



Mitigazione dei Rischi Naturali per la Sicurezza
e la Mobilità nelle Aree Montane del Mezzogiorno

PNR 2015-2020

Area di Specializzazione Smart, Secure and Inclusive Communities



Obiettivo Realizzativo 7

Soluzioni innovative di mobilità

**VALUTAZIONE DELL'ATTITUDINE DEI CENTRI ABITATI AL
COLLEGAMENTO CON IMPIANTI DI TRASPORTO A FUNE:
UN ESPERIMENTO BASATO SULL'ANALISI MULTICRITERI**

Prof. Umberto Petruccelli

Università degli Studi della Basilicata - Scuola di Ingegneria

Ottobre 2022



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Estratto della Raccolta dei Rapporti Tecnici di Disseminazione del Progetto MITIGO – Volume 2

© 2022 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9788899432935



Questa pubblicazione è stata realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università
e della Ricerca



PON
RICERCA
E INNOVAZIONE
2014 - 2020

Mitigazione dei Rischi Naturali
per la Sicurezza e la Mobilità nelle
Aree Montane del Mezzogiorno



INDICE

Sommario.....	2
1. L'analisi multicriteri nelle scelte in tema di trasporti	2
2. La struttura del modello di valutazione	4
3. L'esperimento ed i risultati	6
Conclusioni	14
Bibliografia	14



VALUTAZIONE DELL'ATTITUDINE DEI CENTRI ABITATI AL COLLEGAMENTO CON IMPIANTI DI TRASPORTO A FUNE: UN ESPERIMENTO BASATO SULL'ANALISI MULTICRITERI

Umberto Petruccioli

SOMMARIO

Finalità - Questo rapporto mette a punto e sperimenta un modello multicriteri per valutare l'attitudine dei piccoli centri abitati ad avvalersi di un collegamento meccanizzato di tipo funiviario per connettersi alla rete di trasporto principale.

Metodologia – Il modello utilizzato per la soluzione della matrice multicriteri di decisione è della famiglia dei modelli non compensativi di scuola francese, in particolare si tratta del ELECTRE I (ELimination Et Choix Traduisant la Réalité) che, come è noto, fornisce un ordine di preferenza (scala ordinale) fra le alternative messe a confronto senza permettere l'attribuzione di un valore a ciascuna di esse. L'applicazione è stata sviluppata nelle aree di interesse del Progetto Mitigo e cioè le valli del Basento e del Bradano. Con riferimento ai comuni ricadenti in queste aree, sono stati selezionati diversi indicatori corrispondenti ai criteri di scelta.

Risultati – Quanto emerso conferma la validità, per questo tipo di valutazione, dell'analisi multicriteri e in particolare del modello scelto.

Limiti della ricerca -

Trattandosi di un esperimento, il numero di criteri considerati è particolarmente ridotto e quindi limitato a quelli che maggiormente possono influenzare l'efficacia e l'efficienza del sistema di trasporto considerato.

Applicazioni pratiche – La metodologia testata, applicata con un ampio numero di criteri, può essere validamente utilizzata per supportare la scelta dei siti che, per caratteristiche orografiche, insediative, geologiche e socio-economiche, possono trarre maggiori benefici dalla realizzazione di un importante investimento, quale un impianto di trasporto.

Originalità della ricerca – Non si rilevano in letteratura studi che si avvalgano dell'analisi multicriteri per selezionare collegamenti di centri abitati da implementare con tecnologie di trasporto specifiche.

Articolazione del lavoro - Dopo un'analisi bibliografica sui modelli multicriteri e sulle principali applicazioni in tema di trasporti sviluppata nel capitolo 1, il capitolo 2 presenta il modello utilizzato e il capitolo 3 riporta l'esperimento condotto ed i risultati ottenuti. Infine le conclusioni ed i riferimenti bibliografici.

1. L'analisi multicriteri nelle scelte in tema di trasporti

Nelle città piccole e nelle aree periferiche e rurali a scarsa domanda la maggiore difficoltà di realizzare un'offerta di trasporto pubblico diffusa e sufficientemente attrattiva è causa di un eccessivo uso del mezzo privato con le note conseguenze sull'ambiente e sul consumo di energia. In queste realtà può risultare particolarmente efficace l'impiego di sistemi di trasporto innovativi in grado di adattarsi meglio alle diverse esigenze di mobilità (Attard et al., 2019).



I processi decisionali in materia di trasporto si sono tradizionalmente avvalsi dell'analisi benefici-costi (BCA) portando in conto principalmente il risparmio di tempo e di energia ed i costi di investimento e di esercizio dell'offerta. Tuttavia, negli ultimi decenni, la maggiore attenzione agli impatti negativi della mobilità sull'ambiente e la necessità di tenere conto di differenti aspetti multidimensionali difficilmente monetizzabili, nonché della varietà dei punti di vista degli stakeholder, ha orientato verso l'affiancamento della BCA con l'analisi multicriteri (MCA) o multicriteria decision analysis (MCDA). Benché non ci sia ancora consenso nel campo dei trasporti su un metodo di valutazione preferito che possa tenere nella giusta considerazione gli aspetti della sostenibilità, l'utilizzo dell'analisi multicriteri per valutazioni in tema di accessibilità è comunque rilevabile in diversi studi.

La possibilità di combinare il processo decisionale in tema di sistemi di trasporto nell'MCA è stata testata con risultati promettenti da numerosi studi raccolti ed analizzati da Mardani et al. (2016). Gli autori mostrano che molti dei metodi MCA sono applicabili alla soluzione di problemi di trasporti.

Salabun et al. (2019) hanno adattato un metodo MCA chiamato COMET, basato su logica fuzzy, alle esigenze di valutazione del trasporto sostenibile. In particolare hanno applicato il modello alla valutazione di un ampio insieme di opzioni di introduzione delle e-bike sulla base di otto criteri (capacità della batteria, tempo di ricarica, numero di marce, potenza del motore, max velocità, autonomia, peso e prezzo).

Petrucelli (2011) ha messo a punto uno strumento di valutazione della soddisfazione degli utenti del trasporto pubblico basato sull'analisi multicriteri ed utile per orientare le scelte del gestore del sistema. Lo strumento si avvale anche di funzioni di utilità appositamente calibrate attraverso le quali è possibile stimare il miglioramento della soddisfazione complessiva degli utenti a seguito di interventi mirati sul servizio.

Una descrizione completa della letteratura relativa alla MCA e alla BCA nel campo dei trasporti è stata prodotta da Donais et al. (2019). Tra i 66 documenti presi in considerazione, gli autori hanno identificato i punti di forza e di debolezza della BCA e MCA, i diversi modi di combinarli e la capacità di ciascun metodo di supportare i processi decisionali nel campo dei trasporti. Hanno inoltre analizzato i risultati sulla base di quattro tipi di razionalità (oggettivista, conformista, aggiustativa e riflessiva). Ne è emerso che i metodi possono aiutare a migliorare i processi decisionali e che, a seconda della razionalità adottata, i punti di forza e di debolezza percepiti della MCA e BCA possono variare. Tuttavia MCA e BCA o una combinazione di entrambi i metodi, risultano i più promettenti nel facilitare l'inclusione in un processo partecipativo.

Belton e Stewart (2002) hanno diviso le tecniche MCA in tre grandi categorie: a) modelli di misurazione del valore, b) modelli obiettivo - aspirazioni - livello di riferimento (o basati su soluzioni ideali), c) modelli di out-ranking (di scuola francese). I primi assegnano un punteggio numerico o valore a ciascuna alternativa, come somma dei valori, moltiplicati ciascuno per il peso attribuito allo specifico criterio, che quella alternativa ha ottenuto rispetto a ciascun criterio dall'applicazione di apposite funzioni di misurazione dei criteri. I modelli obiettivo - aspirazione - livello di riferimento classificano le alternative in base alla capacità di raggiungimento di ciascun obiettivo, livello di aspirazione o soluzione ideale. I modelli di outranking (surclassamento) confrontano le alternative a coppie per ciascun criterio per determinare fino a che punto si può dire che una delle alternative supera un'altra. Le due principali famiglie di metodi in quest'ultima categoria sono ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la Réalité), (Awasthi et al., 2018) e PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations).

