

TRIBUNALE DI CAGLIARI

RELAZIONE DI CONSULENZA TECNICA D'UFFICIO NEL PROCEDIMENTO N.R.G. 9459/2009

Ricorrente:

Comune di San Gavino Monreale,

rappresentato dall'Avv. Michele Serra

contro

resistenti:

R.F.I. S.p.a. con sede in Roma (RM)
Italferr S.p.a. con sede in Cagliari (CA)
Saferr Società Consortile a r.l.

rappresentata dall'Avv. Giovanni Cossu
non rappresentata
rappresentata dall'Avv. Giampiero Schirru

IL Consulente Tecnico d'Ufficio
Ing. Sergio Serra

	Indice	
1	Premessa.	3
2	Svolgimento delle operazioni peritali.	4
	2.1 Sopralluogo del 9 gennaio 2010.	4
	2.2 Sopralluogo del 2 agosto 2010.	5
	2.3 Sopralluogo del 3 agosto 2010.	5
	2.4 Sopralluogo del 31 marzo 2011.	5
	2.5 Sopralluogo del 1 aprile 2011.	6
3	Descrizione dello stato dei luoghi.	7
	3.1 Via Pascoli.	7
	3.2 Via Dante.	8
	3.3 Tratto di viabilità tra Via Dante Alighieri e Via Leonardo Da Vinci (nei fatti ancora ancora via Dante).	9
	3.4 Via Leonardo Da Vinci.	10
	3.5 Via Tuveri.	11
	3.6 Via Villacidro.	12
	3.7 Via Goldoni.	13
	3.8 Via Oristano.	14
	3.9 Via Ugone III.	15
	3.10 Via Ziviriu.	16
	3.11 Via Roma.	17
	3.12 Via Sardara.	18
	3.13 Via Maria Carta.	19
	3.14 Via Donizetti.	20
	3.15 Via Porrino.	21
	3.16 Via Regina Margherita.	22
	3.17 Via Parrocchia.	23
	3.18 Via Trento.	24
	3.19 Via Segni.	25
	3.20 Via Einaudi.	26
	3.21 Piazza Moro.	27
	3.22 Via Martin Luther King.	28
4	Prove sperimentali.	29
	4.1 Note sul metodo.	29
	4.2 Descrizione delle prove.	29
	4.3 Pozzetti geognostici (secondo relazione Geosystem).	34
	4.4 Analisi di laboratorio (secondo relazione Geosystem).	35

4.5	Commento sui risultati delle analisi di laboratorio (secondo relazione Geosystem).	36
5	Interpretazione dei risultati delle prove di laboratorio.	37
5.1	Valutazione del grado di efficienza della pavimentazione stradale.	37
5.1.1	Pozzetto A sito nella via Villacidro.	38
5.1.2	Pozzetto C sito nella via Tuveri.	39
5.1.3	Pozzetto D sito nella via Tuveri.	39
5.1.4	Pozzetto E sito nella via Leonardo da Vinci.	40
5.1.5	Pozzetto F sito nella via Pascoli.	40
5.1.6	Pozzetto G sito nella via Roma.	40
5.1.7	Pozzetto H sito nella via Eleonora d'Arborea.	41
5.1.8	Pozzetto I sito nella via Regina Margherita.	41
5.1.9	Pozzetto L sito nella via Trieste.	42
5.1.10	Pozzetto M sito nella via Dante.	42
5.2	Conclusioni	43
6	Determinazione delle opere e dei costi necessari per i ripristini.	44
6.1	Limiti ed esclusioni.	45
7	Conclusioni.	46

1 Premessa.

Illustrissimo Presidente del Tribunale Civile di Cagliari, nell'udienza del 10 dicembre 2009 del procedimento per A.T.P. iscritto al Tribunale di Cagliari con il Numero di Registro Generale 9459/2009, promossa dal Comune di San Gavino Monreale, nel seguito ricorrente, rappresentato e difeso dall'Avv. Michele Serra, contro le società Rete Ferroviaria Italiana S.p.a., rappresentata e difesa dall'Avv. Giovanni Cossu, Italferr S.p.a., non rappresentata da alcun legale alla data di affidamento del presente incarico e S.A.F.E.R.R. S.c.a.r.l., rappresentata e difesa dall'Avv. Giampiero Schirru, la S.V.I. nominava il sottoscritto Dr. Ing. Sergio Serra, nato a Cagliari il 2 luglio 1969, e ivi residente, nella via Bacaredda, al civico numero 8, ed iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari con il numero 4200, quale Consulente Tecnico d'Ufficio, invitandolo a compiere il giuramento di rito.

In tale circostanza il sottoscritto fu chiamato a effettuare un accertamento tecnico preventivo al fine di rispondere ai quesiti di cui al ricorso, ossia:

- 1) Descriva il CTU nominando lo stato delle strade site nel Comune di San Gavino, ed interessate dal dal transito dei mezzi dell'impresa esecutrice dei lavori e precisamente quello relativo alle strade indicate in premessa e qui di seguito elencate: Via Maria Carta, Via Pascoli, Via Goldoni, Via Oristano, Via Roma, Via Dante, Via Leonardo Da Vinci, Via Regina Margherita, Via Donizetti, Via Porrino, Via Ugone III, Via Ziviriu, strada di penetrazione da Villacidro a Via Iglesias, strada di penetrazione da Via Iglesias alla Fonderia, strada di collegamento tra la Via Roma e Via Maria Carta, tratto di viabilità tra Via Dante Alighieri e Via Leonardo Da Vinci;
- 2) Accerti e descriva il CTU nominando, i danni presenti nelle stesse e le cause che li hanno determinati;
- 3) Indichi il CTU nominando, le opere e le spese necessarie per il loro ripristino integrale a norma di legge.

Contestualmente fu stabilito per il deposito della relazione di consulenza il termine, poi prorogato, di sessanta giorni di tempo con decorrenza dall'inizio delle operazioni peritali, fissato per il giorno 9 gennaio 2010 alle ore 9,00 sul luogo di cui in ricorso, e fu stabilita l'assegnazione al CTU di un fondo spese di € 300,00 a carico della parte ricorrente.

2 Svolgimento delle operazioni peritali.

Le operazioni peritali ebbero inizio il giorno 9 gennaio 2010, presso il Comune di San Gavino Monreale. Nel corso dell'ATP il sottoscritto CTU sottopose al presidente del Tribunale istanza di fissazione di nuova udienza allo scopo di essere autorizzato alla spesa delle somme necessarie per l'effettuazione di prove strumentali da effettuarsi presso le strade ammalorate del Comune, udienza poi fissata per il giorno 8 luglio 2010.

In tale udienza fu fissato un nuovo termine per inizio delle operazioni peritali per il giorno 3 agosto 2010, poi ulteriormente rinviato in attesa di apposita delibera del Consiglio Comunale di San Gavino Monreale per lo stanziamento delle somme.

Previa delibera del Comune di San Gavino, datata 25 febbraio 2011, furono compiuti tre ulteriori sopralluoghi: il primo in data 2 agosto 2010; il secondo in data il 31 marzo 2011 e il terzo in data 1 aprile 2011, al fine di effettuare le prove sopra menzionate.

In data 21 luglio 2011 la ditta Geosystem del Dott. G.B. Demontis consegnò al sottoscritto CTU l'esito delle prove effettuate nel corso del sopralluoghi dei giorni 31 marzo 2011 e 1 aprile 2011 al fine di essere interpretati dal sottoscritto ai fini di dar risposta ai quesiti posti in udienza.

2.1 Sopralluogo del 9 gennaio 2010.

Nel corso del sopralluogo del 9 gennaio 2010, alle ore 9,00 nel luogo concordato, ovvero di fronte al palazzo comunale nella via Trento, erano presenti, oltre al sottoscritto CTU: per la parte ricorrente il CTP ricorrente, nella persona dell'Ing. Paolo Zedda e il Sig. Bruno Deidda, qualificatosi quale assessore ai lavori pubblici e vice sindaco in carica presso il Comune ricorrente; per la parte resistente Rfi S.p.a. il CTP nominato, Ing. Antonello Frau; per la parte resistente Italferr S.c.a.r.l. non si presentò nessuno; per la parte resistente Saferr S.c.a.r.l. il CTP nominato, Ing. Ferruccio Ferrero.

Nel corso del sopralluogo, i presenti, dapprima si recarono presso un locale del Comune per l'esame di una planimetria delle strade comunali al fine di stabilire come procedere all'esame delle strade citate in ricorso. Dopodiché, su indicazione del CTP ricorrente, i presenti presero visione delle condizioni di ammaloramento delle strade del Comune citate in ricorso, ed elencate di seguito, mediante un sopralluogo in ciascuna di esse.

Le strade sono qui sotto elencate nell'ordine con il quale sono state visionate durante il sopralluogo del 9 gennaio 2010, differente da quello con il quale esse sono elencate in ricorso. Per la precisione alcune delle strade sotto elencate non sono indicate in ricorso, pur risultando un percorso che è obbligatorio percorrere per congiungere due o più strade citate in ricorso. In ogni caso, nel corso del sopralluogo il sottoscritto ha preso visione anche di quelle strade che, pur non essendo citate in ricorso, il CTP ricorrente ha lamentato essere comunque ammalorate da traffico pesante.

Per comodità di esposizione, nel seguito di questa relazione in luogo del nome delle strade sarà utilizzato il numero che ciascuna di esse ha ricevuto nell'ordinamento della sottostante tabella.

Dopo aver terminato l'esame visivo delle strade suddette e aver scattato numerose fotografie ritraenti lo stato dei luoghi delle stesse, null'altro essendo possibile accertare al fine di dar risposta ai quesiti posti dal Presidente del Tribunale, rilevando la necessità di compiere ulteriori accertamenti di carattere sperimentale, il sottoscritto dichiarò momentaneamente sospese le operazioni peritali alle ore 11,30 circa e si congedò dai presenti, rinviando il prosieguo delle operazioni peritali a data da destinarsi.

Nr	Denominazione strada	In ricorso
1	Via Pascoli;	sì
2	Via Dante;	sì
3	Via Dante (in ricorso tratto di viabilità tra Via Dante Alighieri e Via Leonardo Da Vinci);	sì
4	Via Leonardo Da Vinci;	sì
5	Via Tuveri (in ricorso strada di penetrazione da Via Iglesias alla Fonderia);	sì
6	Via Villacidro (in ricorso strada di penetrazione da Villacidro a Via Iglesias);	sì
7	Via Goldoni;	sì
8	Via Oristano;	sì
9	Via Ugone III;	sì

10	Via Ziviriu;	sì
11	Via Roma (nel tratto tra la rotonda con la via Pascoli e la via Sardara);	sì
12	Via Sardara (in ricorso strada di penetrazione tra la via Roma e la via Maria Carta);	sì
13	Via Maria Carta;	sì
14	Via Donizetti;	sì
15	Via Porrino;	sì
16	Via Regina Margherita;	sì
17	Via Parrocchia;	no
18	Via Trento;	no
19	Via Segni;	no
20	Via Einaudi;	no
21	Piazza Moro;	no
22	Via Martin Luther King.	no
23	Via Nuraci;	no
24	Via Iglesias;	no
25	Via Tommaseo;	no
26	Via Verga;	no

Tabella 1 – Elenco delle strade ammalorate riscontrate nel Comune di San Gavino Monreale.

