

Mobile Mapping System per l'analisi del paesaggio visibile dalla rete stradale in provincia di Treviso

Davide Crepaldi^(a), Serena Caldart^(b), Federico Gianoli^(c),
Salvatore Pappalardo^(c), Daniele Codato^(c), Massimo De Marchi^(c)

^(a) Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Università degli Studi di Padova, Via Marzolo, 9 – 35131 Padova, mastergiscience@dicea.unipd.it

^(b) Progetto "Droni in viticoltura e frutticoltura: geoinformazione per agroecosistemi 4.0 in Veneto e Trentino", Università degli studi di Padova, P.O.R. Fondo Sociale Europeo 2014-2020, Regione del Veneto - Obiettivo Generale "Investimenti in favore della crescita e occupazione" - Asse Occupabilità - O.T. 8 - P.1 8.II - O.S. 2 Bando DGR 2216/2016

^(c) Master GIScience e SPR per la gestione integrata del territorio e delle risorse naturali, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova

Abstract

Scopo del lavoro è sperimentare l'uso di rilievi eseguiti con tecnologia MMS per valutare la potenziale attrattiva paesaggistica di una strada. Lo studio è stato condotto in via sperimentale su un unico tratto di strada in provincia di Treviso. Il rilievo della strada è stato visionato, identificando e mappando i tratti di strada per i quali la visuale laterale risultava libera oppure occlusa. I tratti di strada a visuale libera sono stati considerati come punti di vista nella conduzione dell'analisi di visibilità finalizzata alla definizione della distanza massima dell'orizzonte visibile dalla strada e alla mappatura delle aree di territorio visibili. Dalla sovrapposizione delle aree e punti di interesse paesaggistico con le aree visibili è stato possibile dare un giudizio qualitativo sull'attrattiva paesaggistica della strada. Tutte le elaborazioni sono state eseguite in ambiente GIS impiegando il software ArcGISTM. Oltre all'aspetto relativo alla valutazione paesaggistica si vuole indagare possibili nuovi utilizzi dei dati grezzi ottenuti da rilievi MMS, al fine di ottenere informazioni aggiuntive che possano arricchire lo standard informativo di questo tipo di rilievi.

I. Introduzione

I *Mobile Mapping Systems* (o MMS) sono strumenti per l'acquisizione di dati territoriali georiferiti. Il veicolo in moto sulla strada, grazie alla sua composita architettura sensoriale acquisisce dati spaziali georiferiti dell'itinerario percorso e delle pertinenze adiacenti allo spazio stradale. Normalmente i rilievi eseguiti con questa tecnologia sono orientati al popolamento o all'integrazione di banche dati sulla rete stradale, finalizzate ad una pianificazione e gestione delle infrastrutture viarie efficiente ed efficace (Bendea et al., 2008).

L'idea alla base del presente studio è la sperimentazione di nuovi utilizzi dei dati ottenuti da rilievi MMS, al fine di produrre informazioni aggiuntive che possano arricchire lo standard informativo di questo tipo di rilievi.

Il dato grezzo ottenibile da un rilievo eseguito con tecnologia MMS è una ricognizione fotografica georiferita dettagliata di un intero tratto stradale. Per tale motivo si è pensato di impiegare queste immagini per definire il paesaggio potenzialmente visibile da un utente in movimento lungo una strada, con lo scopo di valutarne l'attrattiva paesaggistica.

Lo studio è stato condotto in via sperimentale su un tratto di strada in provincia di Treviso, sviluppato tra i centri abitati di Silea e Zenson di Piave. Le immagini del tracciato stradale interessato sono state visionate impiegando un *software* di elaborazione dedicato per rilievi MMS, identificando e mappando i tratti di strada la cui visuale laterale risultava libera oppure occlusa da ostacoli presenti nelle immediate vicinanze della carreggiata. La mappatura è stata condotta lungo entrambi i bordi della strada.