Indietro nel tempo, tra i più noti studiosi del metodo ELECTRE ricordiamo Roy (1968) che ebbe l'intuizione di sviluppare due indicatori (di "concordanza" e di "discordanza") con cui giustificare l'eliminazione di un sottoinsieme dell'insieme di scelta per restringere il problema della scelta a sottoinsiemi complementari e rivelare una classificazione dicotomica di un certo tipo. Lo stesso Roy (1976), con l'intento di sviluppare un

quadro concettuale per una teoria di aiuto alla decisione che fosse appropriato per problemi di tipo multicriteri applicati ad insiemi sia fissi che evolutivi di azioni potenziali non necessariamente incompatibili a coppie, propose una nuova procedura interattiva chiamata "procedura di obiettivo evolutivo" che porta al compromesso di fronte a criteri contrastanti e vincoli flessibili. Nel 1985 Roy pubblicò un volume che raccoglieva circa vent'anni di studi sul metodo ELECTRE, svolti da lui stesso e da altri studiosi della cosiddetta "scuola francese per il supporto alle decisioni".

Tra i primi a trattare il metodo PROMETHEE furono Brans et al. (1984) che misero a punto questa nuova famiglia di metodi di surclassamento (outranking) per la risoluzione di problemi multicriteri, basata su una generalizzazione della nozione di criterio. Per prima cosa costruirono una relazione sfocata di surclassamento che veniva quindi utilizzata per impostare un preordine parziale (PROMETHEE I) o un preordine completo (PROMETHEE II) o un ordine a intervalli (PROMETHEE III) su un insieme finito di soluzioni ammissibili ed infine proposero il metodo PROMETHEE IV adatto ad un insieme continuo di soluzioni ammissibili.

Sempre Brans et al nel 1986 discussero i metodi PROMETHEE per l'analisi multicriteri evidenziandone la semplicità, la chiarezza e la stabilità nonché il vantaggio di utilizzare tutti parametri con significato economico che il decisore riesce facilmente a comprendere. Inoltre gli autori analizzano la stabilità dei risultati e sviluppano un confronto con il metodo ELECTRE III.

Nella letteratura più recente sono presenti diversi articoli con applicazione del metodo ELECTRE I. Per esempio Bojkovic et al. (2010) hanno presentato una possibile metodologia per la valutazione delle prestazioni di sostenibilità dei trasporti in determinati paesi europei, basandosi su un metodo ELECTRE I modificato, in cui una modifica dell'indice di concordanza e l'introduzione di una soglia aggiuntiva assicura un grafo relazionale privo di cicli.

Wei et al. (2016) hanno messo a punto uno strumento pratico per la costruzione del consenso basato sull'analisi delle preferenze separate di più stakeholder. La metodologia proposta dagli autori è stata applicata alla definizione della priorità di realizzazione dei progetti di trasporto sostenibile e può essere estesa ad altri tipi valutazioni. Inoltre, questa metodologia permette a diversi gruppi di stakeholders di scegliere un approccio MCA diverso e/o criteri diversi per classificare le alternative in modo da soddisfare al meglio le proprie preoccupazioni e requisiti particolari.

Il lavoro prodotto da Franch et al. (2021) persegue il duplice obiettivo identificare i contesti più adatti e le migliori pratiche per la progettazione di una mobilità sostenibile in funivia nonché di valutare e confrontare l'impatto ambientale della gestione degli impianti a fune. A tal fine, in una prima fase la ricerca ha esaminato due esempi di eccellenti sistemi funiviari e di intermodalità nell'area alpina (Innsbruck e Alpe di Siusi) individuando sette dimensioni chiave per valutare la nascita e la realizzazione dei due progetti di funivia completati. Nella seconda fase è stata effettuata una Life Cycle Assessment (LCA) per valutare la sostenibilità ambientale del progetto in particolare nel ridurre il consumo di materie prime, l'inquinamento atmosferico ed il consumo di suolo. In particolare quest'ultima analisi ha confermato che la funivia è un valido mezzo di trasporto alternativo perché riduce l'inquinamento e può essere costruita con il minimo impatto complessivo sull'ambiente.

L'impatto sull'inclusione sociale di una nuova funivia è stato trattato da Montoya et al (2021). In particolare si è valutata, con riferimento all'impianto funiviario della città di Minizales (Colombia) che collega l'area centrale degli affari con la cittadina del Distretto di Norte, l'accessibilità media complessiva, nello scenario attuale ed in quello di progetto, misurata attraverso il tempo medio di percorrenza e il relativo risparmio percentuale che questi modi di trasporto creano nei diversi strati della popolazione. I risultati ottenuti mostrano che la funivia in questione apporta notevoli vantaggi soprattutto agli strati meno abbienti della



popolazione che si spostano prevalentemente con i mezzi pubblici o a piedi. Ne consegue un miglioramento dell'inclusione sociale e della qualità di vita in particolare per questa porzione di abitanti. È evidente che il contesto a cui fa riferimento lo studio citato differisce notevolmente da quello delle valli del Basento e del Bradano ma le ricadute in termini di inclusione sociale e qualità della vita conseguenti al sensibile miglioramento dell'accessibilità garantito da un impianto di trasporto a fune sono proporzionalmente ben maggiori in aree montane periferiche, con carente dotazione di servizi, insediate prevalentemente da popolazione anziana e a basso reddito. D'altra parte, in letteratura non esistono studi sugli effetti sociali ed economici prodotti dalla realizzazione di collegamenti meccanizzati veloci non a servizio di attività sciistiche, in contesti analoghi a quelli trattati nel progetto Mitigo.

Lo studio condotto da Liu et Hsu (2015) ha trattato principalmente la valutazione di schemi di costruzione di funivie al fine di stabilire una struttura di valutazione gerarchica basata sulla stima delle caratteristiche costruttive delle funivie a Taiwan. Gli autori hanno adottato un approccio misto basato sulla letteratura, sulle osservazioni e su interviste somministrate a focus group per lo studio qualitativo e la scelta dei parametri della valutazione. Infine anche in questo caso gli autori si sono avvalsi di un'analisi quantitativa multicriterio confermandone così l'utilità anche nella selezione dei progetti di impianti a fune.

2. La struttura del modello di valutazione

Come è noto, lo studio degli investimenti pubblici viene spesso supportato dall'analisi benefici-costi (BCA) che permette di confrontare attraverso differenti indicatori i benefici ed i costi conseguenti all'investimento. Questa metodologia, nata proprio per misurare la convenienza economica di interventi pubblici dal punto di vista della società, si adatta molto bene allo schema input/output caratterizzato da un forte esborso monetario iniziale per la costruzione dell'opera e da benefici (anche non monetari ma facilmente monetizzabili) che la stessa produce nel tempo. Purtroppo la BCA, pur essendo in linea di principio utilizzabile in qualsiasi campo, perde di oggettività quando il valore dei maggiori benefici ricavabili, non trovando riferimento in valori di mercato, necessita di una stima monetaria essenzialmente soggettiva. L'analisi multicriteri (MCA), nata anche per superare questo limite, risulta applicabile per supportare le scelte più varie e quindi rappresenta uno strumento per valutare alternative caratterizzate da molti aspetti diversi che non obbliga a tradurre vantaggi o svantaggi in valori monetari. Nel presente lavoro ci si avvale di detta metodologia di valutazione per selezionare i siti più idonei all'installazione di impianti di trasporto a fune.

