup>4</sup> per la programmazione 2014-2020 sottolinea che la prevalenza, nelle Aree Interne, di Comuni di piccole dimensioni implica che un'organizzazione in forma associata e/o consorziale è requisito indispensabile per l'efficienza dei servizi sul territorio<sup>5</sup>. Tra le differenti forme associative previste dall'ordinamento italiano degli Enti locali<sup>6</sup>, ad oggi quasi 4000 piccoli Comuni fanno ricorso allo strumento della "Convenzione" e circa 2400 aderiscono alle "Unioni di Comuni"<sup>7</sup>.

In tutti i processi di aggregazione intercomunale, la questione del riassetto e dell'equilibrata distribuzione delle attrezzature e dei servizi sul territorio assume importanza fondamentale.

La presente ricerca è in particolare focalizzata sugli aspetti di riorganizzazione e di riqualificazione del patrimonio edilizio scolastico.

Nei piccoli Comuni le scuole hanno un ruolo centrale in quanto assolvono alla funzione di vero e proprio "presidio civile, sociale e culturale"<sup>8</sup> e di centro di aggregazione per la comunità. Tuttavia si rilevano criticità riguardanti l'elevata frammentazione dei plessi, con diffusione di scuole pluriclassii<sup>9</sup> e con ridotto numero di alunni, l'isolamento rispetto ai centri urbani, le carenze nelle infrastrutture e nei servizi per la mobilità, la qualità e la sicurezza degli edifici. Allorquando due o più centri "minori" si associano, le problematiche citate vanno affrontate nell'ambito di un nuovo assetto socio-territoriale, tenendo conto dei peculiari assetti spaziali e insediativi, delle dimensioni e delle distanze relative dei centri abitati. A partire da un quadro conoscitivo accurato, occorre, inoltre, stabilire quali edifici scolastici, tra quelli esistenti, sono adatti dal punto di vista dimensionale e funzionale ad accogliere il nuovo bacino d'utenza, quali interventi di adeguamento/riqualificazione si rendono necessari, se realizzare ampliamenti o costruire nuovi poli meglio localizzati.

L'approccio alla razionalizzazione e riqualificazione del patrimonio edilizio scolastico di Comuni "associati" assume pertanto i caratteri di processo decisionale complesso. A mezzo di un approccio integrato, basato sull'analisi multicriteriale, è possibile orientare e supportare le amministrazioni locali nella scelta delle più opportune strategie di intervento.

## 2. L'ANALISI DECISIONALE AHP

Numerosi metodi di analisi multicriteriale per il supporto alle decisioni sono stati proposti in letteratura e applicati in svariati settori (Greco et al., 2016). Tali metodi consentono di affrontare problemi decisionali complessi e di comparare soluzioni alternative sulla base di un insieme di criteri di valutazione opportunamente selezionati. In particolare, in virtù della semplicità operativa, il metodo AHP, acronimo di Analytic Hierarchy Process (Saaty, 1980), nelle sue differenti versioni ed evoluzioni, ha avuto ampia diffusione anche in campo edilizio, infrastrutturale e della

<sup>1</sup> L'entrata in vigore dell'obbligo è stata tuttavia prorogata più volte da successivi provvedimenti normativi e, da ultimo, al 31 dicembre 2019 con il Decreto Legge 14 dicembre 2018, n. 135.

<sup>2</sup> Nell'ordinamento giuridico italiano i Comuni sono titolari di "funzioni fondamentali" previste dall'articolo 117 della Costituzione e individuate con Decreto Legge n. 95 del 2012, articolo 19. Tra le funzioni fondamentali rientrano: servizi di trasporto pubblico comunale, pianificazione urbanistica ed edilizia, servizi sociali, gestione dell'edilizia scolastica.

<sup>3</sup> Dal settembre 2012 è stata avviata, dall'allora Ministro per la Coesione con il supporto di un Comitato Tecnico costituito ad hoc, la costruzione di una strategia di sviluppo territoriale per le cosiddette "Aree Interne", definite come "quelle aree significativamente distanti dai centri di offerta di servizi essenziali (di istruzione, salute e mobilità), ricche di importanti risorse naturali e ambientali e di un patrimonio culturale di pregio, fortemente diversificate per natura e a seguito di secolari processi di antropizzazione". Il documento finale, denominato "Strategia Nazionale per le Aree Interne", è poi confluito nell'Accordo di Partenariato 2014-2020.