I tratti di strada a "visuale libera" sono stati considerati come punti di vista privilegiati in un'analisi della visibilità che ha avuto il duplice scopo di verificare la distanza dell'orizzonte visibile dalla strada e di identificare e mappare le aree potenzialmente visibili da un utente in viaggio sul tracciato.

Propedeutica all'analisi di visibilità è stata la creazione di adeguati modelli digitali che rappresentassero l'andamento del terreno e gli elementi naturali e antropici presenti sul terreno che possono costituire ostacolo alla vista.

Infine, per valutare la qualità del paesaggio fruibile, è stata creata una carta con le principali aree e punti di interesse paesaggistico del territorio attraversato dalla strada in oggetto, alla quale sono state sovrapposte le mappature delle visuali e delle aree visibili, individuando tra queste ultime quelle di maggior pregio paesaggistico. Da questa carta è stato possibile dare un giudizio qualitativo sull'attrattiva paesaggistica della strada studiata.

Tutte le elaborazioni, ad esclusione dell'iniziale visione del rilievo fotografico della strada per la mappatura delle visuali, sono state condotte in ambiente GIS facendo uso del software ArcGIS™ 10.4.

II. Base dati

Per lo studio in oggetto LTS s.r.l., società specializzata in geomatica con sede a Treviso, ha messo a disposizione il suo archivio di rilievi MMS eseguiti sulla rete stradale del Veneto. La scelta è stata operata ricercando un tratto stradale che rispondesse ai seguenti requisiti:

- strada a buona o elevata percorrenza, escludendo però le strade che per caratteristiche costruttive presentano ostacoli laterali alla vista come *guardrail*, barriere antirumore, ecc...;
- strada inserita in un contesto di pianura, dove il paesaggio visibile è molto influenzato dagli ostacoli che si possono presentare alla vista;
- strada inserita in un contesto territoriale ad elevata urbanizzazione.

Tra i rilievi disponibili è stato pertanto scelto quello relativo al collegamento stradale tra le città di Silea e di Zenson di Piave, in provincia di Treviso. Il percorso si sviluppa, da ovest ad est, lungo le strade provinciali SP 113 Sinistra Sile, SP 64 Zermanesa, SP 61 Fornaci, SP 60 di Mignagola e lungo strade ad esse contigue aventi le medesime caratteristiche. Dallo studio sono stati esclusi alcuni tratti stradali del tracciato presenti nel rilievo che, avendo carattere di strada locale, non rispondevano completamente ai requisiti sopra esposti.

Rilievo con tecnologia *Mobile Mapping System* (MMS)

I dati forniti da LTS s.r.l. provengono dall'elaborazione del rilievo del tracciato scelto, eseguito mediante tecnologia *Mobile Mapping System*.

I *Mobile Mapping Systems* sono sistemi finalizzati all'acquisizione di immagini georiferite della rete stradale. Questa tecnologia costituisce l'evoluzione delle tradizionali metodologie di rilievo sul campo coniugando elevata produttività con minime turbative alle correnti di traffico (Di Prizio et al., 2015).

L'architettura tecnologica di base di un MMS si compone di diversi segmenti tra loro dialoganti (Di Prizio et al., 2015; Gandolfi, Forlani, 2004):

Sottosistema traiettografico: ha la funzione di acquisire la componente posizionale del dato georiferito assicurando istantaneamente il miglior posizionamento del veicolo in movimento.

Sottosistema video: ha la funzione di acquisire immagini panoramiche della rete stradale e delle pertinenze adiacenti.

Apparato di sincronizzazione: la sua funzione principale è quella di integrare il dato proveniente dall'apparato di acquisizione video con la componente posizionale dell'informazione, minimizzando l'errore di georiferimento.

Dal *dataset* di immagini georiferite è possibile, con appositi *software*, ricavare informazioni relative allo stato geometrico stradale e delle pertinenze limitrofe

Per lo studio in oggetto sono stati impiegati i seguenti dati:

- traccia GPS per punti della traiettoria del veicolo (acquisizioni con frequenza di 1pt/min);
- *database* dei fotogrammi acquisiti (la configurazione del sistema adottata prevedeva 4 fotocamere orientate a riprendere due fotogrammi laterali ad una frequenza di 1 scatto ogni 2 m e due fotogrammi centrali ad una frequenza di 1 scatto ogni 5 m di strada percorsa).