Fra le strade elencate nella lista in Tabella 1, solo quelle numerate dal numero 1 al numero 16 erano presenti nella lista di strade ammalorate di cui in ricorso. In Tabella 1 sono state comunque elencate anche tutte quelle strade che, pur assenti nel ricorso, il CTP ricorrente ha ritenuto di mostrare al sottoscritto nel corso del sopralluoghi, lamentando che anch'esse erano ammalorate per le stesse ragioni delle precedenti.

Si precisa inoltre che in Tabella 1 le voci 2 e 3, pur riportate come descritte in ricorso, in realtà ricadono entrambe nella via Dante. Per coerenza con l'impostazione data in ricorso, esse sono state comunque mantenute separate anche nel seguito.

2.2 Sopralluogo del 2 agosto 2010.

Per dare risposta ai quesiti oggetto di accertamento, previa autorizzazione del Presidente il sottoscritto incaricò la ditta Geosystem del Dott. G.B. Demontis di effettuare una serie di prove sperimentali su un campione significativo scelto tra le strade ammalorate presenti nel Comune di San Gavino Monreale.

In accordo alle disposizioni ricevute dal Presidente del Tribunale, previa comunicazione formale alle parti, alle ore 8:30 del 2 agosto 2010 il sottoscritto CTU si recò presso il luogo concordato con i CTP delle parti per il prosieguo delle operazioni peritali.

In tale occasione, oltre al sottoscritto CTU erano presenti: per la parte resistente Saferr S.c.a.r.l. il CTP nominato, Ing. Ferruccio Ferrero. Nessun altro si presentò sul luogo delle operazioni peritali, neppure la ditta Geosystem del Dott. G.B. Demontis.

Alle ore 9,00, non essendo momentaneamente possibile accertare null'altro, il sottoscritto dichiarò temporaneamente sospese le operazioni peritali e si congedò dal CTP Ing. Ferrero.

2.3 Sopralluogo del 3 agosto 2010.

In accordo alle disposizioni ricevute dal Presidente del Tribunale, previa comunicazione formale alle parti, alle ore 8:30 del 3 agosto 2010 il sottoscritto CTU si recò presso il luogo concordato con i CTP delle parti per il prosieguo delle operazioni peritali.

In tale occasione, oltre al sottoscritto CTU non era presente nessun altro. Pertanto, dopo aver effettuato comunque alcune fotografie dello stato dei luoghi, il sottoscritto sospese le operazioni peritali alle ore 9,30, rimandandole a data da destinarsi.

2.4 Sopralluogo del 31 marzo 2011.

Per il prosieguo delle operazioni peritali, in data 31 marzo 2011, previa comunicazione formale alle parti, alle ore 8:30 del 31 marzo 2011 il sottoscritto CTU e il Dott. G.B. Demontis e due operai della ditta Geosystem del Dott. G.B. Demontis si recarono in Comune di San Gavino Monreale

all'incrocio tra la SS 197 e la via Villacidro, com'era stato precedentemente formalmente concordato con i CTP delle parti.

In tali circostanze di data e orario sul luogo erano presenti, oltre al sottoscritto CTU: per la parte ricorrente il CTP ricorrente, nella persona dell'Ing. Paolo Zedda oltre al Sig. Bruno Deidda, qualificatosi quale assessore ai lavori pubblici e vice sindaco in carica presso il Comune ricorrente e due agenti di polizia municipale; per la parte resistente Rfi S.p.a. non era presente nessuno; per la parte resistente Italferr S.c.a.r.l. non si presentò nessuno; per la parte resistente Saferr S.c.a.r.l. era presente il CTP nominato, Ing. Ferruccio Ferrero.

Nel corso di tale sopralluogo furono effettuate una serie di prove sperimentali volte ad accertare la natura della massicciata stradale, del sottofondo e dello strato di usura della rete viaria del Comune interessata dal lamentato ammaloramento.

Il dettaglio delle prove compiute sarà oggetto di specifica trattazione nel seguito, essendo il presente paragrafo solo un sommario riepilogo delle attività compiute.

Preliminarmente il sottoscritto, già d'accordo con la ditta Geosystem, enunciò ai presenti le operazioni che si sarebbero compiute, individuando una scaletta temporale delle operazioni peritali che furono effettuate in due giornate di lavoro: la presente e il giorno seguente: 1 aprile 2011.

Dapprima furono stabiliti undici punti di prelievo di materiale da sottoporre poi a prove di laboratorio, postazioni definite con le lettere alfabetiche da A a M, come in Tabella 24. Le prove originariamente previste per i dieci pozzetti compresi tra A e L, vennero poi modificate escludendo dalle misurazioni i dati del pozzetto geognostico originariamente indicato con la lettera B.

Per ragioni di comodità di scrittura dei risultati già rilevati, i nomi degli ulteriori pozzetti non venne modificato e per questa ragione nella Tabella 24 è assente il pozzetto di cui alla lettera B.

Successivamente si procedette all'effettuazione di tagli dello strato bituminoso stradale e a dei carotaggi.

Nel corso delle operazioni svolte, la ditta Geosystem era comunque sempre accompagnata dal sottoscritto e, per buona parte del tempo impiegato, anche dai CTP sopra menzionati come presenti, salve pause pranzo e brevi spostamenti effettuati da e per le stazioni di campionamento.

Per la precisione il giorno 31 le operazioni peritali terminarono comunque alle ore 17;00 senza la necessità di assistenza da parte dei CTP perché si trattava di effettuare dei tagli di alcune sezioni stradali.

2.5 Sopralluogo del 1 aprile 2011.

Il giorno 1 aprile 2011, al mattino alle 8,30 erano presenti, oltre al sottoscritto e al personale della ditta Geosystem, gli ingegneri Zedda e Ferrero. Si procedette con le lavorazioni interrotte il giorno precedente, ovvero con l'ultimazione degli scavi nei pozzetti da A a M e l'effettivo prelievo dei veri e propri campioni.

Dopodiché, nel pomeriggio si procedette, pozzetto per pozzetto, con il ripristino della porzione di pavimentazione stradale demolita per il prelievo di materiale, utilizzando materiale di riporto e bitume a presa rapida.

Alle 17;00 le operazioni peritali terminarono con il ripristino dell'ultima postazione di prelievo dei materiali da esaminare e il sottoscritto, null'altro essendovi da accertare, dichiarò concluse le operazioni peritali congedandosi dai presenti.

3 Descrizione dello stato dei luoghi.

Nel corso del primo sopralluogo il sottoscritto prese visione delle condizioni delle strade del Comune di San Gavino Monreale elencate in premessa. Molte di esse erano palesemente fessurate o ammalorate come meglio precisato nel seguito.

3.1 Via Pascoli.



Immagine 3.1 – Via Pascoli.



Immagine 3.2 – Via Pascoli.



Immagine 3.3 – Via Pascoli.



Immagine 3.4 – Via Pascoli.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	alta	100
Alterazione della regolarità della pavimentazione	media	60
Fessurazione della pavimentazione	alta	100
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	bassa	5
Sgranamento	alta	80
Usura superficiale	alta	80
Distacco dello strato di usura	bassa	0
Buche	bassa	0
Ormaiamento	media	20
Avvallamenti	bassa	5
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	10

Rappezzi	media	60
Fessure trasversali	bassa	0
Fessure longitudinali	bassa	15
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	0
Fessure a pelle di cocodrillo	alta	100

Tabella 2 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla rotonda con la via Dante e via Roma e termina con la fine dell'abitato.

3.2 Via Dante.



Immagine 3.5 – Via Dante (parte).



Immagine 3.6 – Via Dante (parte).

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Media	60
Alterazione della regolarità della pavimentazione	bassa	40
Fessurazione della pavimentazione	media	60
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	bassa	0
Sgranamento	Bassa	0
Usura superficiale	bassa	10
Distacco dello strato di usura	bassa	5
Buche	bassa	5
Ormaiamento	bassa	20
Avvallamenti	bassa	5
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	5
Rappezzi	media	20
Fessure trasversali	bassa	5
Fessure longitudinali	alta	80
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	0
Fessure a pelle di cocodrillo	alta	80

Tabella 3 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla rotonda con la via Pascoli e la via Roma e termina in corrispondenza con l'incrocio della via Santa Croce.

3.3 Tratto di viabilità tra Via Dante Alighieri e Via Leonardo Da Vinci (nei fatti ancora ancora via Dante).



Immagine 3.7 – Via Dante (parte).



Immagine 3.8 – Via Dante (parte).

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Media	60
Alterazione della regolarità della pavimentazione	bassa	40
Fessurazione della pavimentazione	media	60
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	bassa	0
Sgranamento	Bassa	0
Usura superficiale	bassa	10
Distacco dello strato di usura	bassa	5
Buche	bassa	5
Ormaiamento	bassa	20
Avvallamenti	bassa	5
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	5
Rappezzi	media	20
Fessure trasversali	bassa	5
Fessure longitudinali	bassa	15
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	0
Fessure a pelle di coccodrillo	alta	80

Tabella 4 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Santa Croce e termina in corrispondenza dell'incrocio con la via Leonardo da Vinci.

3.4 Via Leonardo Da Vinci.



Immagine 3.9 – Via Leonardo da Vinci.



Immagine 3.10 – Via Leonardo da Vinci.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	media	80
Alterazione della regolarità della pavimentazione	bassa	10
Fessurazione della pavimentazione	alta	80
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	bassa	0
Sgranamento	alta	80
Usura superficiale	alta	80
Distacco dello strato di usura	bassa	5
Buche	bassa	5
Ormaiamento	bassa	5
Avvallamenti	bassa	5
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	5
Rappezzi	media	40
Fessure trasversali	bassa	0
Fessure longitudinali	bassa	0
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	0
Fessure a pelle di coccodrillo	alta	80

Tabella 5 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Dante e termina in corrispondenza del ponticello ove inizia la via Tuveri.

3.5 Via Tuveri.



Immagine 3.11 – Via Tuveri (tratto alberato pressi fonderia). Immagine 3.12 – Via Tuveri (tratto alberato pressi fonderia).



Immagine 3.13 – Via Tuveri (dalla fonderia a via Iglesias). Immagine 3.14 – Via Tuveri (dalla fonderia a via Iglesias).



Immagine 3.15 – Via Tuveri. Immagine 3.16 – Via Tuveri.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	alta	100
Alterazione della regolarità della pavimentazione	alta	100
Fessurazione della pavimentazione	alta	100
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	bassa	5

Sgranamento	alta	80
Usura superficiale	alta	100
Distacco dello strato di usura	media	10
Buche	bassa	5
Ormaiamento	bassa	5
Avvallamenti	bassa	5
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	
Rappezzi	media	20
Fessure trasversali	bassa	0
Fessure longitudinali	bassa	0
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	0
Fessure a pelle di coccodrillo	alta	100

Tabella 6 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Leonardo da Vinci e termina in corrispondenza della via Iglesias.

3.6 Via Villacidro.



Immagine 3.17 – Via Villacidro.



Immagine 3.18 – Via Villacidro.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Alta	80
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Alta	90
Fessurazione della pavimentazione	Alta	70
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	bassa	5
Sgranamento	Bassa	50
Usura superficiale	Media	50
Distacco dello strato di usura	Bassa	2
Buche	Bassa	5
Ormaiamento	Bassa	0
Avvallamenti	Bassa	0
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	0
Rappezzi	Bassa	5
Fessure trasversali	Media	20
Fessure longitudinali	Media	15
Fessure di giunto	Bassa	0

Fessure a blocchi	Bassa	0
Fessure a pelle di cocodrillo	alta	50

Tabella 7 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla SS 197 e termina subito dopo il ponticello in prossimità della parrocchia di Santa Lucia.