<sup>4</sup> L'Accordo di Partenariato è lo strumento con cui uno Stato membro definisce la propria strategia, le priorità e le modalità di impiego dei Fondi strutturali e d'investimento europei, secondo quanto prevede il Regolamento UE n. 1303/2013 del 17 dicembre 2013.

<sup>5</sup> Accordo di Partenariato 2014-2020, *op. cit.*, pag. 328.

<sup>6</sup> In base all'ordinamento italiano degli Enti locali sono previste diverse forme istituzionali di associazionismo e aggregazione intercomunale, tra cui: l'"Unione di Comuni", il "Consorzio", la "Convenzione", l'"Accordo di programma", la "Fusione". Quest'ultimo istituto si distingue dagli altri perché implica l'accorpamento di due o più Comuni contigui che diventano così un unico nuovo Comune.

<sup>7</sup> Cfr. "L'identikit dei piccoli Comuni, Unioni di Comuni e Fusioni di Comuni" elaborato dall'Area Studi e Ricerche dell'Anici (Associazione Nazionale Comuni Italiani), XIX Conferenza Nazionale Piccoli Comuni, Gornate Olona (VA), 5 luglio 2019.

<sup>8</sup> Accordo di Partenariato 2014-2020, *op. cit.*, pag. 104.

<sup>9</sup> Per "pluriclassie" si intende una classe unica che riunisce classi di alunni di differente età.

pianificazione territoriale (Jato-Espino et al., 2014; Zavadskas et al., 2018; Darko et al., 2019).

Il metodo AHP prevede una decomposizione gerarchica del problema (Fig. 1) ed è articolato nelle seguenti fasi:

- 1) definizione degli obiettivi dell'analisi (*goal*);
- 2) identificazione dei diversi attori del processo decisionale, tra cui i decisori (*decision makers*), i portatori di interessi (*stakeholders*), gli esperti di settore;
- 3) individuazione delle alternative per raggiungere gli obiettivi ( $A_i$ );
- 4) selezione dei criteri di valutazione ( $C_j$ );
- 5) definizione di indicatori quantitativi e/o qualitativi che consentono di "misurare" la performance dell'alternativa  $i$ -esima rispetto al criterio  $j$ -esimo;
- 6) attribuzione dei pesi relativi ai criteri<sup>10</sup>;
- 7) compilazione della "Matrice Decisionale", il cui generico elemento  $x_{ij}$  è il valore assunto dall'alternativa  $i$ -esima rispetto al criterio  $j$ -esimo quantificato attraverso l'opportuno indicatore. I valori della matrice sono grandezze disomogenee e vanno normalizzati, ossia trasformati in valori adimensionali compresi tra 0 e 1. Eventuali giudizi qualitativi devono essere convertiti in valori numerici e quindi normalizzati;
- 8) risoluzione della "Matrice Decisionale" e calcolo dell'"Indice di preferenza", attraverso tecniche di aggregazione dei dati.

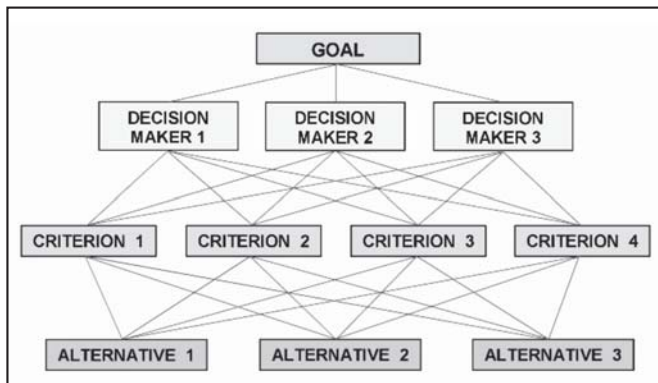


Figura 1 - Schema della struttura gerarchica del metodo decisionale multicriteri AHP.

## 2.1 Applicazioni al patrimonio edilizio scolastico

Diverse applicazioni dell'analisi AHP all'edilizia scolastica sono presenti in letteratura.

Specifiche problematiche sono state oggetto di valuta-

<sup>10</sup> Le tecniche di assegnazione sono numerose, tra cui l'assegnazione diretta, il confronto a coppie con la scala di Saaty a nove valori (Saaty, 1980) o con altre scale di valutazione.

zione, quali la scelta del sito più adatto per una nuova scuola o l'appropriatezza dell'ubicazione di una scuola esistente (Bukhari et al., 2010; Samad et al., 2012), la priorità di intervento fra più edifici scolastici da riqualificare in relazione alle risorse economiche disponibili (Shehab e Nouredine, 2014; Gade et al., 2018; Carbonari et al., 2019), la valutazione della sostenibilità di edifici scolastici esistenti (Rosa e Haddad, 2013; Alwetaishi et al., 2017). Criteri di valutazione per la ristrutturazione e attribuzione dei pesi relativi sono stati discussi nello studio di Gade et al. (2019).