Cartografia di base, e modelli digitali del terreno

Per le elaborazioni su piattaforma GIS sono stati impiegati i seguenti dati:

- CTR della regione Veneto in formato *raster*, fogli scala 1:10.000;
- CTR della regione Veneto in formato *shapefile*, taglio degli elementi fogli scala 1:5.000;
- ortofoto dell'area di interesse, taglio degli elementi fogli scala 1:10.000 (anno 2012);
- livelli informativi in formato *shapefile* relativi al PTRC (Piano Territoriale di Coordinamento Regionale) della regione Veneto e al PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) della provincia di Treviso.

Per le valutazioni di visibilità sono stati creati modelli digitali del terreno e della superficie a partire da rilievi LIDAR aerei dell'area di interesse (anno 2007).

Tutte le elaborazioni cartografiche sono state condotte nel sistema di riferimento *Gauss-Boaga* Fusso Ovest.

III. Analisi dei dati

Lo studio è stato condotto secondo le seguenti fasi:

1. raccolta ed organizzazione della base dati;
2. analisi del rilievo MMS e mappatura delle visuali;
3. creazione dei modelli digitali di superficie e del terreno;
4. analisi di visibilità;

5. confronto delle aree potenzialmente visibili con le emergenze paesaggistiche dell'area di studio.

Raccolta ed organizzazione dei dati

I dati relativi al rilievo MMS del tracciato stradale scelto si presentavano sotto forma di tabelle e di cartelle di *file* immagini tra loro disgiunti, la cui visualizzazione congiunta era possibile solo attraverso l'apposito *software* di elaborazione per rilievi di questo tipo.

Allo scopo di georiferire e rendere visualizzabili le riprese fotografiche anche su piattaforma GIS, ogni punto della traccia GPS della traiettoria del veicolo è stato associato alle immagini scattate in corrispondenza, facendo corrispondere i tempi di acquisizione GPS con quelli di scatto dei fotogrammi.

I dati sono stati quindi salvati in un *file geodatabase* di ArcGIS™ che, caricato nel progetto GIS, permette di visualizzare i punti della traccia GPS e di accedere alle informazioni corrispondenti, compresi i fotogrammi del rilievo.

Mappatura delle visuali

Tutto il rilievo del tracciato è stato visionato impiegando il *software* dedicato *Easy Video Survey* che permette di visualizzare contemporaneamente due dei quattro fotogrammi scattati per ogni panoramica e di georeferenziare automaticamente punti omologhi indentificati nei due fotogrammi.

Il tracciato stradale è stato suddiviso in tratti che si differenziavano per la visibilità laterale secondo la seguente classificazione:

- Visuale Aperta: rientrano in questa categoria tutti i tratti stradali che presentano una visuale laterale libera da ostacoli nelle immediate vicinanze ed i segmenti stradali a visuale laterale parzialmente o totalmente occlusa perché molto brevi o perché gli ostacoli si integrano nel paesaggio circostante (es. edifici isolati di aziende agricole inseriti nel contesto aziendale);
- Visuale Parzialmente Aperta: rientrano in questa categoria tutti i tratti stradali che presentano lateralmente recinzioni, siepi di alberi radi, costruzioni che si susseguono in modo rado, bassi argini o terrapieni che pur offrendo ostacolo alla vista non occludono completamente la visuale;
- Costruito Residenziale: rientrano in questa categoria tutti i tratti stradali che presentano la visuale laterale occlusa da edifici residenziali a ridosso della carreggiata ed i tratti in cui la visuale è ostruita da siepi a servizio del costruito e non preponderanti rispetto ad esso;
- Costruito Industriale Commerciale: rientrano in questa categoria tutti i tratti stradali che presentano la visuale laterale occlusa da edifici a carattere produttivo o commerciale di importanza rilevante a ridosso della carreggiata;
- Siepi e Recinzioni: rientrano in questa categoria tutti i tratti stradali che presentano la visuale laterale occlusa da recinzioni, siepi, filari fitti di alberi, boschetti, vigneti, frutteti. Rientrano nella categoria anche i tratti con siepi e/o recinzioni a servizio di costruzioni ma che alla vista risultano preponderanti.