3.7 Via Goldoni.



Immagine 3.19 – Via Goldoni.



Immagine 3.20 – Via Goldoni.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	alta	100
Alterazione della regolarità della pavimentazione	alta	100
Fessurazione della pavimentazione	alta	100
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	10
Sgranamento	alta	80
Usura superficiale	alta	80
Distacco dello strato di usura	bassa	20
Buche	bassa	20
Ormaiamento	alta	60
Avvallamenti	bassa	15
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	0
Rappezzi	media	40
Fessure trasversali	bassa	5
Fessure longitudinali	alta	80
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	10
Fessure a pelle di cocodrillo	alta	80

Tabella 8 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dall'incrocio con la via Dante e termina all'incrocio con la via Ugone III. Il tratto della via qui indicata compreso tra gli incroci con le vie Dante e Verga, appare nello stradario ufficiale ancora denominato come via Eleonora d'Arborea, nome utilizzato in questa relazione solo per il tratto di strada posto dall'altro lato rispetto alla via Dante.

3.8 Via Oristano.



Immagine 3.21 – Via Oristano.



Immagine 3.22 – Via Oristano.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	media	60
Alterazione della regolarità della pavimentazione	media	40
Fessurazione della pavimentazione	Media	50
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	10
Sgranamento	Media	40
Usura superficiale	Bassa	20
Distacco dello strato di usura	bassa	20
Buche	bassa	20
Ormaiamento	Media	40
Avvallamenti	Media	25
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	0
Rappezzi	media	30
Fessure trasversali	bassa	5
Fessure longitudinali	Media	40
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	10
Fessure a pelle di cocodrillo	Media	60

Tabella 9 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia in corrispondenza della via Goldoni, all'incrocio con la via Ugone III e termina dopo aver percorso poche centinaia di metri verso la campagna perché in seguito era evidente un recente ripristino dello strato di usura della pavimentazione stradale che ha reso inutile la prosecuzione dell'analisi.

Tale tratto di strada nello stradario ufficiale del Comune appare essere ancora indicata come via Goldoni.

3.9 Via Ugone III.



Immagine 3.23 – Via Ugone III.



Immagine 3.24 – Via Ugone III.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	bassa	5
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	5
Fessurazione della pavimentazione	Bassa	5
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Bassa	5
Usura superficiale	Bassa	0
Distacco dello strato di usura	bassa	0
Buche	bassa	5
Ormaiamento	Bassa	15
Avvallamenti	Bassa	10
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	0
Rappezzi	Bassa	5
Fessure trasversali	bassa	5
Fessure longitudinali	Bassa	15
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	10
Fessure a pelle di cocodrillo	Bassa	10

Tabella 10 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Tommaseo e termina in corrispondenza della via Goldoni.

La strada in questione non è apparsa essere particolarmente ammalorata per usura, quanto piuttosto per la presenza di scavi per la posa di sottoservizi e relativi ripristini non effettuati a regola d'arte, come testimoniano le immagini allegatae al presente paragrafo.

3.10 Via Ziviriu.



Immagine 3.25 – Via Ziviriu.

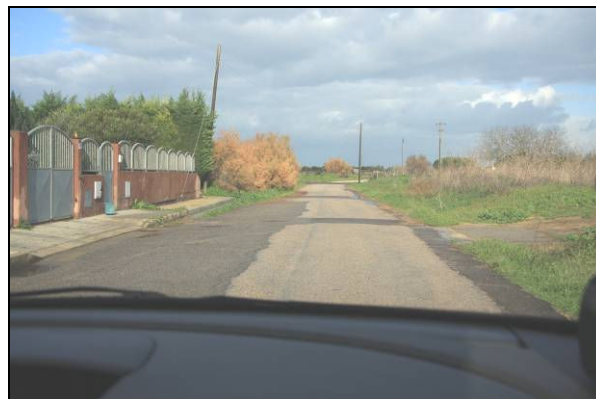


Immagine 3.26 – Via Ziviriu.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	media	30
Alterazione della regolarità della pavimentazione	media	40
Fessurazione della pavimentazione	Media	30
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	10
Sgranamento	Bassa	15
Usura superficiale	Bassa	10
Distacco dello strato di usura	bassa	5
Buche	bassa	15
Ormaiamento	Media	25
Avvallamenti	Media	25
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	0
Rappezzi	media	30
Fessure trasversali	bassa	5
Fessure longitudinali	Media	40
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	10
Fessure a pelle di cocodrillo	Media	40

Tabella 11 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Ugone III e termina in corrispondenza della fine dell'abitato.

Oltre ai danni di cui sopra, era evidente che una parte della pavimentazione stradale era stata recentemente ripristinata, ma non propriamente a regola d'arte.

3.11 Via Roma.



Immagine 3.27 – Via Roma.



Immagine 3.28 – Via Roma.



Immagine 3.29 – Via Roma.

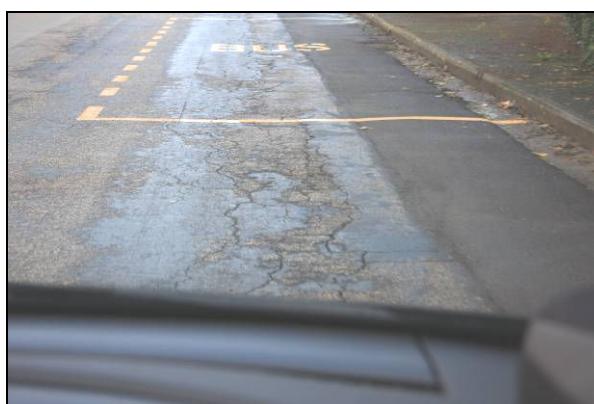


Immagine 3.30 – Via Roma.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Alta	80
Alterazione della regolarità della pavimentazione	media	40
Fessurazione della pavimentazione	Media	50
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	5
Sgranamento	Media	40
Usura superficiale	Alta	75
Distacco dello strato di usura	bassa	15
Buche	Media	25
Ormaiamento	Media	40
Avvallamenti	Media	25
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	0
Rappezzi	Alta	75
Fessure trasversali	Bassa	10
Fessure longitudinali	Alta	75
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	10
Fessure a pelle di coccodrillo	Alta	85

Tabella 12 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla rotonda con la via Pascoli e la via Dante e termina in prossimità dell'incrocio con la via Sardara.

La strada in questione non è apparsa essere particolarmente ammalorata solamente per via dell'usura, ma anche per la presenza di scavi per la posa di sottoservizi e relativi ripristini non effettuati a regola d'arte, come testimoniano le immagini allegate al presente paragrafo.

3.12 Via Sardara.

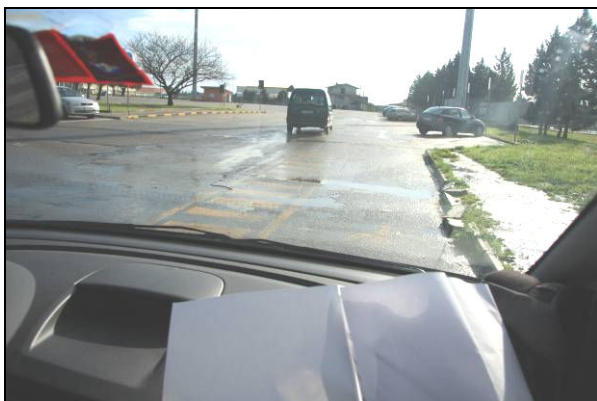


Immagine 3.31 – Via Sardara



Immagine 3.32 – Via Sardara.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Media	45
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	20
Fessurazione della pavimentazione	Media	30
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	5
Sgranamento	Bassa	5
Usura superficiale	Alta	75
Distacco dello strato di usura	bassa	5
Buche	Bassa	5
Ormaiamento	Bassa	10
Avvallamenti	Bassa	5
Chiusini con avvallamenti e dissesti	bassa	0
Rappezzi	Bassa	10
Fessure trasversali	Bassa	10
Fessure longitudinali	Bassa	5
Fessure di giunto	bassa	0
Fessure a blocchi	bassa	5
Fessure a pelle di coccodrillo	Alta	85

Tabella 13 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Roma e termina in corrispondenza della via Maria Carta.

3.13 Via Maria Carta.



Immagine 3.33 – Via Maria Carta.



Immagine 3.34 – Via Maria Carta.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Bassa	0
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	0
Fessurazione della pavimentazione	Bassa	0
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Bassa	0
Usura superficiale	Bassa	0
Distacco dello strato di usura	Bassa	0
Buche	Bassa	0
Ormaiamento	Bassa	0
Avvallamenti	Bassa	0
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Bassa	0
Fessure trasversali	Bassa	0
Fessure longitudinali	Bassa	0
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	0
Fessure a pelle di cocodrillo	Bassa	0

Tabella 14 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla rotonda della circonvallazione per la stazione ferroviaria e termina in corrispondenza della via Porrino. Nella strada in questione non è stato rilevato alcun ammaloramento per via del fatto che appariva recentemente posato un nuovo strato di usura della pavimentazione stradale.

3.14 Via Donizetti.



Immagine 3.35 – Via Donizetti.



Immagine 3.36 – Via Donizetti.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Media	40
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	20
Fessurazione della pavimentazione	Media	50
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Bassa	20
Usura superficiale	Media	50
Distacco dello strato di usura	Bassa	5
Buche	Bassa	10
Ormaiamento	Bassa	0
Avvallamenti	Bassa	0
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Media	25
Fessure trasversali	Bassa	0
Fessure longitudinali	Media	15
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	0
Fessure a pelle di cocodrillo	Media	50

Tabella 15 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Nuraci e termina in corrispondenza della rotonda della circonvallazione per la stazione ferroviaria.

3.15 Via Porrino.



Immagine 3.37 – Via Porrino.



Immagine 3.38 – Via Porrino.



Immagine 3.39 – Via Porrino.



Immagine 3.40 – Via Porrino.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Media	25
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	10
Fessurazione della pavimentazione	Bassa	5
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Bassa	5
Usura superficiale	Bassa	10
Distacco dello strato di usura	Bassa	5
Buche	Bassa	15
Ormaiamento	Bassa	0
Avvallamenti	Bassa	0
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Media	25
Fessure trasversali	Bassa	5
Fessure longitudinali	Bassa	10
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	0
Fessure a pelle di coccodrillo	Bassa	20

Tabella 16 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Donizetti e termina in corrispondenza della via Roma.
 Nella compilazione della tabella dello stato di ammaloramento rilevato, sono state inserite solo le voci che non sono evidentemente dovute ai numerosi rappezzi e interventi di manutenzione dovuti alla posa di sottoservizi.

3.16 Via Regina Margherita.



Immagine 3.41 – Via Regina Margherita.