Gentile et al. (2019) impiegano l'AHP per la definizione di un indice di priorità per la riduzione del rischio sismico, mentre Illumin e Oreta (2018) propongono un indice per stabilire l'importanza relativa di edifici scolastici dal punto di vista della funzionalità post-disastro. Applicazioni relative all'ottimizzazione dei costi nei progetti di nuove scuole sono sviluppate da Hassan e Yahya (2018). Marzouk e Awad (2016) hanno integrato AHP e logica Fuzzy per determinare indici di performance utili nelle strategie di manutenzione.

## 3. UN APPROCCIO INTEGRATO E MULTICRITERIALE

Sulla base della recente legge di riforma del sistema scolastico italiano<sup>11</sup>, il Ministero dell'Istruzione ha elaborato delle linee guida per gli interventi sulle scuole<sup>12</sup>, da attuare in particolare nell'ambito della SNAI. Specificamente vengono indicati tre tipi di azioni:

- a) mantenere "in modo condizionato" i plessi di ridotte dimensioni, nonché le pluriclassi. Questa soluzione andrebbe adottata nelle aree afflitte dall'isolamento geografico e da problemi di mobilità, a patto di prevedere un piano per il miglioramento della didattica con un uso intensivo degli spazi a disposizione anche in orario pomeridiano;
- b) accorpate i plessi in "nuove scuole per il territorio", che, nella strategia pedagogica, nel disegno degli spazi, nell'immagine esterna, siano adatte a promuovere un rilancio identitario, culturale e produttivo;
- c) potenziare l'attrattività degli edifici scolastici esistenti attraverso la riqualificazione, la messa in sicurezza, la diffusione di soluzioni ecosostenibili.

Tenendo conto di tali indirizzi ministeriali, è possibile pro-

<sup>11</sup> Legge 13 luglio 2015, n. 107 - Riforma del sistema nazionale di istruzione e formazione e delega per il riordino delle disposizioni legislative vigenti (GU Serie Generale n.162 del 15-07-2015).

<sup>12</sup> Cfr. MIUR-SNAI, Le Aree Interne nel contesto de "La Buona Scuola". Linee guida per gli interventi nelle aree-progetto, documento di indirizzo programmatico elaborato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR), agosto 2015.

porre un approccio integrato e multicriteriale di supporto alla scelta delle strategie di intervento per la riorganizzazione del patrimonio edilizio scolastico di piccoli Comuni "associati". L'approccio prevede due livelli di analisi consequenziali (Fig. 2): il primo livello è finalizzato alla definizione di possibili alternative di intervento, dei criteri di valutazione e dei pesi relativi; il secondo livello si articola nelle fasi di costruzione e risoluzione della Matrice Decisionale secondo il metodo descritto al paragrafo 2., discussione dei risultati ottenuti e scelta finale dei decisori.

Nell'ambito del primo livello è richiesta una fase analitico-conoscitiva preliminare. L'analisi delle criticità e delle esigenze deve considerare i seguenti aspetti in relazione all'ambito territoriale derivante dall'aggregazione intercomunale: le caratteristiche morfologiche del territorio, le dimensioni e distanze fra i Comuni, il rischio idrogeologico, gli assetti insediativi e la dispersione abitativa, i trend demografici, gli edifici e le aree dismesse, il contesto socio-economico, la dotazione di infrastrutture e servizi. Parallelamente l'analisi conoscitiva del patrimonio edilizio scolastico esistente è finalizzata all'acquisizione dei seguenti dati: composizione e consistenza del parco edilizio (tipologia di istituti, dati anagrafici, dati dimensionali, distribuzione territoriale), dimensionamento della rete scolastica<sup>13</sup>, adeguatezza funzionale degli edifici (capienza dei locali in base agli indici di superficie previsti dalle norme vigenti, qualità e dotazione di spazi, ecc.), adeguatezza rispetto alle normative tecniche vigenti (requisiti igienico-sanitari, comfort indoor, vulnerabilità sismica, efficienza energetica, sicurezza antincendio, eliminazione barriere architettoniche, ecc.).