La MCA presenta una base comune che comporta l'individuazione delle alternative di scelta o progetti (P) ed i criteri in base ai quali effettuare la scelta (C) e quindi la costruzione della matrice P/C (progetti / criteri) che comprende i valori X_{ij} raggiunti dal progetto (i) rispetto al criterio (j), di seguito riportata.

$$M_1(X_{ij}) = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & \dots & X_{1r} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & \dots & X_{2r} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & \dots & X_{3r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & X_{n3} & \dots & X_{nr} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Successivamente si assegna un peso ad ogni criterio sulla base dell'importanza che detto criterio riveste per la società e si costruisce la nuova matrice pesata progetti / criteri (P/KC).

$$M_2(K_j * X_{ij}) = \begin{pmatrix} K_1 * X_{11} & K_2 * X_{12} & K_3 * X_{13} & \dots & K_r * X_{1r} \\ K_1 * X_{21} & K_2 * X_{22} & K_2 * X_{23} & \dots & X_r * X_{2r} \\ K_1 * X_{31} & K_2 * X_{32} & K_3 * X_{33} & \dots & X_r * X_{3r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_1 * X_{n1} & K_2 * X_{n2} & K_3 * X_{n3} & \dots & K_r * X_{nr} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Detta matrice necessita di solito di una normalizzazione, atteso che alcuni criteri sono da massimizzare ed altri da minimizzare¹.

A seguito della normalizzazione, si costruisce la matrice progetti/criteri normalizzata (P/KCn).

$$M_3(K_j * Xn_j) = \begin{pmatrix} K_1 * Xn_{11} & K_2 * Xn_{12} & K_3 * Xn_{13} & \dots & K_r * Xn_{1r} \\ K_1 * Xn_{21} & K_2 * Xn_{22} & K_2 * Xn_{23} & \dots & K_r * Xn_{2r} \\ K_1 * Xn_{s1} & K_2 * Xn_{s2} & K_3 * Xn_{s3} & \dots & K_r * Xn_{sr} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ K_1 * Xn_{n1} & K_2 * Xn_{n2} & K_3 * Xn_{n3} & \dots & K_r * Xn_{nr} \end{pmatrix} \quad (5)$$

I metodi di soluzione della matrice P/KCn possono essere divisi in due gruppi, quelli compensativi e quelli non compensativi. I primi stabiliscono compensazioni fra i diversi obiettivi e arrivano ad attribuire un valore unico a ciascun progetto fornendo come risultato ultimo una scala cardinale dei progetti. I secondi consentono di individuare un ordine di preferenza fra i progetti ma non permettono l'attribuzione di un valore e pertanto il risultato è limitato ad una scala ordinale dei progetti.

Nel caso in studio si è optato per un metodo non compensativo basato sulla concordanza generalizzata e in particolare il metodo ELECTRE I che prevede un confronto a coppie per l'individuazione della scala ordinale dei progetti.

Pertanto, per ciascuna coppia di progetti a e b si calcola l'indice di concordanza e l'indice di discordanza. Il primo (c_{ab}) rappresenta la soddisfazione che riceve il decisore scegliendo a anziché b . Il secondo (d_{ab}) individua per quali criteri il progetto a risulta peggiore del progetto b .²

Una volta calcolati tutti gli indicatori si fissano due valori soglia γ e δ compresi tra 0 e 1 con $\gamma < \delta$ e si verificano le seguenti relazioni:

$$c_{ab} \geq \gamma; \quad d_{ab} \leq \delta \quad (7)$$

$$c_{ba} \geq \gamma; \quad d_{ba} \leq \delta \quad (8)$$

Ne consegue che:

- se entrambe le (7) sono soddisfatte ed almeno una delle (8) non lo è, il progetto a è migliore del progetto b , cioè a domina b e b è dominato da a ;

¹ È possibile utilizzare funzioni di normalizzazione del tipo di quelle di seguito (sulla prima riga quelle per i criteri da massimizzare e sulla seconda quelle per i criteri da minimizzare).

$$Xn_{ij} = X_{ij} / \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad Xn_{ij} = X_{ij} / \max_{i=1}^n X_{ij} \quad Xn_{ij} = (X_{ij} - \min_{i=1}^n X_{ij}) / (\max_{i=1}^n X_{ij} - \min_{i=1}^n X_{ij}) \quad (3)$$

$$Xn_{ij} = \frac{1/X_{ij}}{\sum_{\forall i} (1/X_{ij})} \quad Xn_{ij} = \frac{1/X_{ij}}{1/\min X_{ij}} \quad Xn_{ij} = (\max_{i=1}^n X_{ij} - X_{ij}) / (\max_{i=1}^n X_{ij} - \min_{i=1}^n X_{ij}) \quad (4)$$

² L'indice di concordanza (c_{ab}) e l'indice di discordanza (d_{ab}) sono espressi dalle formule:

$$c_{ab} = \sum_{j \in \Psi_{ab}} K_j / \sum_{\forall j} K_j \quad \Psi_{ab} = \{j | X_{aj} \geq X_{bj}\} \quad d_{ab} = \max_{j \in \Phi_{ab}} (K_j | X_{aj} - X_{bj}) / \max_{\forall j} (K_j | X_{aj} - X_{bj}) \quad \Phi_{ab} = \{j | X_{aj} < X_{bj}\} \quad (6)$$

- se entrambe le (8) sono soddisfatte ed almeno una delle (7) non lo è, il progetto b è migliore del progetto a , cioè b domina a ed a è dominato da b ;
- se tutte le disequazioni sono soddisfatte o nessuna lo è, oppure è verificata una sola delle (7) e una sola delle (8), non è possibile determinare la superiorità di un progetto su un altro.

A seguito di queste verifiche vengono costruiti due insiemi: uno contenente i progetti per i quali non è stato possibile determinare la superiorità di uno sull'altro, S_1 ed un altro contenente tutti gli altri, S_2 .

Si eliminano da S_2 i progetti dominati e viene creato un terzo insieme S_3 contenente i progetti del primo insieme S_1 più i progetti non eliminati del secondo insieme S_2 .

Si modificano i valori soglia iterando le verifiche fin quando non si giunge ad un solo progetto migliore.

3. L'esperimento ed i risultati

La sperimentazione è stata effettuata sulle aree delle valli del Basento e del Bradano, di interesse per il Progetto Mitigo, che presentano uno schema viario caratterizzato da una strada veloce di fondovalle connessa a strade di standard modesti che raggiungono i centri principali ubicati in quota. Attesa la peculiarità degli impianti di trasporto a fune di superare pendenze molto più elevate di quelle ammesse sulla strada, sebbene a velocità inferiore, gli abitati compresi nelle aree in questione si prestano tutti, in linea di principio, all'utilizzo di tecnologie funiviarie. Tuttavia il sensibile costo di realizzazione e di esercizio di questi impianti impone di limitarne l'adozione ai soli casi in cui l'insieme delle condizioni orografiche, geologiche, insediative e socio-economiche consente di trarre i maggiori benefici dall'investimento e pertanto pone il pianificatore di fronte alla necessità di selezionare i collegamenti più idonei ad essere attrezzati in tal senso, tenendo conto di una serie di aspetti che maggiormente influiscono sull'efficacia ed efficienza di questo sistema di trasporto. Dato che si è sviluppato un esperimento dimostrativo, gli aspetti presi in considerazione e quindi i criteri di scelta sono limitati a quelli più significativi ma la metodologia è implementabile aumentando a piacimento il numero di criteri rispetto ai quali costruire le valutazioni. Le alternative messe a confronto sono rappresentate ciascuna dal collegamento, con la tecnologia funiviaria più idonea, del centro abitato principale di ogni comune dell'area con il più vicino accesso alla strada veloce che percorre la valle.

Nello studio dunque, i parametri relativi a ciascun comune ritenuti in prima battuta influenti sulla possibilità di ottenere benefici da un collegamento meccanizzato del tipo in questione sono elencati di seguito.