Modelli digitali del terreno

Per eseguire, sulla base della mappatura delle visuali, delle analisi di visibilità è stato necessario creare dei modelli digitali di elevazione che rappresentassero l'andamento del terreno (*Digital Terrain Model* - DTM) e la forma degli elementi superficiali, naturali e antropici, che potevano costituire ostacolo alla vista (*Digital Surface Model* - DSM).

I DTM e DSM sono stati ottenuti dall'elaborazione di dati da rilievo LIDAR aereo, forniti come nuvole di punti classificate (formato **.las*), con una densità media di circa 2 pt/m²; le nuvole di punti sono poi state trattate con il software ArcGIS™ utilizzando la tipologia di dati "*LasDataset*" (file **.lasd*).

Per la creazione dei DSM e DTM è stato utilizzato il *tool* di conversione di ArcGIS™ "*LAS Dataset to Raster*" che crea un modello *raster* utilizzando i dati di elevazione dei punti delle nuvole di punti.

DTM e DSM sono stati creati impostando le singole celle con dimensioni 2x2 m.

Analisi di visibilità

Le analisi di visibilità sono state svolte in due fasi:

1. studio dell'altimetria del tracciato lungo l'asse stradale e del territorio circostante lungo sezioni perpendicolari all'asse stradale;
2. analisi di visibilità su piattaforma GIS, basate sul DSM dell'area di studio.

Su piattaforma GIS è stato possibile estrarre dai DTM e DSM i profili lungo l'asse stradale e lungo le singole sezioni. Ai profili è stata associata una linea dell'orizzonte ideale ipotizzando che essa si collochi a 1,5 m rispetto alla quota della sede stradale (visuale di un utente medio seduto in auto).

Dallo studio del profilo longitudinale del tracciato associato alla linea dell'orizzonte si è potuta ottenere un'analisi della visibilità dalla strada.

Lo studio dell'andamento altimetrico del tracciato stradale e delle sezioni trasversali, pur fornendo buone indicazioni sulla distanza di visibilità, è stato condotto su un numero limitato di sezioni ed ha pertanto carattere puntuale.

Le analisi di visibilità sul tracciato stradale sono state condotte impiegando il *tool* "*Visibility*" del software ArcGIS™ che permette di identificare, su una superficie *raster*, le celle visibili da punti di vista prefissati.

I risultati delle analisi di visibilità confermano quelli dello studio condotto sul profilo longitudinale e sulle sezioni trasversali, segnalando che le aree visibili di maggiore estensione si trovano entro circa 2 km di distanza dall'asse stradale.

Rispetto alla sola analisi dell'altimetria, le analisi di visibilità hanno permesso di identificare e mappare le aree potenzialmente visibili dalla strada nei tratti in cui la visuale risulti libera. Si nota inoltre che il paesaggio attraversato dalla strada è prevalentemente rurale, pertanto la visuale anche nei tratti classificati a visuale aperta può stagionalmente essere limitata dalle colture in essere.

Confronto tra aree potenzialmente visibili ed emergenze paesaggistiche del territorio

Allo scopo di valutare la qualità del paesaggio potenzialmente visibile da un utente in viaggio è stata creata una carta con rappresentate le aree e i punti di maggiore rilevanza paesaggistica del territorio attraversato dalla strada.