Definito in maniera esaustiva il quadro conoscitivo, l'approccio prevede una fase fondamentale di coinvolgimento attivo e di "progettazione partecipata" di tutti i soggetti coinvolti nel processo decisionale: i "decision makers" (amministrazioni locali), i vari "stakeholders" (dirigenti scolastici, docenti, famiglie, studenti, cittadini, associazioni di categoria, ecc.), i tecnici e i consulenti esperti. Gli strumenti metodologici utili in questa fase sono: interviste, questionari, focus group, metodi di in-

dagine come la tecnica Delphi (Dalkey e Helmer, 1963; Turoff, 1970). Attraverso la fase di progettazione partecipata vengono individuati criteri di valutazione coerenti con gli obiettivi prefissati e definite le alternative di intervento. Sono da privilegiare strategie di intervento orientate a perseguire, unitamente agli obiettivi di razionalizzazione del patrimonio scolastico, anche finalità di "perequazione intercomunale dei servizi". qualora si ipotizza di chiudere un plesso per accorparlo in un'altra struttura scolastica, occorre prevedere nuovi servizi nel territorio "deprivato" della scuola, tenendo conto delle esigenze espresse dalla collettività secondo quanto previsto nel primo livello dell'approccio. Se da un lato infatti l'accorpamento dei plessi è sostenuto da esigenze di razionalizzazione dei costi e di dimensionamento ottimale della rete scolastica, d'altra parte occorre evitare l'impoverimento dei servizi e la perdita di attrattività in territori già afflitti da fenomeni di spopolamento. In prima ipotesi, si valuta la fattibilità di adeguare e riusare gli edifici scolastici dismessi per offrire i nuovi servizi. Se, a causa del pessimo stato di conservazione e dell'elevata vulnerabilità sismica, non sussistono le condizioni di convenienza tecnico-economica per il recupero degli edifici scolastici esistenti, si valuta il recupero di altri manufatti dismessi eventualmente presenti sul territorio. Se anche quest'ultima ipotesi ha riscontro negativo, si ipotizza la realizzazione di una nuova struttura. Nell'ottica di riduzione dei consumi di

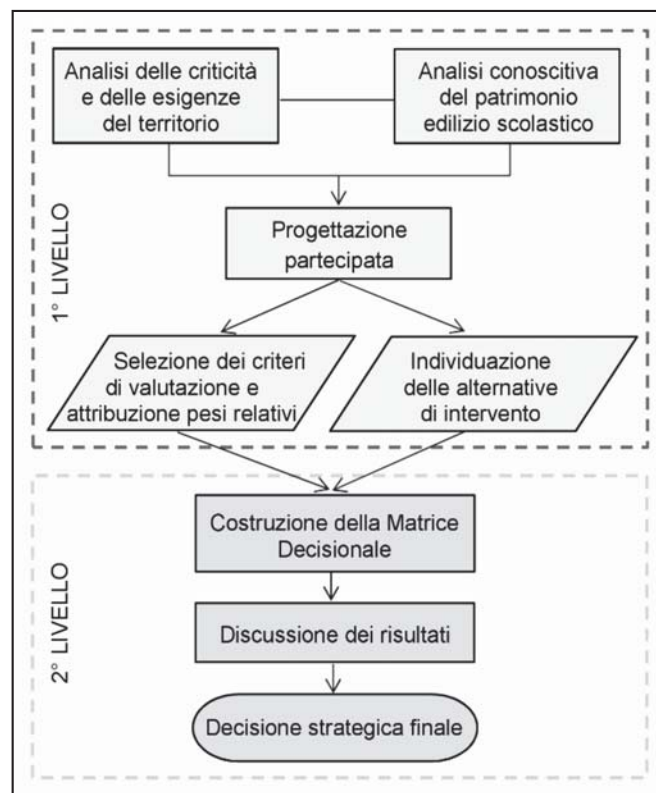


Figura 2 - Diagramma di flusso dell'approccio integrato proposto.

<sup>13</sup> Nel quadro normativo italiano in materia di istruzione, il "Piano di dimensionamento della rete scolastica" è lo strumento, attivato a partire dal 2000, attraverso il quale gli Enti locali propongono, con cadenza annuale, l'istituzione, l'aggregazione, la fusione e la soppressione di scuole al fine di avere istituzioni scolastiche con una popolazione definita dal legislatore come ottimale. Gli Enti di Area vasta (Città metropolitane e Province), competenti per le scuole secondarie di secondo grado, di concerto con i Comuni, competenti per le scuole dell'infanzia, primaria e secondaria di primo grado, predispongono ipotesi di piano di dimensionamento da trasmettere alla Regione. I parametri generalmente considerati per il dimensionamento sono: numero minimo e massimo di alunni, numero alunni per classe, numero di alunni per pluriclasse, numero di plessi o "punti di erogazione", tempi di percorrenza, condizioni di viabilità e sistema di trasporto pubblico.



suolo e degli impatti ambientali, le ipotesi di recupero e riuso di manufatti esistenti vanno comunque sempre considerate in via prioritaria.