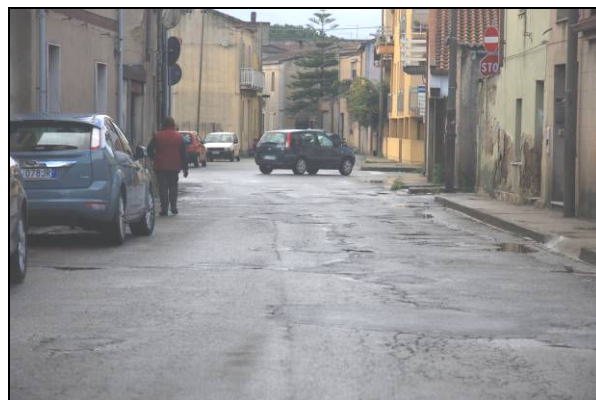


Immagine 3.42 – Via Regina Margherita.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Alta	100
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Alta	90
Fessurazione della pavimentazione	Alta	100
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Media	90
Usura superficiale	Media	10
Distacco dello strato di usura	Bassa	5
Buche	Bassa	15
Ormaiamento	Bassa	40
Avvallamenti	Bassa	10
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Media	35
Fessure trasversali	Bassa	5
Fessure longitudinali	Bassa	20
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	0
Fessure a pelle di cocodrillo	Bassa	85

Tabella 17 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dall'incrocio con la via Nuraci e termina in corrispondenza dell'incrocio con la via Parrocchia.

3.17 Via Parrocchia.



Immagine 3.43 – Via Parrocchia.



Immagine 3.44 – Via Parrocchia.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Media	85
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Media	40
Fessurazione della pavimentazione	Media	90
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Bassa	5
Usura superficiale	Bassa	10
Distacco dello strato di usura	Bassa	5
Buche	Bassa	15
Ormaiamento	Bassa	0
Avvallamenti	Media	15
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Media	35
Fessure trasversali	Bassa	5
Fessure longitudinali	Bassa	10
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	0
Fessure a pelle di cocodrillo	Media	30

Tabella 18 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dall'incrocio con la via Regina Margherita e termina in corrispondenza della via Trento.

3.18 Via Trento.



Immagine 3.45 – Via Trento.



Immagine 3.46 – Via Trento.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Bassa	25
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	10
Fessurazione della pavimentazione	Bassa	5
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Bassa	10
Usura superficiale	Bassa	10
Distacco dello strato di usura	Bassa	5
Buche	Bassa	15
Ormaiamento	Bassa	10
Avvallamenti	Bassa	0
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Bassa	5
Fessure trasversali	Bassa	5
Fessure longitudinali	Bassa	80
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	20
Fessure a pelle di coccodrillo	Bassa	5

Tabella 19 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dall'incrocio con la via Nuraci e termina in prossimità dell'inizio della muratura del cimitero.

3.19 Via Segni.



Immagine 3.47 – Via Segni.



Immagine 3.48 – Via Segni.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Bassa	100
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	90
Fessurazione della pavimentazione	Bassa	60
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Bassa	0
Usura superficiale	Bassa	0
Distacco dello strato di usura	Bassa	0
Buche	Bassa	0
Ormaiamento	Bassa	0
Avvallamenti	Bassa	0
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Bassa	2
Fessure trasversali	Bassa	40
Fessure longitudinali	Bassa	50
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	100
Fessure a pelle di coccodrillo	Bassa	0

Tabella 20 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Trento e termina in corrispondenza della via Einaudi.

3.20 Via Einaudi.



Immagine 3.49 – Via Einaudi.



Immagine 3.50 – Via Einaudi.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Bassa	90
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	85
Fessurazione della pavimentazione	Bassa	70
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Bassa	0
Usura superficiale	Bassa	0
Distacco dello strato di usura	Bassa	0
Buche	Bassa	0
Ormaiamento	Bassa	20
Avvallamenti	Bassa	0
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Bassa	0
Fessure trasversali	Bassa	35
Fessure longitudinali	Bassa	40
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	30
Fessure a pelle di coccodrillo	Bassa	0

Tabella 21 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via Segni e termina in corrispondenza della piazza Moro

3.21 Piazza Moro.



Immagine 3.51 – Piazza Aldo Moro.



Immagine 3.52 – Piazza Aldo Moro.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Alta	100
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	90
Fessurazione della pavimentazione	Bassa	40
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Alta	100
Usura superficiale	Alta	100
Distacco dello strato di usura	Bassa	0
Buche	Bassa	0
Ormaiamento	Bassa	0
Avvallamenti	Bassa	0
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Bassa	0
Fessure trasversali	Bassa	0
Fessure longitudinali	Bassa	0
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	0
Fessure a pelle di coccodrillo	Bassa	5

Tabella 22 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

3.22 Via Martin Luther King.



Immagine 3.53 – Via Martin Luther King.



Immagine 3.54 – Via Martin Luther King.

Famiglia di dissesto	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Alterazione delle condizioni della superficie della pavimentazione	Bassa	20
Alterazione della regolarità della pavimentazione	Bassa	15
Fessurazione della pavimentazione	Bassa	0
Tipo di dissesto singolo	Severità (bassa, media, alta)	Estensione (%)
Rifluimento del legante	Bassa	0
Sgranamento	Bassa	0
Usura superficiale	Bassa	0
Distacco dello strato di usura	Bassa	5
Buche	Bassa	0
Ormaiamento	Bassa	0
Avvallamenti	Bassa	0
Chiusini con avvallamenti e dissesti	Bassa	0
Rappezzi	Bassa	2
Fessure trasversali	Bassa	0
Fessure longitudinali	Bassa	0
Fessure di giunto	Bassa	0
Fessure a blocchi	Bassa	0
Fessure a pelle di coccodrillo	Bassa	0

Tabella 23 – Tabella riassuntiva del tipo di ammaloramento rilevato.

Il tratto considerato inizia dalla via piazza Moro e termina in corrispondenza della via Nuraci.

4 Prove sperimentali.

4.1 Note sul metodo.

Il monitoraggio strutturale delle pavimentazioni stradali flessibili come quelle oggetto del presente ricorso, si articola in due fasi distinte: la prima prevede indagini atte alla determinazione della configurazione degli strati che compongono la pavimentazione stradale; la seconda prevede indagini atte a determinare le proprietà meccaniche dei materiali che la compongono.

La prima fase comporta indagini che possono essere svolte mediante prove non distruttive (georadar) oppure mediante prove distruttive (carotaggi e saggi). La seconda fase comporta invece delle indagini che possono essere svolte sia con prove di laboratorio effettuate sui materiali campione prelevati in loco, sia con misure di deflessione della pavimentazione, sia con misure di propagazione di onde "SAW".

La scelta di tipologia di indagini prescelte per la determinazione a campione delle caratteristiche della pavimentazione stradale delle strade interessate dal presente ricorso, è ricaduta sulle prove distruttive per la prima fase, per via del fatto della loro maggiore affidabilità ed economicità.

Sono state invece scelte le prove di laboratorio di materiali prelevati in loco per la seconda fase, per via della disponibilità del materiale ottenuto dalle prove svolte nella prima fase. Si è scelto di effettuare le prove su una sola corsia per ogni punto d'interesse, per via del fatto che non erano noti dati sulla distribuzione del traffico sull'una o dell'altra corsia per le strade oggetto di verifica. Questa scelta assume implicitamente, come peraltro suffragato dall'esame visivo, che il verso di percorrenza non abbia avuto influenza sullo strato di degrado del piano viabile.

In merito alla posizione trasversale in cui sono state effettuate le prove, si è scelto di effettuare le prove in corrispondenza delle traiettorie dei pneumatici in prossimità del bordo della carreggiata, almeno nei casi in cui è stato possibile determinare visivamente tale traiettoria. Le misure condotte lungo le traiettorie dei pneumatici offrono il vantaggio di determinare le prestazioni della sovrastruttura stradale nelle aree di maggior degrado. Il principale svantaggio del metodo prescelto è che non fornisce un quadro esaustivo della situazione di tutte le strade esaminate, ma solo dati relativi ai dieci pozzetti geognostici.

Fra le prove utili a rappresentare la portanza del terreno di fondazione e sottofondazione si è scelta prova che consente di determinare l'**indice CBR (indice di portanza californiano)**, il quale misura la capacità portante di un terreno, in determinate condizioni di densità e umidità, e fornisce un indice che, insieme ai dati relativi alle condizioni di traffico, può essere utilizzato per il dimensionamento degli strati di fondazione e di base delle pavimentazioni flessibili sia stradali che aeroportuali.

4.2 Descrizione delle prove.

Nel corso dei sopralluoghi effettuati nei giorni 31 marzo e 1 aprile 2011, il sottoscritto CTU ha condotto la Ditta Geosystem nella campagna campionamenti volta ad accertare le caratteristiche costruttive della pavimentazione stradale e le caratteristiche geognostiche del terreno sottostante.

Allo scopo furono praticati un totale di dieci *pozzetti geognostici* in corrispondenza di altrettante posizioni individuate in precedenza dal sottoscritto in diverse strade del centro abitato di San Gavino, scelte per lo più tra quelle ammalorate segnalate in ricorso.

In corrispondenza di ogni pozzetto è stato dapprima effettuato un taglio del manto stradale mediante una macchina taglia asfalti dotata di disco diamantato. Quindi, mediante martello demolitore, è stato eseguito lo smantellamento della pavimentazione stradale, della fondazione e del terreno posto sotto la fondazione.



Immagine 4.1 – Macchina taglia asfalto.



Immagine 4.2 – Asfalto tagliato.



Immagine 4.3 – Asfalto tagliato.



Immagine 4.4 – Misurazione in pozzetto geognostico.



Immagine 4.5 – Carotatrice elettrica.



Immagine 4.6 – Carota estratta con carotatrice.

In corrispondenza dei punti di campionamento, con l'utilizzo di una carotatrice elettrica a corona diamantata, sono stati prelevati anche dei campioni del conglomerato bituminoso, utili per la misurazione delle caratteristiche del conglomerato bituminoso, non diversamente misurabili.

La scelta del numero e della posizione dei punti ove praticare i pozzetti geognostici è stata effettuata nell'intento di trovare un numero di campioni che al tempo stesso fosse rappresentativo delle condizioni della maggior parte delle strade interessate al fenomeno lamentato dal ricorrente, senza per questo costringerlo a sostenere dei costi sproporzionati rispetto all'entità del danno da accertare.

Pertanto il numero di pozzetti di campionamento è stato di dieci, fra i quali otto di essi sono stati effettuati in corrispondenza di altrettanti punti, fra le strade segnalate dal ricorrente, ove il piano viabile appariva visibilmente ammalorato. Sono questi i pozzetti contraddistinti dalle lettere A, C, D, E, F, G, I, M.

Al fine di dar risposta ai quesiti posti in udienza, il sottoscritto ha però ritenuto interessante porre due pozzetti di misurazione in altrettante strade nelle quali il piano viabile non appariva affatto ammalorato e nelle quali non era stato segnalato transito di mezzi pesanti da parte del ricorrente, ma

che presentavano contestualmente una tipologia costruttiva e un aspetto tali da lasciare ipotizzare uno stesso periodo di realizzazione rispetto ad altre strade limitrofe che invece apparivano ammalorate.

In questo modo è stato possibile effettuare una comparazione tra due strade di medesima conformazione e resistenza, che fossero contraddistinte, oltre che dal differente grado di ammaloramento, anche dalla diversa mole di traffico che su di esse presumibilmente ha transitato.

È questo il caso dei pozzetti geognostici praticati nelle strade contrassegnate dalle lettere H, posto nella via Eleonora d'Arborea, ed L, posto nella e Via Trieste.

La sottostante Tabella 24 riporta schematicamente la collocazione dei pozzetti geognostici, gli spessori dei materiali e le caratteristiche tipologiche degli stessi per come essi appaiono descritti nella relazione tecnica redatta dopo i prelievi dei campioni dalla ditta Geosystem, la quale si allega integralmente alla presente relazione. Nella planimetria inserita all'interno di detta relazione è anche illustrata l'esatta collocazione dei pozzetti geognostici.