I dati per la creazione della carta sono stati ricavati dagli strumenti di pianificazione territoriale della Regione Veneto (PTRC - Piano Territoriale

Regionale di Coordinamento) e della provincia di Treviso (PTCP - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale), e scaricati sotto forma di livelli informativi georeferenziati (*shapefile*) dalle banche dati regionale e provinciale.

I principali elementi mappati sono:

- zone SIC (Siti di Importanza Comunitaria, Direttiva Habitat 1992/43/CEE);
- zone ZPS (Zone a Protezione Speciale, Direttiva Uccelli 2009/147/CE);
- aree di tutela paesaggistica;
- aree naturalistiche di livello regionale;
- Parco Regionale del Fiume Sile;
- Parco Provinciale della Sorgia;
- ville venete;
- manufatti di pregio architettonico;
- manufatti di archeologia industriale.

La carta è stata ottenuta sovrapponendo alle ortofoto dell'area considerata gli strati informativi sopra citati. L'elaborato così ottenuto non si può considerare esaustivo circa la rappresentazione di tutte le emergenze paesaggistiche della zona di interesse, ma ne riporta le principali che si sono ritenute di particolare attrattiva visiva per un utente in viaggio sulla rete stradale.

Alla carta così ottenuta sono state sovrapposte la mappatura delle visuali e la mappatura delle aree potenzialmente visibili. I risultati ottenuti sono rappresentati nelle figure 1 e 2.