Occorre inoltre evidenziare che la soluzione dell'accorpamento dei plessi va coadiuvata dall'implementazione di un efficiente sistema di trasporto pubblico, in un contesto spesso connotato da territori impervi, da debolezze infrastrutturali, dalle trame complesse dei centri storici e/o da una forte dispersione abitativa.

Oltre che ad aspetti legati alla localizzazione e alla dotazione di servizi, la scelta tra la costruzione di un nuovo polo scolastico che riunisce i plessi esistenti o l'adeguamento con ampliamento di un plesso esistente o il mantenimento dei plessi nelle attuali sedi è condizionata poi dalla valutazione di altri importanti fattori tra cui la sostenibilità energetico-ambientale, i costi iniziali e di gestione, l'interferenza degli interventi con le attività didattiche.

Il secondo livello dell'approccio prevede l'assemblaggio e la normalizzazione della Matrice Decisionale, la cui risoluzione consente di ordinare le alternative secondo un indice di preferenza. Segue la fase di analisi e discussione dei risultati (Fig. 2) in cui è possibile confrontare i livelli di performance delle diverse alternative rispetto ad uno stesso criterio, effettuare delle analisi di sensitività per comprendere il grado di influenza dei pesi relativi sui risultati ottenuti, rilevare possibili conflitti e criticità. La decisione finale rappresenta pertanto l'esito di un processo partecipato e razionalmente strutturato, supportato dalla valutazione multicriteriale di dati quantitativi.

### 3.1 Criteri di valutazione e indicatori

Consideriamo, a scopo esemplificativo, il caso di due piccoli Comuni contermini che si associano per la gestione comune delle funzioni fondamentali tra cui l'edilizia scolastica. Nell'ottica di un accorpamento delle scuole primarie e secondarie di I grado presenti nel territorio dei due Comuni, si supponga di voler valutare la seguente questione ("goal"): conviene realizzare un nuovo complesso edilizio destinato ad accogliere un polo scolastico unico oppure riqualificare e ampliare alcuni dei singoli plessi esistenti?

In base all'approccio metodologico proposto, attraverso la fase di progettazione partecipata vengono definite le possibili alternative di intervento. È possibile, ad esempio, ipotizzare differenti localizzazioni del nuovo complesso e differenti soluzioni di adeguamento e ampliamento di una delle scuole esistenti. Nelle alternative di riqualificazione/ampliamento, occorre inoltre considerare il recupero e riuso degli edifici scolastici dismessi con l'inserimento di nuove funzioni per la collettività, previa verifica della convenienza tecnico-economica degli interventi necessari.

Sulla base di precedenti studi degli Autori (Fiore e Donnarumma, 2018), degli studi di letteratura sopra riportati (cfr. paragrafo 2.) e di protocolli di certificazione ambien-

tale riconosciuti a livello nazionale e internazionale<sup>14</sup>, viene proposto un insieme di criteri e sottocriteri di valutazione (Tab. 1). Si precisa che, nello spirito dell'approccio metodologico presentato, la scelta dei criteri non è predefinita e rigida ma sempre legata al giudizio dei vari attori coinvolti e alla specificità del contesto oggetto di analisi. Pertanto, i criteri selezionati e proposti dagli Autori potranno essere opportunamente discussi, modificati e/o integrati nella fase di progettazione partecipata, che nei limiti di questa ricerca non è stato possibile implementare. A ciascun sottocriterio è associato un indicatore per "misurare" la performance della i-esima alternativa di intervento rispetto al sottocriterio stesso. Per la quantificazione dei costi si suggerisce l'impiego della metodologia LCC, acronimo di Life Cycle Cost (Arto, 1994; Goh e Sun, 2016), che considera il costo globale dell'intervento attraverso la somma dei costi iniziali e dei costi futuri, di manutenzione e di esercizio, attualizzati con riferimento ad un determinato periodo di analisi. La norma ISO 15686 parte 5 contiene le linee guida per l'applicazione dell'analisi LCC<sup>15</sup>.

L'assemblaggio della Matrice Decisionale è riportato nella seguente Fig. 3.