A seguire invece è riportata una breve documentazione fotografica dell'esecuzione dei pozzetti geognostici e dei carotaggi di prelievo di provini di forma cilindrica dello strato di conglomerato bituminoso.



Immagine 4.7 – Pozzetto A nella via Villacidro.



Immagine 4.8 - Pozzetto A nella via Villacidro.



Immagine 4.9 – Pozzetto C nella via Tuveri.



Immagine 4.10 - Pozzetto C nella via Tuveri.



Immagine 4.11 – Pozzetto D nella via Tuveri.



Immagine 4.12 - Pozzetto D nella via Tuveri.

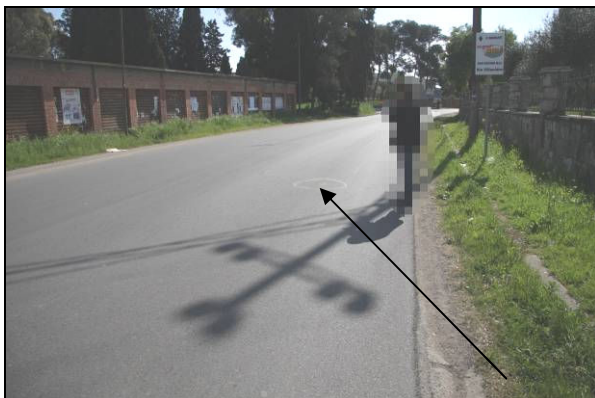


Immagine 4.13 – Pozzetto E nella via Leonardo da Vinci.



Immagine 4.14 - Pozzetto E nella via Leonardo da Vinci.



Immagine 4.15 – Pozzetto F nella via Pascoli.



Immagine 4.16 - Pozzetto F nella via Pascoli.



Immagine 4.17 – Pozzetto G nella via Roma.



Immagine 4.18 - Pozzetto G nella via Roma.



Immagine 4.19 – Pozzetto H nella via Eleonora d'Arborea.



Immagine 4.20 - Pozzetto H nella via Eleonora d'Arborea.



Immagine 4.21 – Pozzetto I nella via Regina Margherita.



Immagine 4.22 - Pozzetto I nella via Regina Margherita.



Immagine 4.23 – Pozzetto L nella via Trieste.



Immagine 4.24 - Pozzetto L nella via Trieste.



Immagine 4.25 – Pozzetto M nella via Dante.



Immagine 4.26 - Pozzetto M nella via Dante.

4.3 Pozzetti geognostici (secondo relazione Geosystem).

Nel seguito vengono riassunti i caratteri salienti rilevati nel corso dell'esecuzione dei pozzetti

Pozzetto geognostico	Stato usura piano viabile	Localizzazione punto campionamento.	Spessore strato (mm)		Tipologia del terreno rilevato negli strati.
			da	a	
A	ammalorato	Via Villacidro	0,00	0,12	Conglomerato bituminoso.
			0,12	0,17	Misto cementato.
			0,17	0,30	Fondazione in pietrame calcareo pezzature fino a 25 cm.
			0,30	0,43	Sottofondo in terreno sabbioso argilloso.
C	ammalorato	Via Tuveri	0,00	0,16	Conglomerato bituminoso.
			0,16	0,26	Misto cementato.
			0,26	0,33	Strato di fondazione pietrame calcareo.
			0,33	0,50	Pietrame grossolano in pezzatura fino a 25 cm in matrice argillosa.
D	ammalorato	Via Tuveri	0,00	0,12	Conglomerato bituminoso.
			0,12	0,54	Fondazione in misto granulare.
			0,54	0,62	Strato filtro in sabbia.
			0,62	0,75	Sottofondazione stradale.
E	ammalorata	Via Leonardo Da Vinci	0,00	0,10	Conglomerato bituminoso.
			0,10	0,45	Fondazione in misto granulare a ciottoli arrotondati.
			0,45	0,54	Strato filtro in sabbia.
			0,54	0,65	Sottofondo limo argilloso marrone.
F	ammalorata	Via Pascoli	0,00	0,09	Conglomerato bituminoso.
			0,09	0,25	Fondazione in pietrame calcareo.
			0,25	0,45	Sottofondazione misto granulare ciottoloso.
			0,45	0,54	Sottofondo limo argilloso marrone.
G	ammalorata	Via Roma	0,00	0,08	Conglomerato bituminoso.
			0,08	0,22	Fondazione stradale in pietrame calcareo.
			0,22	0,43	Sottofondazione in pietrame a spigoli vivi di colore nerastro e dimensione fino a 30 cm.
			0,43	0,50	Strato filtro in sabbia.
H	Integro	Via Eleonora d'Arborea	0,00	0,08	Conglomerato bituminoso.
			0,08	0,25	Fondazione in pietrame calcareo.
			0,25	0,40	Sottofondo in limo argilloso marrone.
I	ammalorata	Via Regina Margherita	0,00	0,11	Conglomerato bituminoso.
			0,11	0,33	Fondazione in misto granulare con pietrame calcareo e rocce metamorfiche paleozoiche.
			0,33	0,40	Sottofondo stradale limo argilloso marrone.
L	Integro	Via Trieste	0,00	0,09	Conglomerato bituminoso.
			0,09	0,16	Fondazione stradale in pietrame calcareo.
			0,16	0,23	Sottofondazione in pietrame a spigoli vivi di colore nerastro e dimensione fino a 30 cm.
M	ammalorata	Via Dante	0,00	0,07	Conglomerato bituminoso.
			0,07	0,30	Fondazione in misto granulare in ciottoli arrotondati.
			0,30	0,35	Strato filtro in sabbia.
			0,35	0,45	Sottofondazione in pietrame a spigoli vivi di colore nerastro e dimensione fino a 30 cm.
			0,45	0,54	Sottofondo stradale limo argilloso marrone

Tabella 24 – Prospetto riepilogativo della posizione e delle caratteristiche dei pozzetti geognostici.

Le immagini che nel presente paragrafo ritraggono le vie E (via Leonardo da Vinci), F (via Pascoli), I (via Regina Margherita), mostrano delle strade in ottime condizioni di usura, nonostante esse siano tra quelle che il ricorrente indicava come ammalorate.

La ragione di ciò è che tra la data del primo sopralluogo e quella del sopralluogo nel corso del quale sono state compiute le misurazioni, esse sono state oggetto di posa di un nuovo strato di usura in conglomerato bituminoso, (operazione detta *ricarica*) che ha mascherato il preesistente stato di usura, che però è rappresentato nei paragrafi 3.4, 3.1 e 3.16 rispettivamente.

4.4 Analisi di laboratorio (secondo relazione Geosystem).

Sui campioni di misto granulare e/o inerti di calcare costituenti la fondazione stradale e sul terreno naturale costituente il sottofondo, prelevati nel corso dell'esecuzione dei pozzetti geognostici, sono state eseguite le analisi geotecniche per la classificazione secondo la normativa CNR – UNI 10006 e prove di portanza C.B.R. su campioni costipati in laboratorio all'energia AASHO Modificato e all'umidità naturale, con penetrazione, dopo saturazione per immersione per 96 ore, secondo la normativa CNR – UNI 10009.

Nella seguente tabella sono riassunti i parametri geotecnici mentre per maggiori dettagli si farà riferimento agli allegati certificati di prova del laboratorio.

P	V.D.A.	Pass. 2,00 mm	Pass. 0,4 mm	Pass. 0,075 mm	L.L. %	I.P.	Classifica UNI-CNR 10006	w	Kg/m3	l _{cbr} 2,5 mm	l _{cbr} 5,0 mm
A	2431/2	64,92	36,87	21,33	n.d.	n.p.	A1b	5,99	2134,6	20	29
C	2431/6	20,34	12,55	8,50	17	5	A1a	5,68	2256,7	76	85
D	2431/4	94,86	73,06	61,87	36	23	A6	18,88	1942,8	6	4
E	2431/9	82,56	52,49	21,29	n.d.	n.p.	A2-4	11,88	1943,6	1	2
F	2431/14	90,04	79,27	64,07	41	26	A7-6	18,74	1775,4	7	7
H	2431/16	62,08	53,64	43,49	31	16	A6	16,37	1883,7	3	3
I	2431/19	67,50	49,07	26,39	n.d.	n.p.	A2-4	6,60	2006,8	24	29
L	2431/17	14,12	6,95	3,79	n.d.	n.p.	A1a	3,69	2172,9	53	67
M	2431/11	51,24	23,59	9,57	n.d.	n.p.	A1b	4,08	2423,4	30	36

Tabella 25 – Sottofondo stradale.

P	V.D.A.	Pass. 2,00 mm	Pass. 0,4 mm	Pass. 0,075 mm	L.L. %	I.P.	Classifica UNI-CNR 10006	w %	γ Kg/m ³	l _{cbr} 2,5 mm	l _{cbr} 5,0 mm
A	2431/1	27,02	12,85	6,46	n.d.	n.p.	A1a	4,98	2152,5	51	72
C	2431/5	39,08	20,46	11,86	n.d.	n.p.	A1a	6,50	2120,1	49	53
D	2431/3	49,34	20,64	10,99	n.d.	n.p.	A1a	5,44	2076,2	20	32
E	2431/8	49,58	19,90	11,01	n.d.	n.p.	A1a	4,63	2129,5	24	33
F	2431/12	32,81	19,15	13,12	20	7	A2-4	3,69	2216,9	64	69
G	2431/17	14,77	8,70	5,94	18	3	A1-a	4,77	2121,0	56	66
H	2431/15	27,96	12,60	5,24	n.d.	n.p.	A1a	3,95	2134,4	61	69
I	2431/18	30,39	15,34	9,16	n.d.	n.p.	A1a	5,45	2024,2	17	18
M	2431/10	29,71	13,06	6,83	n.d.	n.p.	A1a	4,08	2423,4	30	36

Tabella 26 – Fondazione stradale.

P	V.D.A.	Pass. 2,00 mm	Pass. 0,4 mm	Pass. 0,075 mm	L.L. %	I.P.	Classifica UNI-CNR 10006	w %	γ Kg/m ³	l _{cbr} 2,5 mm	l _{cbr} 5,0 mm
F	2431/13	42,17	24,23	13,96	n.d.	n.p.	A1a	18,74	1775,4	7	7

Tabella 27 – Bonifica sottofondo stradale.

Infine sui conglomerati bituminosi sono state eseguite le misure degli spessori, l'estrazione del legante, la determinazione della percentuale del filler e la curva granulometrica degli inerti.

Nella seguente tabella si riportano i parametri più significativi mentre per maggiori dettagli ci si riferirà ai certificati del laboratorio d'analisi allegati alla presente relazione.