- Parametri descrittivi dell'accessibilità:
 - Dislivello rispetto al più vicino accesso alla viabilità principale
 - Distanza stradale dal più vicino accesso alla viabilità principale
 - Distanza in linea d'aria dal più vicino accesso alla viabilità principale
 - Distanza da Potenza o Matera (il capoluogo di provincia più vicino)
 - Tortuosità della strada
 - Tempo di percorrenza con mezzo privato per raggiungere Potenza o Matera
 - Tempo di percorrenza con trasporto pubblico locale per raggiungere Potenza o Matera
 - Differenza percentuale tra tempo di percorrenza con mezzo privato e pubblico
- Parametri di tipo socio-economico e insediativo:
 - Popolazione residente
 - Numero di istituti scolastici superiori
 - Numero di strutture ricettive
 - Numero di occupati

- Numero di studenti di età maggiore ai 15 anni

Il dislivello tra ciascuno dei comuni considerati e il punto di accesso alla strada veloce di fondovalle è certamente uno dei parametri più importanti perché condiziona la qualità e la velocità del collegamento stradale che assume sempre standard modesti in presenza di dislivelli elevati, tanto più quando la distanza in linea d'aria è modesta.

la tortuosità stradale τ , indicatore delle difficoltà orografiche della connessione, è misurata come la differenza fra la lunghezza reale del percorso stradale più rapido L_S e la distanza in linea d'aria fra i punti collegati L_A divisa per quest'ultima, secondo la formula:

$$\tau (\%) = 100 \times (L_S - L_A) / L_A \quad (9)$$

Le performance del trasporto pubblico locale su gomma sono state misurate raffrontando il tempo di percorrenza in autobus T_p con quello in auto T_a per realizzare lo stesso collegamento attraverso la seguente relazione:

$$\Delta T = 100 \times (T_p - T_a) / T_a \quad (10)$$

La valle del Basento, che si estende dalla città di Potenza fino ad arrivare alla piana metapontina, si presenta prettamente montuosa ad eccezione dell'area pianeggiante lungo l'alveo del fiume e di quella a ridosso del litorale ionico.

In prima battuta si sono presi in considerazione tutti i comuni presenti nel bacino idrografico del fiume Basento, anche se non direttamente insistenti sulla valle del Basento, e cioè Abriola, Albano di Lucania, Anzi, Bernalda, Brindisi di Montagna, Calciano, Calvello, Campomaggiore, Castelmezzano, Ferrandina, Grassano, Grottole, Laurenzana, Pietrapertosa, Pignola, Pisticci, Pomarico, Tricarico, Trivigno, Vaglio e la città di Potenza stessa. Successivamente si sono quindi tralasciati i comuni che non contemplano la SS.407 nell'itinerario più breve per raggiungere il capoluogo di provincia vicino o che comunque restano lontani da questa arteria, quindi la stessa città di Potenza ed anche quei comuni per lo più ubicati a bassa quota, come Bernalda, che non presentano un forte dislivello rispetto al fondovalle.

L'istogramma di figura 1, riporta la differenza di quota altimetrica rispetto alla SS. 407, riferita ai soli comuni che presentano i valori più elevati. Il massimo dislivello è raggiunto dall'abitato di Pietrapertosa (ben 690 m). Valori notevolmente elevati si sono registrati per i comuni di Albano di Lucania, Brindisi di Montagna e Tricarico.

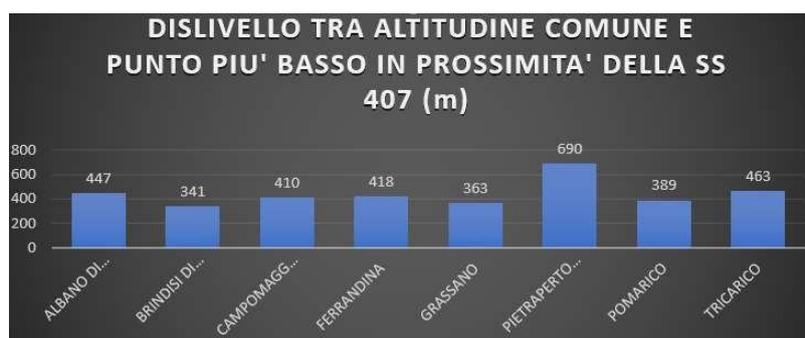


Figura 1: Rappresentazione del dislivello rispetto alla SS.407

La tabella 1 riporta le principali caratteristiche demografiche di ogni comune reperibili dal sito web dell'Istat. In particolare si riscontrano la popolazione residente, gli eventuali istituti scolastici superiori presenti, le strutture ricettive quali alberghi, hotel o bed&breakfast, i lavoratori occupati e gli studenti con età maggiore ai 15 anni costretti a spostamenti extra-comunali quotidiani se residenti in un comune privo di

istituti di istruzione secondaria di II grado. Questi parametri sono indicatori indiretti della domanda di mobilità generata e attratta da ciascun comune e quindi della potenzialità di quest'ultimo di esprimere una domanda di trasporto di qualche rilevanza.

	POPOLAZIONE RESIDENTE (n. abitanti)	ISTITUTI SCOLASTICI SUPERIORI (n.)	STRUTTURE RICETTIVE	OCCUPATI	STUDENTI DI ETA' MAGGIORE AI 15
COMUNI VALLE DEL BASENTO					
POTENZA					
ABRIOLA	1369	0	3	488	87
ALBANO DI LUCANIA	1376	0	2	564	113
ANZI	1594	0	0	555	121
BERNALDA	11933	2	32	3877	892
BRINDISI DI MONTAGNA	850	0	6	331	76
CALCIANO	686	0	0	225	45
CALVELLO	1832	0	5	624	151
CAMPOMAGGIORE	755	0	3	263	69
CASTELMEZZANO	758	0	23	266	45
FERRANDINA	8269	3	6	2797	691
GRASSANO	4928	2	8	1662	461
GROTTOLE	2152	0	7	733	178
LAURENZANA	1676	1	4	573	119
PIETRAPERTOSA	949	0	15	349	53
PIGNOLA	6848	0	8	2795	540
PISTICCI	16978	4	18	5325	1350
POMARICO	4007	0	4	1281	334
TRICARICO	4971	3	5	1876	435
TRIVIGNO	612	0	3	230	44
VAGLIO	1946	0	5	716	110

Tabella 1: Caratteristiche demografiche

La seconda macroarea lucana presa in esame è la valle del Bradano, situata nella parte orientale della regione Basilicata e confinante con la Puglia. A differenza della valle del Basento, essa presenta un'orografia meno accidentata costituita per lo più da colline e altipiani che degradano verso il mar Ionio. Nel dettaglio, i comuni appartenenti al bacino idrografico del Bradano sono Acerenza, Banzi, Cancellara, Forenza, Genzano di Lucania, Irsina, Miglionico, Montescaglioso, Oppido Lucano, Palazzo San Gervasio, Pietragalla, San Chirico Nuovo, Tolve e la città di Matera.

Come già fatto per l'area del Basento, sono stati ricavati ed elaborati gli stessi dati, evidenziando le difficoltà riscontrate nei collegamenti tra i comuni e la città di Matera.

Il collegamento tra i comuni adiacenti la zona ionica e la città di Matera avviene attraverso la S.S.655 Bradanica, importante arteria regionale che si snoda tra la Puglia e la Basilicata.

La distanza in linea d'aria, che come detto più volte, rappresenta una delle caratteristiche limitanti l'impiego di un sistema di trasporto a forte componente verticale, presenta valori ridotti nei comuni di Palazzo San Gervasio, Irsina e Banzi. I comuni come Pietragalla, Cancellara e Acerenza, invece, che distano dalla SS.655 più di 10 km in linea d'aria, non risultano idonei a collegamenti funiviari.

Nell'istogramma di figura 2 è riportato il dislivello tra ciascun comune e lo svincolo per l'accesso alla SS.655.