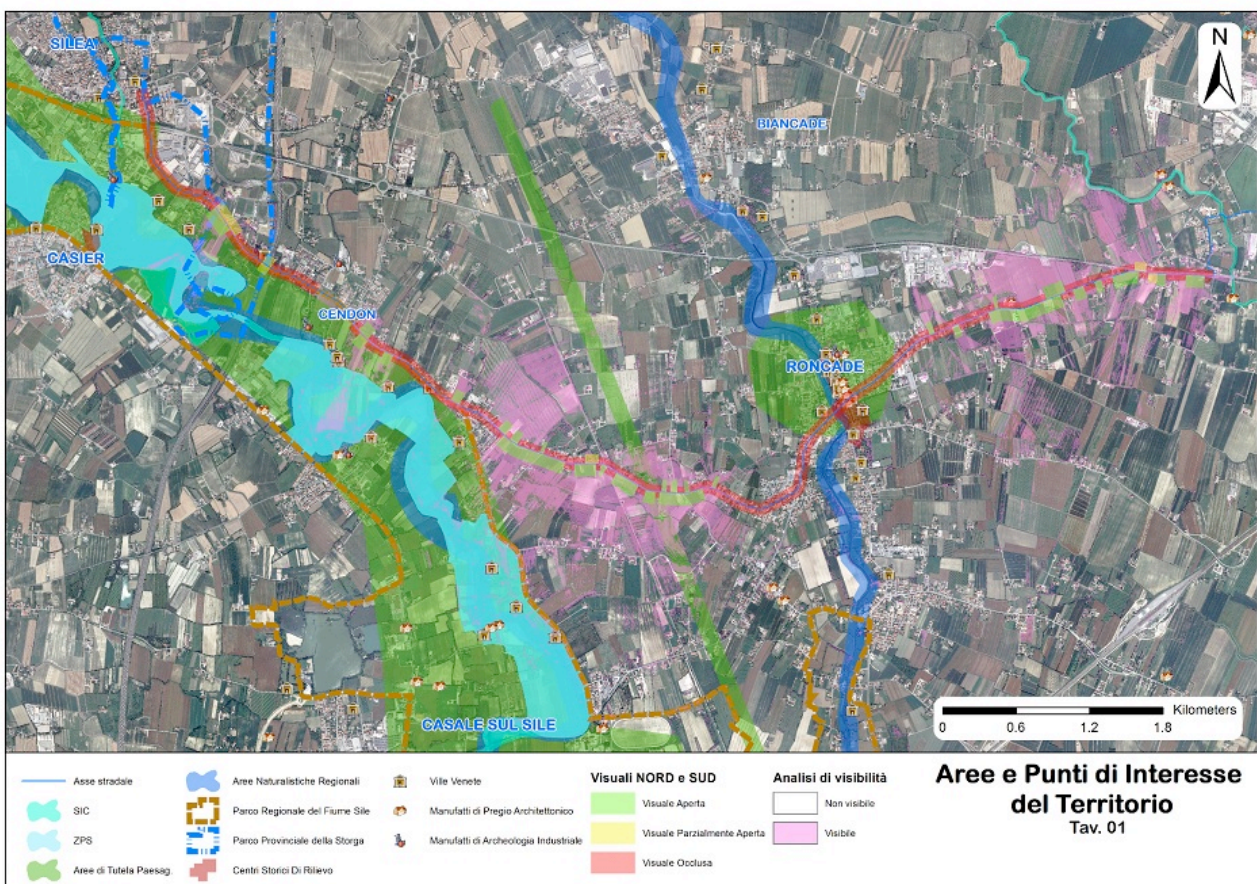


Figura 1 - Sovrapposizione tra analisi di visibilità e aree e punti di interesse (Tav. 1)