P	V.D.A.	STRADA	STRATO	Spessore mm	Filler %	Bitume %
A	2430/2	Via Villacidro	Tappeto	100,00	2,83	5,05
A	2430/1	Via Villacidro	Binder	20,00	3,12	5,34
C	2430/5	Via Tuveri C	Tappeto	82,00	5,11	5,86
C	/	Via Tuveri C	Binder	/	/	/
D	2430/4	Via Tuveri D	Tappeto	75,00	6,28	6,05
D	2430/3	Via Tuveri D	Binder	60,00	3,63	4,69
E	2430/9	Via L. da Vinci	Tappeto	50,00	5,32	5,84
E	2430/8	Via L. da Vinci	Binder	44,00	1,41	3,58
F	2430/13	Via Pascoli	Tappeto	40,00	5,47	5,63
F	2430/12	Via Pascoli	Binder	50,00	4,45	3,68
G	2430/16	Via Roma	Tappeto	60,00	3,91	5,42
G	2430/15	Via Roma	Binder	20,00	2,61	4,78
H	2430/14	Via E. d'Arborea	Tappeto	30,00	5,44	5,06
H	/	Via E. d'Arborea	Binder	/	/	/
I	2430/17	Via R. Margherita	Tappeto	55,00	5,00	5,79
I	/	Via R. Margherita	Binder	/	/	/
L	2430/7	Via Trieste	Tappeto	50,00	5,17	5,70
L	2430/6	Via Trieste	Binder	40,00	2,97	5,05
M	2430/11	Via Dante	Tappeto	20,00	4,28	5,21
M	2430/10	Via Dante	Binder	50,00	2,67	3,03

Tabella 28 – Principali parametri determinati dalle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

4.5 Commento sui risultati delle analisi di laboratorio (secondo relazione Geosystem).

Sulla base delle risultanze delle analisi si possono fare le seguenti considerazioni.

I terreni di sottofondo, lungo tutto il tracciato, sono caratterizzati da una notevole variabilità geotecnica: si va dalle sabbie ai limi sabbiosi e/o sabbie argillose alle argille. con classificazioni secondo la CNR UNI 10006 da A1-a, A2-4 sino a A6. Gli indici di portanza I C.B.R. del sottofondo stradale più scadenti sono stati verificati nell'ordine nei seguenti pozzetti: Pozzetto E = 2%, Pozzetto H = 3%, Pozzetto D = 6%, Pozzetto F = 7%. Negli altri Pozzetti l'indice di portanza I C.B.R. è risultato decisamente migliore con valori che vanno dal 29% nei Pozzetti A e I all'85% nel Pozzetto C. Questi valori comunque non sono riferibili ai terreni di sottofondo limo argillosi ma piuttosto ad una possibile antica massiciata in Mac Adam.

5 Interpretazione dei risultati delle prove di laboratorio.

È necessario anzitutto precisare che le prove di laboratorio effettuate non sono rappresentative dell'intero insieme delle strade del Comune di San Gavino Monreale che il ricorrente ha lamentato essere ammalorato, ma ne costituiscono un sottoinsieme. La limitatezza del campione di strade su cui le prove sono state effettuate, si è resa necessaria allo scopo di limitare le risorse economiche da utilizzare per tale attività.

Ciononostante le deduzioni a cui si può giungere esaminando i risultati di tali prove sono comunque interessanti perché consentono già di rispondere ai quesiti posti dal Presidente del Tribunale, estendendo i risultati delle prove effettuate sui dieci pozzetti all'interno insieme.

Anzitutto si nota che i valori dell'indice CBR ricavati dalle prove di laboratorio per la vecchia fondazione stradale mostrano tutti un valore sufficientemente elevato, tranne in alcuni casi meglio precisati nelle schede di riepilogo di ciascuna prova e nelle tabelle soprastanti.

Il che indica che la portanza dello strato di fondazione stradale è sufficientemente elevata da poter escludere che le cause del dissesto osservato nella pavimentazione stradale sia in generale riferibile alle caratteristiche dello strato di fondazione.

In altre parole sono visibili macroscopici ammaloramenti del piano viabile sia nel caso di scarsa portanza del piano di sottofondazione stradale e di fondazione, sia nel caso di ottimi valori di portanza degli strati di fondazione, sottofondazione e della vecchia massicciata presente in alcuni dei pozzetti di prova.

Per trovare allora un fattore che possa essere ritenuto discriminante degli ammaloramenti osservati del piano viabile delle strade esaminate, è necessario concentrare l'attenzione non solo su alcuni degli strati presenti nel pacchetto costituente la pavimentazione stradale. Al contrario occorre determinare la portanza, almeno approssimativa, della sovrastruttura stradale nel suo complesso, a partire dal terreno naturale fino allo strato di conglomerato bituminoso.

Nel prossimo paragrafo viene perciò schematizzata in forma tabellare l'idoneità della sovrastruttura stradale nel suo complesso, ovvero gli spessori e le caratteristiche geotecniche dei diversi strati che la costituiscono, nonché gli spessori e la qualità dei conglomerati bituminosi esistenti, secondo il metodo illustrato nel paragrafo seguente.

In questo modo sarà possibile svolgere alcune considerazioni per ciascun pozzetto e per l'insieme di essi, inerenti l'intensità del carico e la ripetizione del passaggio dei veicoli pesanti, come fattore che condiziona l'efficienza e la durata di una pavimentazione stradale.

5.1 Valutazione del grado di efficienza della pavimentazione stradale.

Per la valutazione dell'idoneità o meno della sovrastruttura stradale realizzata nei diversi tratti delle strade interne del Comune di S. Gavino, che sono state prese in esame nella presente perizia tecnica, le verifiche che verranno esposte di seguito fanno riferimento al metodo di progettazione delle pavimentazioni stradali flessibili del Prof. Renato Bucchi dell'Università di Padova. e in subordine al metodo di dimensionamento delle pavimentazioni flessibili della ROAD Note 29.

Tale metodo, estratto da "Strade e traffico" n. 252 del marzo-aprile 1976, si allega alla presente relazione per farne parte integrante e sostanziale.

Propriamente si tratta di un metodo per il dimensionamento di una nuova pavimentazione stradale. Esso consente però in maniera indiretta di verificare quale elemento fra quelli determinanti per il dimensionamento della sovrastruttura può essere stato la causa degli ammaloramenti tuttora presenti in diversi tratti della viabilità interna dell'abitato del Comune di San Gavino Monreale.

Il metodo del Prof. Bucchi è un metodo di tipo grafico che si rifà al noto esperimento stradale AASHO per il dimensionamento in funzione del tipo del traffico, della natura del terreno di sottofondo, della durata voluta per la pavimentazione stessa e delle caratteristiche fisiche ed economiche dei materiali da impiegare, nonché dell'intensità del traffico pesante.

Esso si avvale quindi dell'utilizzo di diagrammi che correlano tra di loro i parametri legati alla resistenza dei singoli strati componenti la pavimentazione e alla mole di traffico transitante in un dato periodo scelto come periodo di vita utile della pavimentazione stessa.

Nei casi esaminati nei paragrafi seguenti sono noti per ciascun pozzetto di misura:

- la portanza del sottofondo;

- le caratteristiche e gli spessori dei materiali impiegati nei vari tratti stradali;
- l'arco di tempo nel quale la strada mantiene inalterate le proprie caratteristiche progettuali, previsto di vent'anni nelle verifiche effettuate.

Rimane incognita l'entità del traffico che si è svolto sui tratti di strada in esame, espresso in termini di assi equivalenti, ma essa è scelta sulla base delle considerazioni che seguono.

Il metodo prevede di determinare "l'indice di spessore" I_s che definisce il parametro indicativo della resistenza della pavimentazione alle sollecitazioni che il traffico induce su di essa.

L'indice di spessore si ottiene mediante la procedura della combinazione lineare degli spessori dei vari strati della pavimentazione (superficiale, di base e di fondazione) secondo opportuni coefficienti che esprimono, per ciascun materiale, la maggiore o minore attitudine a soddisfare il "fabbisogno di resistenza" dell'intera pavimentazione.

Ai diversi materiali in cui sono stati realizzati i vari strati della pavimentazione sono quindi associati dei "coefficienti di equivalenza" basati sull'effettivo comportamento dei materiali stessi che sono correlabili ai risultati delle analisi di laboratorio effettuate sui materiali prelevati in sito.

Nella Tabella 1 allegata al metodo è riportata una gamma di valori, desunti dalla più autorevole letteratura per i coefficienti dei materiali di impiego comune. I coefficienti di equivalenza riportati in tabella tengono conto, oltreché delle qualità intrinseche del materiale, anche della posizione relativa nella pavimentazione.

Una volta ottenuto il valore di I_s , come sopra esposto, mediante la Tavola 1 allegata al metodo, con una procedura inversa rispetto alla progettazione di una nuova pavimentazione, dal grafico si può ricavare il numero N.

Esso rappresenta il numero massimo di passaggi di traffico pesante che una sovrastruttura stradale può sopportare sino al momento in cui si rende necessario l'intervento di sostanziale ripristino della pavimentazione.

Nel caso in esame è stato assunto per N il numero di passaggi di assi equivalenti del traffico totale in 20 anni, traffico di veicoli pesanti con assi di riferimento da 10 t che può essere sopportato dalla pavimentazione che si esamina, ipotizzando che la stessa raggiunga in tale tempo il grado di efficienza finale oltre il quale è necessario l'intervento con la manutenzione straordinaria per il ripristino dell'efficienza.

N.B. Si precisa che i differenti coefficienti di equivalenza attribuiti al binder ed al tappeto per le diverse strade tengono conto della qualità dei conglomerati in particolare della carenza del filler o del legante o di entrambi, secondo i valori della tabella 1 allegata al metodo Bucchi.

5.1.1 Pozzetto A sito nella via Villacidro.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		% filler	% legante			
Tappeto		2,83	5,05	10,00	0,40	4,00
Binder		3,12	5,34	2,00	0,37	0,74
Misto cementato				5,00		
Fondazione	72%			13,00	0,13	1,69
Sottofondo	29%					
INDICE DI SPESSORE I_s (cm)						6,43

Tabella 29 – Pozzetto A sito nella via Villacidro.

Lo spessore di 10 cm rilevato nel tappeto di usura è indicativo di precedenti ammaloramenti che hanno reso necessario l'intervento di una ricarica con un ulteriore strato di conglomerato bituminoso. Questo intervento è risultato comunque non adeguato a ripristinare l'efficacia della pavimentazione essendo tuttora visibili evidenti segni di ammaloramento della pavimentazione.

La verifica con il metodo grafico Bucchi indica che, con gli spessori ed i materiali costituenti la pavimentazione stradale, questa sarebbe dovuta essere compatibile un traffico di assi equivalenti da 10 t in numero di $N = 1,5 \times 10^6$.

Pertanto, poiché il piano viabile si mostrava visibilmente ammalorato nel corso del primo sopralluogo, l'unico parametro che può aver prodotto i ripetuti ammaloramenti del piano viabile può

essere individuato solo nella maggior intensità del traffico pesante rispetto al valore suddetto. Intensità di traffico che deve essere transitato nel tempo anche in modalità concentrata e in tempi brevi.

5.1.2 Pozzetto C sito nella via Tuveri.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		%	%			
		filler	legante			
Tappeto		5,11	5,86	8,20	0,44	3,61
Binder		3,12	5,34	8,20	0,40	3,28
Misto cementato				10,00	0,20	2,00
Fondazione	72%			17,00	0,13	2,21
Sottofondo	53%					
INDICE DI SPESSORE I_s (cm)						11,10

Tabella 30 – Pozzetto C sito nella via Tuveri.

Anche per il pozzetto in esame gli spessori dei conglomerati bituminosi verificati sono eccessivi rispetto ad una normale costruzione di una pavimentazione stradale. Si ritiene che, anche in questo caso possano essere stati effettuati in precedenza degli interventi di rinforzo che tuttavia non sono stati sufficienti a garantire l'efficienza della pavimentazione.

Dalle verifiche eseguite con il metodo grafico Bucchi, sulla base della portanza del sottofondo, degli spessori e qualità di materiali impiegati la pavimentazione risulta sovradimensionata, andando il numero N di assi equivalenti da 10 tonnellate fuori scala in eccesso, per l'indice CBR del sottofondo ottenuto.