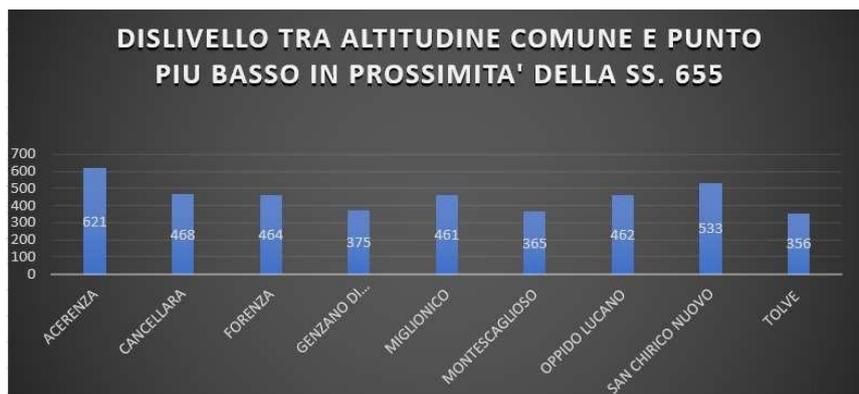


Figura 2: Rappresentazione del dislivello rispetto alla SS. 655

Si registrano valori alti di dislivello nei comuni di Acerenza con ben 621 m. e di San Chirico Nuovo con 533 m. Si è potuto rilevare che il tempo di percorrenza con trasporto pubblico è, in alcuni comuni, quasi il triplo di quello con il mezzo privato, come per Acerenza, Banzi, Forenza, Genzano di Lucania e San Chirico Nuovo. Con i dati raccolti sulle caratteristiche demografiche si è costruita la tabella 2.

COMUNI VALLE DEL BRADANO	POPOLAZIONE RESIDENTE (n. abitanti)	ISTITUTI SCOLASTICI SUPERIORI (n.)	STRUTTURE RICETTIVE	OCCUPATI	STUDENTI DI ETA' MAGGIORE AI 15
MATERA					
ACERENZA	2263	1	3	830	171
BANZI	1276	0	3	438	118
CANCELLARA	1213	0	1	419	107
FORENZA	1931	0	2	656	146
GENZANO DI LUCANIA	5528	2	4	1953	448
IRSINA	4627	1	10	1557	423
MIGLIONICO	2442	0	9	891	181
MONTESCAGLIOSO	9597	0	15	3209	827
OPPIDO LUCANO	3620	0	2	1314	338
PALAZZO SAN GERVASIO	4666	2	3	1703	420
PIETRAGALLA	3931	0	1	1455	297
SAN CHIRICO NUOVO	1265	0	0	434	101
TOLVE	3111	0	1	1112	273

Tabella 2: Caratteristiche demografiche dei comuni della valle del Bradano

I comuni di Montescaglioso, Genzano di Lucania presentano popolazione residente maggiore rispetto agli altri, parametro non trascurabile nella scelta di uno scenario di mobilità alternativa. Sono ben 9 i comuni, invece, che non hanno nessun istituto scolastico superiore e quindi rendono necessario ai residenti spostamenti quotidiani per motivi di studio.

L'applicazione dell'analisi multicriteri ha riguardato i soli comuni (progetti alternativi) che, in base ai valori dei criteri o indicatori, si sono dimostrati più adatti al collegamento con impianti a fune nonché i soli criteri, fra quelli precedentemente selezionati, che sono apparsi più significativi. Pertanto i comuni della valle del Basento sottoposti a valutazione sono Albano di Lucania, Brindisi di Montagna, Campomaggiore, Ferrandina, Grottole, Pietrapertosa, Tricarico e Vaglio di Basilicata; quelli della valle del Bradano, Acerenza, Banzi, Cancellara, Forenza, Genzano di Lucania, Irsina, Oppido Lucano, Palazzo San Gervasio, San Chirico Nuovo e Tolve. I criteri utilizzati con i relativi pesi assegnati sono rilevabili dalla tabella 3.

Critero	Descrizione	U.d.M	Peso K_i
C ₁	Dislivello rispetto al più vicino accesso alla viabilità principale	m	0,35
C ₂	Distanza in linea d'aria dal più vicino accesso alla viabilità principale	km	0,35
C ₃	Popolazione residente	unità	0,10
C ₄	Numero di strutture ricettive	unità	0,10
C ₅	Numero di studenti di età maggiore ai 15 anni	unità	0,10

Tabella 3: Criteri utilizzati nella MCA e relativi pesi

I pesi attribuiti ai criteri riflettono la maggiore incidenza che le caratteristiche orografiche del territorio hanno sulla efficienza ed efficacia di un sistema di trasporto a fune sospeso.

Sono state così costruite le matrici progetti/criteri (tabella 4).

PESI	0.35	0.35	0.10	0.10	0.10
	C1 Disliv.	C2 Dist.	C3 Abit.	C4 Str.Ric.	C5 studenti
1. ALBANO DI L.	447	1.98	1376	2	113
2. BRINDISI DI M.	341	1.21	850	6	76
3. CAMPOMAGG.	410	2.19	755	3	69
4. FERRANDINA	418	3.05	8269	6	691
5. GROTTOLE	339	3.51	2152	7	178
6. PIETRAPERTE.	690	3.09	949	15	53
7. TRICARICO	463	2.86	4971	5	435
8. VAGLIO	326	3.4	1946	5	110

PESI	0.35	0.35	0.10	0.10	0.10
	C1 Disliv.	C2 Dist.	C3 Abit.	C4 Str.Ric.	C5 Studenti
1. ACERENZA	621	28.7	2263	3	171
2. BANZI	205	8.66	1276	3	118
3. CANCELLARA	468	32.57	1213	1	107
4. FORENZA	464	17.53	1931	2	146
5. GENZANO DI LUCANIA	375	22.34	5528	4	448
6. IRSINA	332	7.96	4627	10	423
7. OPPIDO LUCANO	462	25	3620	2	338
8. PALAZZO SAN GERVASIO	110	4.1	4666	3	420
9. SAN CHIRICO NUOVO	533	21.46	1265	0	101
10. TOLVE	356	24.74	3111	1	273

Tabella 4: Matrici progetti/criteri relative alle valli del Basento e del Bradano

Il valore raggiunto relativamente a ciascun criterio è stato moltiplicato per il peso assegnato, ricavandone la seconda matrice P/KC.

Basento						Bradano					
P/K*C	C*K1	C2*K2	C3*K3	C4*K4	C5*K5	P/K*C	C*K1	C2*K2	C3*K3	C4*K4	C5*K5
1	156.45	0.693	275.2	0.2	11.3	1	217.35	10.045	226.3	0.3	17.1
2	119.35	0.4235	170	0.6	7.6	2	71.75	3.031	127.6	0.3	11.8
3	143.5	0.7665	151	0.3	6.9	3	163.8	11.3995	121.3	0.1	10.7
4	146.3	1.0675	1653.8	0.6	69.1	4	162.4	6.1355	193.1	0.2	14.6
5	118.65	1.2285	430.4	0.7	17.8	5	131.25	7.819	552.8	0.4	44.8
6	241.5	1.0815	189.8	1.5	5.3	6	116.2	2.786	462.7	1	42.3
7	162.05	1.001	994.2	0.5	43.5	7	161.7	8.75	362	0.2	33.8
8	114.1	1.19	389.2	0.5	11	8	38.5	1.435	466.6	0.3	42
						9	186.55	7.511	126.5	0	10.1
						10	124.6	8.659	311.1	0.1	27.3

Tabella 5: Matrici progetti/criteri pesate relative alle valli del Basento e del Bradano

L'operazione di normalizzazione in unità adimensionali ha tenuto conto dell'obiettivo di massimizzare o minimizzare ciascun criterio. In particolare i criteri C_1 , C_3 , C_4 e C_5 sono da massimizzare in quanto un impianto a forte componente verticale è efficace se il dislivello è più elevato e se gli abitanti, le strutture ricettive e gli studenti sono in numero maggiore perché in grado di produrre una domanda più ampia. Il criterio C_2 , invece, è da minimizzare perché un impianto a fune che sviluppa una notevole lunghezza risulta molto dispendioso e poco competitivo con la strada in termini di tempi di percorrenza, attesa la minore velocità di marcia. Le relazioni utilizzate per normalizzare sono quelle riportate nella precedente sezione ed hanno prodotto le matrici normalizzate di tabella 6.