	C <sub>1</sub>				C <sub>2</sub>					C <sub>3</sub>
	C <sub>1,1</sub>	C <sub>1,2</sub>	C <sub>1,3</sub>	C <sub>1,4</sub>	C <sub>2,1</sub>	C <sub>2,2</sub>	C <sub>2,3</sub>	C <sub>2,4</sub>	C <sub>2,5</sub>	C <sub>3</sub>
A <sub>1</sub>	X <sub>1,1</sub>	X <sub>1,2</sub>	...	...	...	...	...	...	...	X <sub>1,10</sub>
A <sub>2</sub>	X <sub>1,2</sub>	X <sub>2,2</sub>	...	...	...	...	...	...	...	X <sub>2,10</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
A <sub>i</sub>	X <sub>i,1</sub>	X <sub>i,2</sub>	...	...	X <sub>i,j</sub>	...	...	...	...	X <sub>i,10</sub>
A <sub>N</sub>	X <sub>N,1</sub>	X <sub>N,2</sub>	...	...	...	...	...	...	...	X <sub>N,10</sub>

Figura 3 - Assemblaggio della Matrice Decisionale.

La normalizzazione dei valori della matrice può avvenire secondo differenti espressioni: se il criterio/sottocriterio esprime un "costo", il valore assunto dal corrispondente indicatore va minimizzato e in tal caso è possibile impiegare la (1); se invece il criterio/sottocriterio rappresenta

<sup>14</sup> Cfr. Protocollo LEED®, *Leadership in Energy and Environmental Design*, elaborato da U.S. Green Building Council (USGBC); Protocollo ITACA, elaborato dall'Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale con il supporto tecnico di iSBE Italia (international initiative for a Sustainable Built Environment Italia) e sostituito dal 9 luglio 2019 dalla prassi di riferimento UNI/PdR 13:2019 - Sostenibilità ambientale nelle costruzioni.

<sup>15</sup> Cfr. ISO 15686-5:2017, Buildings and constructed assets - Service life planning - Part 5: Life-cycle costing.

un “beneficio”, il relativo valore va massimizzato e si può adottare la (2).

$$z_{i,j} = \frac{x_{j,\min}}{x_{i,j}} \quad \text{con } x_{j,\min} = \min_j(x_{i,j}) \quad (1)$$

$$z_{i,j} = \frac{x_{i,j}}{x_{j,\max}} \quad \text{con } x_{j,\max} = \max_j(x_{i,j}) \quad (2)$$

**Tabella 1 - Criteri e sottocriteri proposti con descrizione dei relativi indicatori**

Criterio	Sottocriterio	Indicatore
C <sub>1</sub> Localizzazione	C <sub>1.1</sub> Posizione rispetto ai nuclei abitati	Tempo medio di percorrenza con il servizio di trasporto pubblico [minuti]
	C <sub>1.2</sub> Prossimità ad una fermata del trasporto pubblico interurbano	Distanza a piedi tra scuola e fermata autobus/stazione ferroviaria più vicina [m]
	C <sub>1.3</sub> Aree esterne pertinenti	Superficie disponibile per il verde e per le attività ricreative [m <sup>2</sup> ]
	C <sub>1.4</sub> Presenza di servizi	Distanza media a piedi tra scuola e 5 strutture presenti in un intorno di raggio 200m e afferenti alle categorie commercio, servizi o sport-cultura, di cui almeno una per categoria [m]
C <sub>2</sub> Sostenibilità ambientale ed energetica	C <sub>2.1</sub> Consumi di suolo	Bilancio tra area di sedime per nuova edificazione e superficie edificata riutilizzata [m <sup>2</sup> ]
	C <sub>2.2</sub> Produzione di rifiuti edili	Bilancio tra quantità totale di rifiuti prodotta e quantità di rifiuti recuperata [t]
	C <sub>2.3</sub> Prestazione energetica	Indice di prestazione energetica valutato secondo le norme UNI/TS 11300 [kWh/m <sup>2</sup> /anno]
	C <sub>2.4</sub> Produzione di energia rinnovabile	% di produzione energetica da fonti rinnovabili
	C <sub>2.5</sub> Emissioni di CO <sub>2</sub>	Quantità totale di emissioni di CO <sub>2</sub> “incorporata” nei materiali e prodotta nella fase d’uso [kg CO <sub>2</sub> eq.]
C <sub>3</sub> Costi	Costi totali riferiti al ciclo di vita	Stima attraverso la metodologia LCC - norma ISO 15686-5 [ ]

Dopo aver normalizzato la matrice e definito il vettore dei pesi relativi dei criteri, adottando la tecnica risolutiva SAW, *Simple Additive Weighting* (Ching-Lai e Kwangsun, 1981), si ottiene, per ciascuna alternativa di intervento ipotizzata, il seguente indice sintetico di supporto decisionale (3):

$$I_{DS,i} = \sum_j w_j z_{i,j} \quad (3)$$

dove rappresenta il valore normalizzato secondo la (1) o la (2).