Di fatto però, nonostante gli interventi di rinforzo effettuati, lo stato della pavimentazione è significativamente ammalorata. Perciò, come nel caso precedente, la ragione dell'ammaloramento della stessa può essere spiegata con una sua sollecitazione avvenuta in maniera eccessiva rispetto alle caratteristiche della sovrastruttura.

5.1.3 Pozzetto D sito nella via Tuveri.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		%	%			
		filler	legante			
Tappeto		6,28	6,05	7,50	0,44	3,30
Binder		3,63	4,69	6,00	0,37	2,22
Fondazione	32%			42,00	0,11	4,62
Sabbia				8,00		
Sottofondo	6%					
INDICE DI SPESSORE I_s (cm)						10,14

Tabella 31 – Pozzetto D sito nella via Tuveri.

Anche questa pavimentazione dalle verifiche risulterebbe sovradimensionata per portanza del sottofondo, spessori e qualità dei materiali che costituiscono la pavimentazione. L'efficienza della pavimentazione sarebbe dovuta essere tale per un arco di 20 anni e con una ripetizione di passaggi di assi equivalenti da 10 t in numero di $N = 5,1 \times 10^6$.

Di fatto lo stato di vistoso ammaloramento indica che la pavimentazione è stata sollecitata in maniera eccessiva rispetto ai dati ora riferiti e ciò può spiegarsi con il passaggio di mezzi pesanti e verosimilmente aventi assi di peso superiore alle 10 t, quali sono ad esempio i camion per il trasporto oggi in circolazione, con il fatto che il transito può essersi concentrato in un arco di tempo limitato nel tempo.

5.1.4 Pozzetto E sito nella via Leonardo da Vinci.

Le verifiche indicano che la sovrastruttura avrebbe dovuto mantenere l'efficienza per un periodo di 20 anni e con il passaggio, in tale arco di tempo, di un numero di assi equivalenti da 10 tonnellate pari a $N = 0,4 \times 10^6$, andando poi il grafico fuori scala.

In questo caso la sovrastruttura non appare sovradimensionata e lo stato attuale mostra infatti evidenti segni di ammaloramento.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		%	%			
		filler	legante			
Tappeto		5,32	5,84	5,00	0,44	2,20
Binder		1,41	3,58	4,40	0,37	1,63
Fondazione	33%			36,00	0,11	3,96
Sabbia				9,00		
Sottofondo	2%					
INDICE DI SPESSORE I_s (cm)						7,79

Tabella 32 – Pozzetto E sito nella via Leonardo da Vinci.

5.1.5 Pozzetto F sito nella via Pascoli.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		%	%			
		filler	legante			
Tappeto		5,47	5,63	4,00	0,44	1,76
Binder		4,45	3,68	5,00	0,40	2,00
Fondazione	69%			6,50	0,13	0,85
Bonifica				20,00	0,10	2,00
Sottofondo	7%					
INDICE DI SPESSORE I_s (cm)						6,61

Tabella 33 – Pozzetto F sito nella via Pascoli.

Al momento della depolverizzazione la sovrastruttura può essere stata realizzata su una vecchia massiciata in Mac Adam, peraltro con un CBR del sottofondo misurato in laboratorio non particolarmente elevato, pari a $I_{CBR} = 7\%$, quindi inferiore rispetto ad alcuni dei casi già esaminati in precedenza. Essa non appare quindi sovradimensionata e il numero di passaggi di assi equivalenti da 10 tonnellate sopportabile dalla sovrastruttura stradale per un arco di tempo di vent'anni è quantificabile comunque in $N = 0,4 \times 10^6$.

Inoltre lo spessore dello strato di fondazione stradale appare eccessivamente esiguo per poter distribuire sul sottostante strato di sottofondo le sollecitazioni in esso indotte dal traffico.

La strada si presentava visibilmente ammalorata nel corso dei sopralluoghi. Ma in questo caso l'ammaloramento di questo tratto di strada potrebbe imputarsi sia alla carenza di spessore dello strato di fondazione che all'intensità del traffico superiore a quella sopportabile nel corso della propria vita utile, sopra specificato.

5.1.6 Pozzetto G sito nella via Roma.

Tratto di strada già sottoposto ad interventi di bonifica e/o posa sottoservizi. Nel caso in esame non è stato possibile effettuare il rilievo del materiale costituente il sottofondo stradale perché durante lo scavo effettuato con tal fine è stato trovato uno strato di cemento armato presumibilmente a protezione di condotte idriche, sotto il quale è stato preferito non scendere con la profondità di scavo.

Assumendo comunque per tale pozzetto un indice CBR per il sottofondo simile al terreno naturale presente nei pozzetti confinanti, pari al 7%, come ad esempio nel pozzetto F, si può comunque effettuare una stima del traffico sopportabile in numero di assi equivalenti da 10 tonnellate, pari a $N = 0,4 \times 10^6$ nell'arco dei vent'anni.

Non si può dire in questo caso che la pavimentazione stradale risulti sovradimensionata, ma almeno adeguata. Essa risultava comunque certamente visibilmente ammalorata nel corso dei sopralluoghi effettuati.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		%	%			
		filler	legante			
Tappeto		3,91	5,42	6,00	0,40	2,40
Binder		2,61	4,78	2,00	0,37	0,74
Fondazione	66%			14,00	0,12	1,68
Bonifica				21,00	0,12	2,52
Sabbia				7,00		
Strato in cls				2,00		
Sottofondo						
INDICE DI SPESSORE I_s (cm)						7,34

Tabella 34 – Pozzetto G sito nella via Roma.

5.1.7 Pozzetto H sito nella via Eleonora d'Arborea.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		%	%			
		filler	legante			
Tappeto		5,44	5,06	3,00	0,44	1,32
Binder		3,12	5,34	3,00	0,40	1,20
Fondazione	69%			17,00	0,13	2,21
Sottofondo	3%					
INDICE DI SPESSORE I_s (cm)						4,73

Tabella 35 – Pozzetto H sito nella via Eleonora d'Arborea.

La sovrastruttura ha degli spessori contenuti rispetto alla media di quelli sinora visti. Anche la portanza del sottofondo stradale è fra le più basse fra quelle verificate nel corso dell'indagine e di conseguenza l'indice di spessore è fra i più bassi tra i pozzetti osservati.

Il metodo grafico Bucchi applicato al caso in esame mostra che la sovrastruttura stradale risulta adatta a sopportare un numero di assi equivalenti da 10 tonnellate di molto inferiore a $N = 0,4 \times 10^6$ in un arco di 20 anni.

Ciononostante lo stato attuale della pavimentazione risultava in condizioni accettabili nel corso dei sopralluoghi. Infatti il pozzetto H rientra tra i due pozzetti che il sottoscritto ha ritenuto utile accertare la costituzione del sottofondo, pur non appartenendo all'insieme di strade per le quali il ricorrente ha lamentato lo stato di ammaloramento in ricorso.

La via Eleonora d'Arborea, dov'è situato il pozzetto H, è una strada secondaria dove i flussi di traffico, specie di quello pesante, sono scarsi o insignificanti. Infatti la strada si presenta visivamente in buone condizioni nonostante lo scarso valore dell'indice di spessore.

5.1.8 Pozzetto I sito nella via Regina Margherita.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		%	%			
		filler	legante			
Tappeto		5,00	5,79	5,50	0,44	2,42
Binder		3,12	5,34	5,50	0,40	2,20
Fondazione	18%			9,00	0,10	0,90
Sottofondo	29%					

INDICE DI SPESSORE I_s (cm)	5,52
---	-------------

Tabella 36 – Pozzetto I sito nella via Regina Margherita.

La verifica indica un indice di spessore pari a 5,52 ma lo spessore della fondazione, pari a cm 9, è assolutamente insufficiente a ridistribuire sul terreno di sottofondo i carichi che vengono trasmessi dalle sollecitazioni del traffico. La procedura per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali flessibili della Road Note 29 indicano come spessore minimo dello strato di fondazione cm 15.

La strada si presentava visibilmente ammalorata nel corso dei sopralluoghi. Ma in questo caso l'ammaloramento di questo tratto di strada potrebbe imputarsi sia alla carenza di spessore dello strato di fondazione che all'intensità del traffico superiore a quella sopportabile nel corso della propria vita utile, peraltro stimabile in valori inferiori a $N = 0,4 \times 10^6$ assi equivalenti da 10 tonnellate nell'arco di vent'anni.

5.1.9 Pozzetto L sito nella via Trieste.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		%	%			
		filler	legante			
Tappeto		5,17	5,70	5,00	/	/
Binder		/	/	4,00	/	/
Fondazione				7,00	/	/
Sottofondo	67%					
INDICE DI SPESSORE I_s (cm)						0,00

Tabella 37 – Pozzetto L sito nella via Trieste.

La verifica non è stata effettuata perché non è stato possibile determinare sperimentalmente il valore dell'indice CBR della fondazione stradale, per via del limitato spessore della stessa. Infatti la procedura per il dimensionamento delle pavimentazioni stradali flessibili della Road Note 29 indica come spessore minimo dello strato di fondazione cm 15.

Nonostante ciò si segnalano le buone condizioni della pavimentazione stradale, presumibilmente perché la portanza del sottofondo: $I_{CBR} = 67\%$ indica che lo stesso è costituito da materiali ad elevata portanza, verosimilmente una vecchia massicciata, che ha supplito al ridotto spessore della fondazione realizzata con pietrisco calcareo.

Questo tratto di strada è secondaria rispetto ai percorsi indicati dal ricorrente come ammalorati, e quindi presumibilmente il traffico è stato limitato in quanto a numero di mezzi pesanti. Essa infatti si presentava in buone condizioni.

5.1.10 Pozzetto M sito nella via Dante.

(A) Strato	(B) CBR	(C)		(D) Spessore (cm)	(E) Coefficiente equivalenza	(F) D x E
		%	%			
		filler	legante			
Tappeto		4,28	5,21	2,00	0,44	0,88
Binder		2,67	3,03	5,00	0,37	1,85
Fondazione	73%			7,00	0,13	0,91
Sabbia				5,00		
Bonifica				10,00	0,10	1,00
Sottofondo	36%					
INDICE DI SPESSORE I_s (cm)						4,64

Tabella 38 – Pozzetto M sito nella via Dante.

Nonostante le buone caratteristiche di portanza del sottofondo, costituito verosimilmente da una vecchia massicciata in Mac Adam, e dei materiali costituenti la sovrastruttura, risulta che la fondazione ha uno spessore eccessivamente limitato, pari a cm 7.

Ad esso segue verso il basso uno strato di sabbia di cm 5 avente scarsa portanza e a seguire la vecchia massicciata.

L'indice di spessore risulta pertanto complessivamente modesto ma compatibile con una ripetizione di passaggi di assi equivalenti da 10 tonnellate pari a $N = 0,4 \times 10^6$ in un arco di 20 anni.

Lo stato della pavimentazione risultava comunque visibilmente ammalorata nel corso dei sopralluoghi.

5.2 Conclusioni

Per interpretare meglio le cifre risultanti in merito al volume di traffico, si precisa che il numero di passaggi di assi da 10 tonnellate pari a $N = 1 \times 10^6$ nell'arco di vent'anni, corrisponde a un traffico veicolare di mezzi pesanti pari a circa 40 camion da 30 t al giorno, ovvero un volume di traffico pesante tutt'altro che trascurabile.