Basento						Bradano					
Matr. Normalizzata	C1	C2	C3	C4	C5	Matr Normalizzata	C1	C2	C3	C4	C5
1	0.332	0.665	0.083	0.000	0.094	1	1.000	0.136	0.243	0.300	0.202
2	0.041	1.000	0.013	0.308	0.036	2	0.186	0.840	0.015	0.300	0.049
3	0.231	0.574	0.000	0.077	0.025	3	0.701	0.000	0.000	0.100	0.017
4	0.253	0.200	1.000	0.308	1.000	4	0.693	0.528	0.166	0.200	0.130
5	0.036	0.000	0.186	0.385	0.196	5	0.519	0.359	1.000	0.400	1.000
6	1.000	0.183	0.026	1.000	0.000	6	0.434	0.864	0.791	1.000	0.928
7	0.376	0.283	0.561	0.231	0.599	7	0.689	0.266	0.558	0.200	0.683
8	0.000	0.048	0.159	0.231	0.089	8	0.000	1.000	0.800	0.300	0.919
						9	0.828	0.390	0.012	0.000	0.000
						10	0.481	0.275	0.440	0.100	0.496

Tabella 6: Matrici normalizzate relative alle valli del Basento e del Bradano

Successivamente si sono calcolati gli indici di concordanza e di discordanza secondo la relazioni fornite dal metodo ELECTRE I riportate alla sezione precedente e si sono raccolti, nelle matrici degli indici di concordanza e discordanza, i valori ottenuti.

Basento									Bradano										
Cij	1	2	3	4	5	6	7	8	Cij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.55	0.90	0.70	0.70	0.55	0.35	0.80	1		0.65	1.00	0.65	0.35	0.35	0.45	0.45	0.65	0.45
2	0.45		0.650	0.450	0.700	0.450	0.450	0.800	2	0.35		0.65	0.45	0.35	0.00	0.45	0.45	0.65	0.45
3	0.10	0.350		0.350	0.700	0.450	0.350	0.700	3	0.00	0.35		0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.20	0.45
4	0.30	0.550	0.650		0.900	0.550	0.300	1.000	4	0.35	0.55	0.65		0.70	0.35	0.80	0.35	0.65	0.80
5	0.30	0.300	0.300	0.100		0.200	0.100	0.650	5	0.65	0.65	0.65	0.30		0.55	0.65	0.65	0.30	1.00
6	0.45	0.550	0.550	0.450	0.800		0.450	0.800	6	0.65	1.00	0.65	0.65	0.45		0.65	0.55	0.65	0.65
7	0.65	0.550	0.650	0.700	0.900	0.550		1.000	7	0.55	0.55	0.65	0.20	0.35	0.35		0.35	0.30	0.65
8	0.20	0.200	0.300	0.000	0.350	0.200	0.000	-	8	0.55	0.55	0.65	0.65	0.35	0.45	0.65		0.65	0.65
									9	0.35	0.35	0.80	0.35	0.70	0.35	0.70	0.35		0.70
									10	0.55	0.55	0.55	0.20	0.00	0.35	0.35	0.35	0.30	

Tabella 7: Matrici degli indici di concordanza C_{ij}

Basento									Bradano										
Dij	1	2	3	4	5	6	7	8	Dij	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1.000	0.216	0.563	0.165	1.000	0.377	0.107	1		0.86	0.00	1.00	0.47	1.00	0.44	0.86	1.00	0.27
2	0.870		0.445	0.353	0.050	1.000	0.467	0.044	2	1.00		0.61	1.00	0.69	1.00	0.88	1.00	1.00	0.52
3	1.000	1.000		0.764	0.153	1.000	0.563	0.086	3	1.00	1.00		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	1.000	1.000	1.000		0.000	1.000	0.986	0.000	4	0.78	0.61	0.01		1.00	1.00	0.60	0.68	0.98	0.41
5	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000	1.000	5	1.00	1.00	0.51	0.70		1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
6	0.723	0.853	0.509	0.382	0.058		0.274	0.038	6	0.78	0.00	0.31	0.77	0.17		0.43	0.31	0.83	0.08
7	1.000	1.000	1.000	1.000	0.129	1.000		0.000	7	1.00	1.00	0.04	1.00	0.74	1.00		1.00	0.71	0.04
8	1.000	1.000	1.000	1.000	0.919	1.000	1.000		8	1.00	0.75	0.70	1.00	0.81	1.00	0.94		1.00	0.66
									9	0.68	0.70	0.07	1.00	0.92	1.00	1.00	0.74		0.41
									10	1.00	1.00	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Tabella 8: Matrice degli indici di discordanza D_{ij}

Per verificare le disequazioni

$$c_{ab} \geq \gamma; \quad d_{ab} \leq \delta \quad (7)$$

$$c_{ba} \geq \gamma; \quad d_{ba} \leq \delta \quad (8)$$

si sono fissati in prima battuta i valori $\gamma = 0.25$ e $\delta = 0.60$, ottenendo, dai confronti a coppie delle alternative, i risultati tabellati.