Tale indice consente di stabilire un ordinamento delle alternative: l’alternativa con il punteggio più alto è quella che complessivamente soddisfa meglio i criteri di valutazione assunti. Se il punteggio dell’alternativa “migliore” si discosta poco dai punteggi ottenuti da altre alternative, è opportuno fare ulteriori considerazioni comparando le alternative rispetto al singolo criterio o sottocriterio.

#### 4. CONCLUSIONI

Nell’ambito della gestione associata delle funzioni tra piccoli Comuni, la riorganizzazione e riqualificazione del patrimonio edilizio scolastico rappresenta una questione di notevole importanza.

Specialmente nei territori “fragili” delle aree interne, azioni inappropriate possono aggravare un contesto già caratterizzato da varie criticità e da crescenti fenomeni di spopolamento.

La scelta di opportune strategie di intervento non può prescindere dalla valutazione dei numerosi fattori che intervengono alla scala territoriale e a quella edilizia. Ciò determina una elevata complessità del processo decisionale. In questo lavoro è stato proposto un approccio integrato e “multicriteriale” per supportare i vari decisori coinvolti, e in particolare le Amministrazioni locali, nell’analisi di possibili alternative di intervento, tenendo conto della molteplicità dimensionale del problema.

L’approccio prevede una fase preliminare di rilievo, conoscenza e analisi dell’edilizia scolastica esistente in relazione alle criticità del territorio e alle esigenze espresse dagli utenti e dalle comunità locali. Alla fase conoscitiva segue una fase di progettazione partecipata basata sul metodo multicriterio AHP, nella quale, a partire dai dati acquisiti e con il supporto di tecnici e consulenti, è possibile definire gli obiettivi, stabilire i criteri di valutazione e il loro peso relativo e pianificare alternative di intervento condivise.

È suggerita dagli Autori l’adozione di tre criteri di valutazione: localizzazione, sostenibilità energetico-ambientale e costi. La selezione di tali criteri è tesa a promuovere strategie orientate alle tre principali dimensioni della sostenibilità: sociale, ambientale ed economica. Si evidenzia comunque che l’approccio proposto è di tipo “aperto” in

quanto i criteri di valutazione non sono prefissati ma vanno di volta in volta stabiliti in relazione alla specificità del contesto in esame. Nelle fasi successive è previsto l'assemblaggio della matrice decisionale, la risoluzione e la

discussione dei risultati ottenuti. La decisione finale costituisce l'esito di un processo partecipato, razionalmente strutturato e supportato dalla valutazione multicriteriale di molteplici dati quantitativi.

\* **Giuseppe Donnarumma**, Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno  
e-mail: gidonnarumma@unisa.it

\*\* **Pierfrancesco Fiore**, Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Salerno  
e-mail: pfiore@unisa.it

### Bibliografia

ARTTO K. A., *Life Cycle Cost Concept and Methodologies*, Journal of Cost Management, Vol. 8, n. 3, 1994, pp. 28-32.

ALWETAISHI M., GADI M., ISSA U.H., *Reliance of building energy in various climatic regions using multi criteria*, International Journal of Sustainable Built Environment, Vol. 6, 2017, pp. 555-64.

AREA STUDI E RICERCHE DELL'ANCI – ASSOCIAZIONE NAZIONALE COMUNI ITALIANI (a cura di), *Identikit dei piccoli Comuni, Unioni di Comuni e Fusioni di Comuni*, 2019. Disponibile al seguente indirizzo: <http://www.anci.it/atlante-dei-piccoli-comuni/>.

BUKHARI Z., RODZI A. M., NOORDIN A., *Spatial multi-criteria decision analysis for safe school site selection*, International Geoinformatics Research and Development Journal, Vol. 1, 2010.

CARBONARI A., CORNELI A., DI GIUDA G.M., RIDOLFI L., VILLA V., *A decision support system for multi-criteria assessment of large building stocks*, Journal of Civil Engineering and Management, 25(5), 2019, pp. 477-494.

CASULA M., *Politiche regionali di incentivazione all'esercizio associato di funzioni e servizi a confronto: i casi di Veneto ed Emilia-Romagna*, Istituzioni del Federalismo, n. 3, 2014, pp. 667-697.