Le verifiche in sito, la determinazione degli spessori e della qualità dei materiali costituenti la sovrastruttura stradale e le elaborazioni di detti elementi consentono di trarre delle conclusioni sulle possibili cause del degrado delle strade prese in esame.

Si evidenzia anzitutto che in diverse strade, in particolare in quelle nelle quali si è sviluppato nel passato e tuttora si sviluppa la maggior percentuale del traffico veicolare e di quello di mezzi pesanti, nel passato più o meno recente, sono stati eseguiti degli interventi di ricarica dei conglomerati bituminosi, ciò è avvenuto per esempio nella via Pascoli, nella via Leonardo da Vinci e nella via Regina Margherita.

Tuttavia nonostante queste lavorazioni che hanno ispessito la sovrastruttura le condizioni del piano viabile mostrano tuttora segni di ammaloramento della pavimentazione che, come è noto, dipendono per lo più dalle sollecitazioni a fatica indotte dai carichi pesanti.

Viceversa, come visto per alcune strade laterali, nelle quali l'entità e intensità del traffico pesante sono state verosimilmente di molto inferiori, la pavimentazione si presenta in condizioni buone nonostante il fatto che la sovrastruttura stradale sia costituita da spessori ridotti rispetto alle strade di maggior traffico. Si veda in particolare le indagini eseguite nella via Eleonora d'Arborea e nella via Trieste.

Nome strada	Pozz.	Ammalorata	Ind. di sp	Dimensionamento
Via Villacidro	A	Sì	6,43	Adeguato
Via Tuveri	C	Sì	11,10	Più che Adeguato
Via Tuveri	D	Sì	10,14	Più che Adeguato
Via L. da Vinci	E	Sì	7,79	Inadeguato per scarsa resistenza del sottofondo
Via Pascoli	F	Sì	6,61	Inadeguato per scarso spessore della fondazione e scarsa resistenza del sottofondo
Via Roma	G	Sì	7,34	Adeguato
Via E. d'Arborea	H	No	4,73	Inadeguata per scarsa resistenza del sottofondo
Via R. Margherita	I	Sì	5,52	Inadeguata per scarso spessore fondazione
Via Trieste	L	No	0,00	Inadeguata per scarso spessore della fondazione (ma alto CBR sottofondo)
Via Dante	M	Sì	4,64	Inadeguata per scarso spessore della fondazione (ma alto CBR sottofondo)

Tabella 39 – Quadro riassuntivo caratteristiche pozzetti.

Nella Tabella 39 colpisce in particolare il fatto che le strade individuate dalle prove dei pozzetti H ed L, non comprese tra quelle ammalorate, abbiano caratteristiche tali da far pensare che esse non sarebbero dovute arrivare in buone condizioni sino alla data del sopralluogo.

Al contrario alcune strade, quali ad esempio quelle corrispondenti ai pozzetti A, C, D, G, hanno caratteristiche tali da renderle altamente resistenti ma, nonostante ciò, sono arrivate al momento del sopralluogo con evidenti segni di ammaloramento.

Questa palese incongruenza tra le condizioni di usura e le caratteristiche di resistenza dei due gruppi di strade ammalorate mostra una sola cosa: la variabile traffico, non conoscibile dal sottoscritto nel corso dell'esecuzione delle prove, è la discriminante che ha consentito l'osservazione delle differenti condizioni attuali delle stesse.

Ovviamente non è possibile determinare al momento da parte del sottoscritto né il momento in cui tale sovraccarico di traffico si sia concentrato sulle strade ammalorate, né chi sia il soggetto che lo ha causato.

6 Determinazione delle opere e dei costi necessari per i ripristini.

Nel corso dei sopralluoghi è emerso uno stato generale di degrado del piano viabile per come descritto dal ricorrente in ricorso e nelle relazioni tecniche ad esso allegate. Il decadimento della funzionalità del piano viabile è dovuto principalmente all'usura dello stesso per via del traffico che in esso ha circolato nel tempo di vita utile fino al momento dell'accertamento delle sue condizioni.

Le opere necessarie per il ripristino del piano viabile possono essere classificate in due modalità: **un intervento di ricostruzione** che prevede la demolizione degli strati superficiali e la loro ricostruzione con strati aventi caratteristiche analoghe in termini di materiali e tipologia; **un intervento di riqualificazione**, che prevede la demolizione degli strati superficiali e la sostituzione con strati aventi caratteristiche differenti in termini di materiali impiegati e/o spessori degli strati, che possono produrre un aumento della capacità portante rispetto a quella iniziale di progetto.

Il primo caso è quello più indicato, data la sostanziale buona portanza della pavimentazione stradale, per come si è dedotto dalle prove sperimentali eseguite. Il secondo può essere indicato per quei pochi casi nei quali è stato dimostrato che lo strato di conglomerato bituminoso, o di fondazione o di sottofondazione erano inadeguati al volume di traffico previsto nell'esempio di cui al paragrafo precedente.

È stato in ogni caso escluso un intervento di risanamento profondo con stabilizzazione e/o costipazione degli strati di fondazione stradale e di sottofondazione. Esso appare ingiustificato per via del fatto che, sia dalle prove sperimentali compiute sui campioni di strade prescelti, sia dall'esame visivo della tipologia dei cedimenti, non appariva necessario intervenire in tal senso. O almeno non per sanare i danni lamentati dal ricorrente.

Al pari non è stato preso in considerazione l'interposizione di interstrati costituiti da reti metalliche o di geosintetici, le prime per i problemi che possono creare in caso di nuova manutenzione del piano viabile, i secondi perché presentano comunque un problema di disconnessione tra i nuovi strati applicati e quelli rimasti sotto la profondità di passata della fresatura degli strati superficiali.

Le opere di ripristino previste sono dettagliatamente elencate nel computo metrico allegato, ove sono riportate anche le misure delle aree della superficie della pavimentazione su cui intervenire.

Esse sono sostanzialmente queste:

- Asportazione completa del tappeto di usura fino a una profondità di circa 10 cm;
- Risagomatura della sede stradale per adeguare le pendenze per lo smaltimento delle acque reflue, mediante posa di strato di binder avente spessore non inferiore a cm 7.
- Nuovo tappeto di usura dello spessore non inferiore a cm 3
- Messa in quota di chiusini
- Rifacimento segnaletica stradale orizzontale.

Nr	Denominazione strada	In ricorso	Sup. (mq)	Da ripristinare
1	Via Pascoli;	sì	2640	Sì
2	Via Dante;	sì	3100	Sì
3	Via Dante (in ricorso tratto di viabilità tra Via Dante Alighieri e Via Leonardo Da Vinci);	sì	3095	Sì
4	Via Leonardo Da Vinci;	sì	2636	Sì
5	Via Tuveri (in ricorso strada di penetrazione da Via Iglesias alla Fonderia);	sì	8470	Sì
6	Via Villacidro (in ricorso strada di penetrazione da Villacidro a Via Iglesias);	sì	3215	Sì
7	Via Goldoni;	sì	2618	Sì
8	Via Oristano;	sì	560	Sì
9	Via Ugone III;	sì	1847	No
10	Via Ziviriu;	sì	1788	Sì
11	Via Roma (nel tratto tra la rotonda con la via Pascoli e la via Sardara);	sì	4598	Sì

12	Via Sardara (in ricorso strada di penetrazione tra la via Roma e la via Maria Carta);	sì	1784	Sì
13	Via Maria Carta;	sì	1569	No
14	Via Donizetti;	sì	3657	Sì
15	Via Porrino;	sì	3299	Sì
16	Via Regina Margherita;	sì	2587	Sì
17	Via Parrocchia;	no	2415	Sì
18	Via Trento;	no	2571	Sì
19	Via Segni;	no	903	Sì
20	Via Einaudi;	no	1246	Sì
21	Piazza Moro;	no	696	Sì
22	Via Martin Luther King.	no	816	Sì
23	Via Nuraci;	no	2174	No
24	Via Iglesias;	no	6126	Sì
25	Via Tommaseo;	no	616	No
26	Via Verga;	no	1366	No

Tabella 40 – Elenco delle strade ammalorate riscontrate nel Comune di San Gavino Monreale.

6.1 Limiti ed esclusioni.

Nonostante alcune delle strade esaminate non fossero ammalorate per l'intera estensione della propria superficie, ma solo in parte, e nonostante il fatto che in alcuni casi gli ammaloramenti dovuti all'usura per traffico erano con tutta evidenza sovrapposti ad ammaloramenti dovuti invece a opere di scavo e ripristino per la posa di sottoservizi, le condizioni di molte delle strade esaminate erano tali per cui il sottoscritto ha ritenuto comunque doveroso in vari casi esprimersi sulla necessità o meno del ripristino dell'intera pavimentazione stradale, senza ricorrere a tabelle percentuali di applicazione delle opere di ripristino a porzioni della pavimentazione.

7 Conclusioni.

Nel ringraziare per la fiducia accordata il sottoscritto riporta le conclusioni a cui è giunto.

Come esposto nel paragrafo 5.2, le prove per la determinazione dei valori di portanza della struttura stradale nel suo complesso, hanno palesato una incongruenza tra le condizioni di usura delle strade del Comune di San Gavino Monreale per cui il ricorrente lamentava un certo grado di ammaloramento, e le caratteristiche di resistenza delle stesse, per come deducibili dalle prove effettuate.

Infatti alcune delle strade che si presentavano ammalorate hanno mostrato un indice di spessore che lasciava pensare ad elevati volumi di traffico smaltibili senza mostrare necessità di ripristino (pozzetti A, C, D, G)

Altre (pozzetti H, L), mostravano condizioni di usura ancora pienamente accettabili, nonostante le prove sperimentali abbiano accertato che le caratteristiche costruttive delle stesse non erano ottimali in termini di indice di spessore o composizione degli strati.

Pertanto l'unica variabile che può aver determinato condizioni di usura così differenti e incongruenti con le caratteristiche di resistenza delle strade stesse, è la variabile traffico, non conoscibile dal sottoscritto nel corso dell'esecuzione delle prove.

Ovviamente non è possibile determinare al momento da parte del sottoscritto né il momento in cui tale sovraccarico di traffico si sia concentrato sulle strade ammalorate, né chi sia il soggetto che lo ha causato.

Le opere di ripristino della pavimentazione stradale riscontrata ammalorata e che necessitava di opere di ripristino sono state dettagliatamente elencate nel computo metrico allegato, ove in luogo del nome della strada è indicato il corrispondente numero riportato nella soprastante Tabella 40.

Sono state inserite anche le strade non specificatamente indicate in ricorso, che sono però state riscontrate ammalorate nel corso del primo sopralluogo. Per ciascuna di esse il sottoscritto ha valutato il livello di degrado con le schede analitiche riportate nel paragrafo descrivente lo stato dei luoghi, esprimendo poi la necessità o meno di provvedere al loro ripristino.

La somma necessaria per il ripristino della funzionalità delle strade riscontrate ammalorate ammonta a € 982.760,89.

Nella redazione della presente relazione, il sottoscritto giura di avere bene e fedelmente adempiuto al mandato affidatogli al solo scopo di far conoscere al Giudice la verità.

Cagliari 30 ottobre 2011

Il Consulente Tecnico d'Ufficio
Ing. Sergio Serra

Allegati:

1. Relazione tecnica della ditta Geosystem;
2. Computo metrico delle opere di ripristino;
3. Metodo grafico di progettazione secondo Prof. Renato Bucchi.