Basento						Bradano							
					ESITO						ESITO		
COPPIA 1-2	VERO	FALSO	COPPIA 2-1	VERO	FALSO	1=2	COPPIA 1-2	VERO	FALSO	COPPIA 2-1	VERO	FALSO	1=2
COPPIA 1-3	VERO	VERO	COPPIA 3-1	FALSO	FALSO	1>3	COPPIA 1-3	VERO	VERO	COPPIA 3-1	FALSO	FALSO	1>3
COPPIA 1-4	VERO	VERO	COPPIA 4-1	VERO	FALSO	1>4	COPPIA 1-4	VERO	FALSO	COPPIA 4-1	VERO	FALSO	1=4
COPPIA 1-5	VERO	VERO	COPPIA 5-1	VERO	FALSO	1>5	COPPIA 1-5	VERO	VERO	COPPIA 5-1	VERO	FALSO	1>5
COPPIA 1-6	VERO	FALSO	COPPIA 6-1	VERO	FALSO	1=6	COPPIA 1-6	VERO	FALSO	COPPIA 6-1	VERO	FALSO	1=6
COPPIA 1-7	VERO	VERO	COPPIA 7-1	VERO	FALSO	1=7	COPPIA 1-7	VERO	VERO	COPPIA 7-1	VERO	FALSO	1=7
COPPIA 1-8	VERO	VERO	COPPIA 8-1	VERO	FALSO	1>8	COPPIA 1-8	VERO	FALSO	COPPIA 8-1	VERO	FALSO	1=8
							COPPIA 1-9	VERO	FALSO	COPPIA 9-1	VERO	FALSO	1=9
							COPPIA 1-10	VERO	VERO	COPPIA 10-1	VERO	FALSO	1>10
COPPIA 2-3	VERO	VERO	COPPIA 3-2	VERO	FALSO	2>3	COPPIA 2-3	VERO	FALSO	COPPIA 3-2	FALSO	FALSO	2=3
COPPIA 2-4	VERO	VERO	COPPIA 4-2	VERO	FALSO	2>4	COPPIA 2-4	VERO	FALSO	COPPIA 4-2	VERO	FALSO	2=4
COPPIA 2-5	VERO	VERO	COPPIA 5-2	VERO	FALSO	2>5	COPPIA 2-5	VERO	FALSO	COPPIA 5-2	VERO	FALSO	2=5
COPPIA 2-6	VERO	FALSO	COPPIA 6-2	VERO	FALSO	2=6	COPPIA 2-6	FALSO	FALSO	COPPIA 6-2	VERO	VERO	6>2
COPPIA 2-7	VERO	VERO	COPPIA 7-2	VERO	FALSO	2>7	COPPIA 2-7	VERO	FALSO	COPPIA 7-2	VERO	FALSO	2=7
COPPIA 2-8	VERO	VERO	COPPIA 8-2	FALSO	FALSO	2>8	COPPIA 2-8	VERO	FALSO	COPPIA 8-2	VERO	FALSO	8=2
							COPPIA 2-9	VERO	FALSO	COPPIA 9-2	VERO	FALSO	2=9
							COPPIA 2-10	VERO	VERO	COPPIA 10-2	VERO	FALSO	2>10
COPPIA 3-4	VERO	FALSO	COPPIA 4-3	VERO	VERO	4>3	COPPIA 3-4	VERO	FALSO	COPPIA 4-3	VERO	VERO	4>3
COPPIA 3-5	VERO	VERO	COPPIA 5-3	VERO	VERO	3=5	COPPIA 3-5	VERO	FALSO	COPPIA 5-3	VERO	VERO	5>3
COPPIA 3-6	VERO	FALSO	COPPIA 6-3	VERO	FALSO	3=6	COPPIA 3-6	VERO	FALSO	COPPIA 6-3	VERO	VERO	6>3
COPPIA 3-7	VERO	VERO	COPPIA 7-3	VERO	VERO	3=7	COPPIA 3-7	VERO	FALSO	COPPIA 7-3	VERO	VERO	7>3
COPPIA 3-8	VERO	VERO	COPPIA 8-3	VERO	VERO	3=8	COPPIA 3-8	VERO	FALSO	COPPIA 8-3	VERO	FALSO	3=8
							COPPIA 3-9	FALSO	FALSO	COPPIA 9-3	VERO	FALSO	3=9
							COPPIA 3-10	VERO	FALSO	COPPIA 10-3	VERO	FALSO	3=10
COPPIA 4-5	VERO	VERO	COPPIA 5-4	FALSO	VERO	4>5	COPPIA 4-5	VERO	FALSO	COPPIA 5-4	VERO	FALSO	4=5
COPPIA 4-6	VERO	FALSO	COPPIA 6-4	VERO	FALSO	6>4	COPPIA 4-6	VERO	FALSO	COPPIA 6-4	VERO	FALSO	4=6
COPPIA 4-7	VERO	FALSO	COPPIA 7-4	VERO	VERO	7>4	COPPIA 4-7	VERO	FALSO	COPPIA 7-4	FALSO	FALSO	4=7
COPPIA 4-8	VERO	VERO	COPPIA 8-4	FALSO	VERO	4>8	COPPIA 4-8	VERO	FALSO	COPPIA 8-4	VERO	FALSO	4=8
							COPPIA 4-9	VERO	FALSO	COPPIA 9-4	VERO	FALSO	4=9
							COPPIA 4-10	FALSO	VERO	COPPIA 10-4	FALSO	FALSO	4=10
COPPIA 5-6	FALSO	FALSO	COPPIA 6-5	VERO	FALSO	5=6	COPPIA 5-6	VERO	FALSO	COPPIA 6-5	VERO	VERO	6>5
COPPIA 5-7	FALSO	FALSO	COPPIA 7-5	VERO	FALSO	7=5	COPPIA 5-7	VERO	FALSO	COPPIA 7-5	VERO	FALSO	5=7
COPPIA 5-8	VERO	FALSO	COPPIA 8-5	VERO	VERO	8>5	COPPIA 5-8	VERO	FALSO	COPPIA 8-5	VERO	FALSO	5=8
							COPPIA 5-9	VERO	FALSO	COPPIA 9-5	VERO	FALSO	5=9
							COPPIA 5-10	VERO	VERO	COPPIA 10-5	FALSO	FALSO	5>10
COPPIA 6-7	VERO	VERO	COPPIA 7-6	VERO	VERO	6=7	COPPIA 6-7	VERO	VERO	COPPIA 7-6	VERO	FALSO	6>7
COPPIA 6-8	VERO	VERO	COPPIA 8-6	FALSO	VERO	6>8	COPPIA 6-8	VERO	VERO	COPPIA 8-6	VERO	FALSO	6>8
							COPPIA 6-9	VERO	FALSO	COPPIA 9-6	VERO	FALSO	6=9
							COPPIA 6-10	VERO	VERO	COPPIA 10-6	VERO	FALSO	6>10
COPPIA 7-8	VERO	VERO	COPPIA 8-7	FALSO	VERO	7>8	COPPIA 7-8	VERO	FALSO	COPPIA 8-7	VERO	FALSO	7=8
							COPPIA 7-9	VERO	FALSO	COPPIA 9-7	VERO	FALSO	7=9
							COPPIA 7-10	VERO	VERO	COPPIA 10-7	VERO	FALSO	7>10
							COPPIA 8-9	VERO	FALSO	COPPIA 9-8	VERO	FALSO	8=9
							COPPIA 8-10	VERO	FALSO	COPPIA 10-8	VERO	FALSO	8=10
							COPPIA 9-10	VERO	VERO	COPPIA 10-9	VERO	FALSO	9>10

Tabella 9: Confronti a coppie ed esiti per il primo step di verifiche

Dalla verifica delle disequazioni sopra esposte si costruiscono tre insiemi:

- S_1 contenente i progetti per i quali non è stata determinata una superiorità,
- S_2 contenente tutti gli altri,
- S_3 contenente i progetti di S_1 ed i progetti di S_2 non dominati ma escludente i progetti dominati nell'ambito dello stesso insieme.

Con riferimento alle due aree in esame, si rileva che in detti insiemi sono presenti i progetti:

AREA	S_1	S_2	S_3
Valle del Basento	1, 2, 6	3, 4, 5, 7, 8	1, 2, 6

AREA	S_1	S_2	S_3
Valle del Bradano	1, 2, 3, 4	5, 6, 7, 8, 9, 10	1, 4, 6, 9

Tabella 10: Progetti (comuni) compresi negli insiemi S_1 ed S_2 alla fine del primo step del confronto a coppie

Si passa ad un secondo step del confronto a coppie sull'insieme S_3 utilizzando altri valori soglia che in questo caso sono stati scelti uguali a: $\gamma = 0.45$ e $\delta = 0.90$.

La tabella 10 riporta i risultati del 2° step che individuano in Pietrapertosa l'alternativa migliore per la valle del Basento ed in Irsina la migliore per la valle del Bradano.

Basento								Bradano							
						ESITO	ALTERNATIVA MIGLIORE							ESITO	ALTERNATIVA MIGLIORE
COPPIA 1-2	VERO	FALSO	COPPIA 2-1	VERO	VERO	2>1	6. PIETRAPERTOSA	COPPIA 1-6	FALSO	FALSO	COPPIA 6-1	VERO	VERO	6>1	6. IRSINA
COPPIA 1-6	VERO	FALSO	COPPIA 6-1	VERO	VERO	6>1		COPPIA 1-4	FALSO	FALSO	COPPIA 4-1	FALSO	VERO	1=4	
COPPIA 2-6	FALSO	FALSO	COPPIA 6-2	VERO	VERO	6>2		COPPIA 1-9	VERO	FALSO	COPPIA 9-1	FALSO	VERO	1=9	
								COPPIA 6-4	VERO	VERO	COPPIA 4-6	FALSO	FALSO	6>4	
								COPPIA 6-9	VERO	VERO	COPPIA 9-6	FALSO	FALSO	6>9	
								COPPIA 4-9	VERO	FALSO	COPPIA 9-4	FALSO	FALSO	4=9	

Tabella 11: Confronti a coppie ed esiti per il secondo step

I risultati indicano la superiorità, e quindi la maggiore idoneità ad essere collegati con la strada di fondovalle attraverso un impianto fune, i comuni di Pietrapertosa e di Irsina rispettivamente nella valle del Basento e del Bradano. Con qualche elaborazione sui risultati è possibile anche costruire un elenco ordinale dei comuni per ciascuna area.

CONCLUSIONI

Il lavoro ha proposto l'impiego di un modello multicriteri per l'individuazione di abitati che trarrebbero maggior vantaggio dalla disponibilità di un collegamento funiviario con la rete di trasporto primaria di fondovalle.