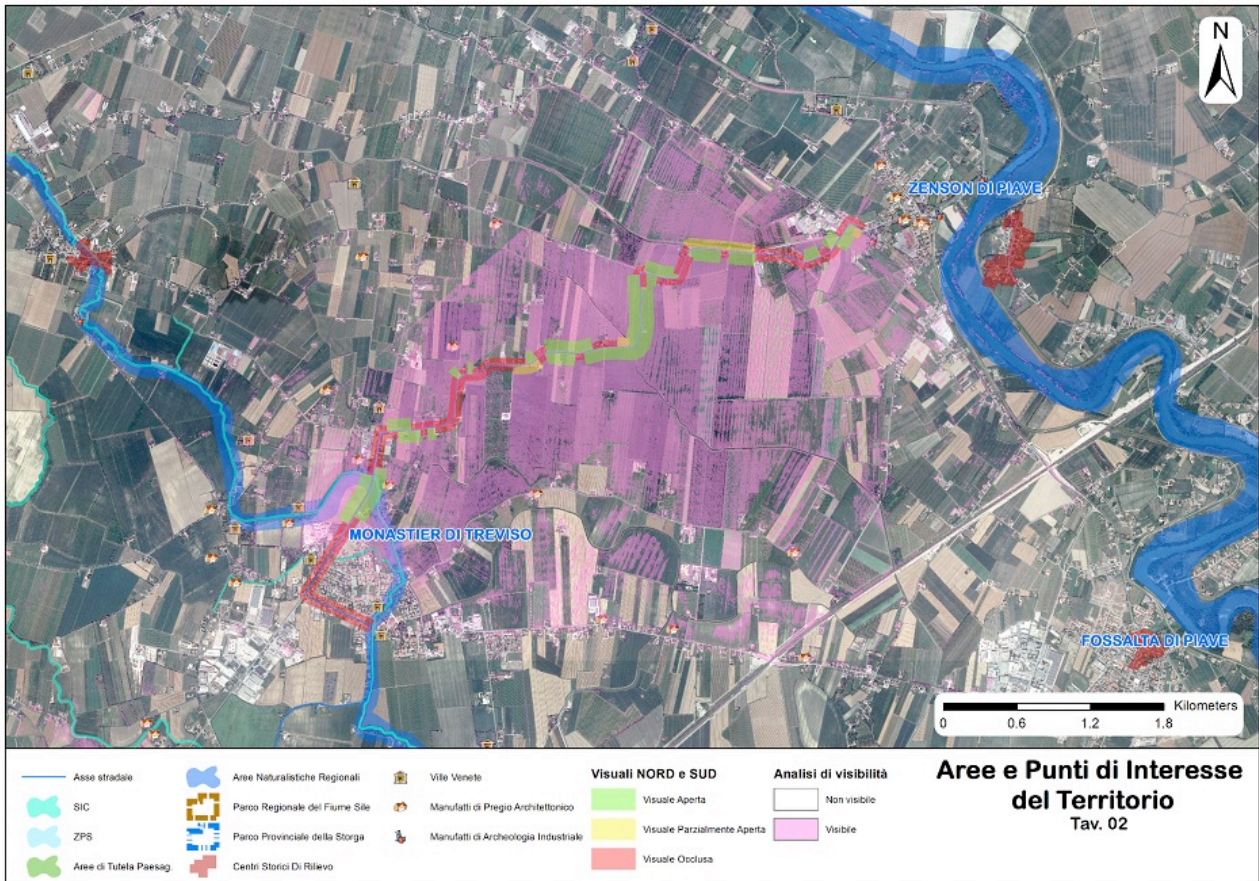


Figura 2 - Sovrapposizione tra analisi di visibilità e aree e punti di interesse (Tav. 2)

IV. CONSIDERAZIONI FINALI

Questo studio è nato con l'obiettivo di sperimentare l'uso di rilievi eseguiti con tecnologia MMS per valutare l'attrattiva paesaggistica potenziale di una strada. I risultati dell'analisi di visibilità possono essere così riassunti:

- Lunghezza totale del tracciato analizzato 18 km
- Visuali verso nord:
 - tratti a visuale aperta 18%
 - tratti a visuale parzialmente aperta 7%
 - tratti a visuale occlusa per siepi o recinzioni 24%
 - tratti a visuale occlusa per costruzioni residenziali 44%
 - tratti a visuale occlusa per costruzioni produttive o commerciali 7%
- Visuali verso sud:
 - tratti a visuale aperta 33%
 - tratti a visuale parzialmente aperta 3%
 - tratti a visuale occlusa per siepi o recinzioni 16%
 - tratti a visuale occlusa per costruzioni residenziali 41%
 - tratti a visuale occlusa per costruzioni produttive o commerciali 7%

Analizzando queste statistiche si evidenzia una presenza maggiore di tratti a visuale aperta verso sud rispetto che a nord, mentre in entrambe le direzioni di vista, lungo più di metà della strada, la visuale è ostruita da costruzioni

residenziali e siepi e/o recinzioni prevalentemente a servizio di tali costruzioni. Limitata è invece la presenza di insediamenti produttivi o commerciali.

Per quanto attiene invece la natura sperimentale di questo studio si osserva che il rilievo fotografico ottenuto con tecnologia MMS è sì dettagliato, ma la panoramica di ripresa è comunque limitata perché finalizzata alla mappatura degli elementi caratterizzanti il tracciato stradale e questo limita le potenzialità di utilizzo di questi dati per valutazioni legate al paesaggio visibile.

Potrebbe infine essere interessante estendere lo studio, qui eseguito su un solo tracciato stradale, a tutta una rete stradale, verificando se sussiste la possibilità di quantificare con opportuni indici le considerazioni che nel presente studio sono state solo di natura qualitativa, con l'obiettivo di classificare le strade analizzate anche in funzione delle loro attrattive paesaggistiche.

V. BIBLIOGRAFIA

Bendea H.I., Cina A., De Agostino M., Lingua A., Piras M. (2008), "Realizzazione di un GIS stradale con un veicolo rilevatore a basso costo", *Atti 12 Conferenza Nazionale ASITA*, ASITA, L'Aquila, pp. 371-374

Di Prizio L., Iandelli N., Ragnoli A., Mancuso A. (2015), *VIAMONT Street Model-Sistema sperimentale di monitoraggio e comunicazione per il miglioramento della sicurezza stradale in contesto montano - Report V4*, Unisky, Venezia

Gandolfi S., Forlani G. (2004), "Catasto stradale, mobile mapping e navigazione geodetica nelle reti di stazioni permanenti", in Biagi L., Sansò F. (a cura di), *Un libro bianco su I servizi di posizionamento satellitare per l'e-government*, *Geomatics Workbooks vol. 7*, Ludovico Biagi, Ferdinando Sansò Editori, Como, pp. 167-186