CHING-LAI H., KWANGSUN Y., *Multiple attribute decision making*, Springer Verlag, New York (USA), 1981.

DALKEY N., HELMER O., *An experimental application of the Delphi method to the use of experts*, Management Science, Vol. 9, 1963, pp. 458-467.

DARKO A., CHAN APC., AMEYAW EE., OWUSU EK., PÄRN E., EDWARDS DJ., *Review of application of analytic hierarchy process (AHP) in construction*, International Journal of Construction Management, 19:5, 2019, pp. 436-452.

FIORE P., DONNARUMMA G., *Proposal of a multicriteria decision-making approach for the choice between refurbishing or reconstructing an existing building*, Tema: Technology, Engineering, Materials and Architecture, Vol. 4, n. 2, 2018, pp. 36-46.

GADE A.N., LARSEN T.S., NISSEN S.B., JENSEN R.L., *REDIS: A value-based decision support tool for renovation of build-*

*ing portfolios*, Building and Environment, Vol. 142, 2018, pp. 107-118.

GADE A.N., JENSEN R.L., LARSEN T.S., NISSEN S.B., ANDRESEN I., *Value-based decision making in the pre-design stage of sustainable building renovation projects - exploring two methods for weighting criteria*, International Journal of Construction Management, 2019.

GENTILE R., GALASSO C., IDRIS Y., RUSYDY I., MEILIANDA E., *From rapid visual survey to multi-hazard risk prioritisation and numerical fragility of school buildings*, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 19, 2019, pp. 1365-1386.

GOH B.H., SUN Y., *The development of life-cycle costing for buildings*, Building Research & Information, 44:3, 2016, pp. 319-333.

GRECO S., EHRGOTT M., FIGUEIRA J.R., *Multiple Criteria Decision Analysis. State of the Art Surveys*, Springer, New York, 2016.

HASSAN A., YAHYA M., *Cost optimization for public school building projects during design stage using value engineering*, MATEC Web of Conferences, 3rd International Conference on Buildings, Construction and Environmental Engineering, Vol. 162, 2018.

HULST R., VAN MONTFORT A. (eds.), *Inter-Municipal Cooperation in Europe*, Springer, Dordrecht, 2007.

ILUMIN R.C., ORETA A.W.C., *A Post-Disaster Functional Asset Value Index for School Buildings*, Procedia Engineering, Vol. 212, 2018, pp. 230-37.

IOMMI S., *Associazionismo e fusioni di Comuni Punti di forza e criticità delle politiche di incentivo*, IRPET Luglio 2017 - ISBN 978-88-6517-082-3.

IOMMI S., MARINARI D., *The Avoidable Costs of Local Governments' Fragmentation. An Empirical analysis of Italian Municipalities*, Scienze Regionali - Italian Journal of Regional Science, Vol. 16, n. 1, 2017, pp. 31-52.

JATO-ESPINO D., CASTILLO-LOPEZ E., RODRIGUEZ-HERNANDEZ J., CANTERAS-JORDANA J.C., *A review of application of multicriteria decision making methods in construction*, Automation in Construction, Vol. 45, 2014, pp. 151-162.

MARZOUK M., AWAD E., *Establishing Multi-level Performance Condition Indices for Public Schools Maintenance Program Using AHP and Fuzzy Logic*, Studies in Informatics and Control, Vol. 25, n. 3, 2016, pp. 343-52.

[

ROSA L.V., HADDAD A.N., *Assessing the sustainability of existing buildings using the analytic hierarchy process*, American Journal of Civil Engineering, Vol. 1, n. 1, 2013, pp. 24-30.

SAATY T.L., *The analytical hierarchy process*, McGraw-Hill, New York, 1980.

SAMAD A.M., HIFNI N.A., GHAZALI R., HASHIM K.A., DISA N.M., MAHMUD S., *A study on school location suitability using AHP in GIS approach*, IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and its Applications, Melaka, Malaysia, 23-25 March 2012.

SHEHAB T., NOUREDDINE A., *Prioritization Model for Rehabilitation of Public School Buildings in California*, International Journal of Construction Education and Research, 10:1, 2014, pp. 58-75.

TUROFF M., *The Design of a Policy Delphi*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 2, n. 2, 1970, pp. 149-171.

ZAVADSKAS E.K., ANTUCHEVICIENE J., VILUTIENE T., ADELI H., *Sustainable Decision-Making in Civil Engineering, Construction and Building Technology*, Sustainability, Vol. 10, n. 1, 2018.