Il campo di applicazione qui proposto rappresenta una innovazione per questo tipo di analisi, normalmente utilizzata in alternativa alla benefici-costi per individuare la soluzione ottimale fra opere pubbliche o piani di intervento. Infatti, l'esperimento condotto mira a risolvere un problema di allocazione delle risorse per la realizzazione di un impianto di trasporto a fune fra diversi collegamenti possibili, di tipologia simile, a vantaggio di piccoli comuni situati in quota ed insistenti su una infrastruttura viaria di fondovalle. La finalità consiste nel verificare la validità della metodologia nel supporto alle decisioni in questo specifico campo.

L'esperimento è stato ripetuto in due aree campione, che sono quelle delle valli del Basento e del Bradano in Basilicata, di interesse per il progetto Mitigo, pur senza integrare un'analisi di sensitività della soluzione, sempre auspicabile nelle applicazioni pratiche, realizzabile facendo variare i pesi assegnati entro intervalli motivati da opportune indagini e riferimenti oggettivi.

I risultati, in qualche modo attesi e pertanto confortanti, confermano la validità dell'analisi multicriteri anche per questo tipo di applicazione.

L'esperimento è sviluppato su di un numero ridotto di comuni interessati e di criteri di valutazione e pertanto ci si ripropone di ripetere l'analisi sulle stesse aree, aumentando soprattutto il numero di criteri e perfezionando il sistema dei pesi in modo che possa rispecchiare il più possibile l'influenza che ciascun criterio ha sulla efficienza ed efficacia di un collegamento funiviario.

È opportuno ricordare che, nelle applicazioni operative delle tecniche multicriteri, a monte della selezione dei criteri di valutazione si deve effettuare un'attenta individuazione degli obiettivi che si vogliono raggiungere attraverso le alternative di intervento messe a confronto. Detta operazione mira generalmente ad interpretare la sensibilità di decisori politici, rappresentanti delle parti sociali e stakeholders. Gli obiettivi dovrebbero essenzialmente consistere nel superamento delle principali criticità che, nelle aree qui considerate, rappresentano la principale causa del rapido e progressivo spopolamento.

Come è noto, per contrastare questo fenomeno è necessario offrire opportunità di lavoro in loco e migliorare le condizioni di vita dei residenti. Il potenziamento dell'accessibilità ai centri abitati facilita il raggiungimento dei servizi (sanitari, formativi, commerciali, sociali, ricreativi ecc.), prevalentemente ubicati nei capoluoghi di provincia, e pone i presupposti per la nascita di attività e posti di lavoro.

A tal proposito si deve considerare la situazione differente in cui si trovano Castelmezzano e Pietrapertosa rispetto a tutti gli altri comuni delle valli del Basento e del Bradano. Questi due centri, come è noto, presentano già oggi un certo sviluppo turistico supportato da un contesto paesaggistico di particolare pregio e da un attrattore ludico - sportivo comune (il Volo dell'angelo), molto apprezzato dagli utenti. Dunque il potenziamento dell'accessibilità conseguente alla realizzazione di impianti di trasporto a fune rappresenta, per i comuni di Castelmezzano e Pietrapertosa ancora di più che per gli altri, uno strumento attraverso il quale, non solo migliorare la qualità di vita degli abitanti e rendere più facile ai turisti raggiungere l'abitato e godere del paesaggio dall'alto, ma anche integrare fra loro i due comuni attraverso un collegamento funiviario diretto che in circa 5 minuti permette di andare da un centro all'altro. Una soluzione di questo tipo, che esula dall'interesse del presente Rapporto di disseminazione ma che rientra nelle competenze del progetto Mitigo, porrebbe le premesse per la nascita di servizi comuni ai due centri, oggi non giustificabili con la popolazione di uno solo dei due, con conseguente miglioramento delle condizioni di vita degli abitanti, nonché creerebbe i presupposti per realizzare nuovi e più importanti attrattori turistici grazie ai quali accrescere le presenze esterne e soprattutto prolungarne il tempo di permanenza, così da rendere più rilevanti e stabili nel corso dell'anno le ricadute economiche del turismo.

Bibliografia

Attard, M., Muscat, A., Camilleri, M., 2018. The technology behind a shared demand responsive transport system for a university campus. Paper presented at WCTR 2019, 26-31 May 2019, Mumbai, India.

Awasthi et al., 2018, Investigating ideal-solution based multicriteria decision making techniques for sustainability evaluation of urban mobility projects, *Transportation Research part A* 116, pagg.248,249.

Belton e Stewart, 2002, *Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach*, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Bojkovic et al., 2010, One solution for cross-country transport-sustainability evaluation using a modified ELECTRE method, *Ecological Economics* 69, pagg. 1176-1186.

Brans J. P., Mareschal B., Vincke Ph. (1986). How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, 24(2):228-238.

Brans J. P., Mareschal B., Vincke Ph. (1984). PROMETHEE: A new family of outranking methods in multicriteria analysis. *Operational Research Vol.3*: 477-490.

Donais F. M., Abi-Zeid I., Waygood E. O. D., Lavoie R. (2019). A review of cost-benefit analysis and multicriteria decision analysis from the perspective of sustainable transport in project evaluation. *Euro Journal on Decision Processes*, October 2019. DOI: 10.1007/s40070-019-00098-1.

Franch M., Masotti P., Buffa F., Meo F. (2021). The role of the cable car in sustainable mobility: management choices and an assessment of environmental sustainability. The Trento-Monte Bondone project. *Sinergie – italian journal of management*, 39(1); 37-58.

Liu H. L., Hsu W. L. (2015). Framework for assessing cable car construction investment projects: Examining investment projects in Taiwan, *Advances in Mechanical Engineering*, Vol. 7(11) 1-9 DOI: 10.1177/1687814015620087.



Mardani A., Zavadskas E. K., Khalifah Z., Jusoh A., Nor K. M. D. (2016). Multiple criteria decision-making techniques in transportation systems: a systematic review of the state of the art literature. *Transport*. Volume 31(3): 359–385. doi:10.3846/16484142.2015.1121517.

Montoya J. A., Aguilera J. C., Escobar D. A. (2021). The impact on urban accessibility conditions of a proposed cableway line in the city of Manizales, Colombia. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series* 51; 95–108.

Petrucelli U. (2011). La qualità percepita nel trasporto pubblico locale: un modello multicriteri per la selezione di scenari migliorativi The perceived quality of the local public transit: a multi-criteria model to select improvement scenarios. *Ingegneria Ferroviaria* 9/2011; 717-743.

Roy B. (1968). Classement et choix en présence de points de vue multiples. *Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle. Série verte, Volume 2, VI*, pp. 57-75.

Roy B. From Optimisation to Multicriteria Decision Aid: Three Main Operational Attitudes. In in Thiriez H., Zionts S., *Multiple Criteria Decision Making*, Springer Verlag, LNMS, 1976.

Roy B. *Méthodologie multicritère d'aide à la décision Economica*. Paris, 1985.

Salabun W., Palczewski K., Watróbski J. (2019). Multicriteria Approach to Sustainable Transport Evaluation under Incomplete Knowledge: Electric Bikes Case Study. *Sustainability*, 2019, 11, 3314; doi:10.3390/su11123314.

Wei H. H., Liu M., Skibniewski M., J., Balali V.. (2016). Prioritizing Sustainable Transport Projects through Multicriteria Group Decision Making: Case Study of Tianjin Binhai New Area, China. *Journal of Management in Engineering* · April 2016. DOI: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000449.





www.mitigoinbasilicata.it

Obiettivo Realizzativo n. 7 Soluzioni innovative di mobilità

Questa pubblicazione è stata realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea - FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it

Responsabile della pubblicazione: Umberto Petruccelli

Università degli Studi della Basilicata

Scuola di Ingegneria

Via dell'Ateneo Lucano 10

85100 Potenza



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Ministero dell'Università
e della Ricerca



PON
RICERCA
E INNOVAZIONE
2014-2020

Mitigazione dei Rischi Naturali
per la Sicurezza e la Mobilità nelle
Aree Montane del Mezzogiorno

