

WPKXGTUKVC ø "FGINK" UVWFK "FK" RCFQXC
DIPARTIMENTO INGEGNERIA CIVILE, EDILE AMBIENTALE óICEA



TESI DI LAUREA MAGISTRALE

**GESTIONE DI PONTI E VIADOTTI NELLA PROVINCIA DI VICENZA:
INTEGRAZIONE DEL DATABASE E APPROFONDIMENTI
SUGLI ASPETTI ECONOMICI**

RELATORE: PROF. ING. CARLO PELLEGRINO

CORRELATORE: ING. MARIANO ANGELO ZANINI

LAUREANDO: CASTAGNINO FRANCESCO

MATRICOLA: 1019996

ANNO ACCADEMICO 2012-2013

Indice

Introduzione	1
1 servizio	2
1.1 Sviluppo e organizzazione di un moderno sistema di gestione di ponti e viadotti	2
1.1.1 Il database	3
1.1.2 Ispezioni visive	3
1.2 Predisposizione delle schede di valutazione dello stato di condizione	4
1.2.1 Indice dello stato di condizione di un elemento (CV)	4
1.2.2 Elementi costitutivi di un ponte	4
1.2.3 Principali cause di degrado degli elementi di un ponte	5
1.2.4 Schede di valutazione.....	6
1.3 Element Sufficiency Rating (ESR)	12
1.3.1 Project Level Bridge Management e Network Level Bridge Management.....	12
1.3.2 Livelli di efficienza degli elementi del ponte.....	15
1.3.3 Livelli di efficienza globale del ponte.....	19
1.4 Indice di efficienza del ponte - Total Sufficiency Rating (TSR)	17
1.4.1 Calcolo del valore finale del Total Sufficiency Rating (TSR).....	18
1.4.2 Significato del Total Sufficiency Rating (TSR).....	19
1.4.5 Livelli di efficienza globale del ponte.....	19
2 Sviluppo e organizzazione generale delle schede per la valutazione tecnico-economica della manutenzione	22
2.1 Analisi dettagliata delle singole voci che compongono le schede di valutazione tecnico-economica	22
2.1.1 Elementi peculiari dei manufatti in calcestruzzo armato normale e precompresso	22
2.1.1.1 Elementi longitudinali	22
2.1.1.2 Elementi trasversali	24
2.1.2 Elementi peculiari dei manufatti in muratura di pietrame e/o laterizio	25
2.1.2.1 Elementi longitudinali	25
2.1.2.2 Struttura di collegamento arco-impalcato.....	25
2.1.3 Elementi peculiari dei manufatti in acciaio e in struttura mista acciaio-calcestruzzo	25
2.1.3.1 Elementi longitudinali	25
2.1.3.2 Elementi trasversali	26

2.1.4	Elementi comuni a tutte le tipologie di manufatto	26
2.1.4.1	Pile	26
2.1.4.2	Soletta	27
2.1.4.3	Appoggi	27
2.1.4.4	Ritegni antisismici	28
2.1.4.5	Spalla	28
2.1.4.6	Terrapieno di accesso	29
2.1.4.7	Muro di sostegno	30
2.1.4.8	Fondazioni di pile e spalle	30
2.1.4.9	Impermeabilizzazione.....	31
2.1.4.10	Pavimentazione.....	31
2.1.4.11	Guard-rail.....	31
2.1.4.12	Giunti	32
2.1.4.13	Marciapiede	33
2.1.4.14	Parapetto	34
2.1.4.15	Smaltimento delle acque.....	34
2.1.4.16	Accessori.....	35
3	C r r n k e c k q p g " f g v v c i n k c v c " f g n n c " u e j g f c " c n " i Vicentino (Vicenza).....	37
3.1	Raccolta di dati e informazioni sul manufatto.....	37
3.2	Valutazione dei singoli elementi e inserimento dei dati.....	37
3.2.1	F c v k " i g p g t c n k " f g n " r q . p . v . g . . . u . w . n . . . ò . V . q . t . t . g . . . v g " V I Analisi degli elementi del ponte.....	38
3.2.2	Analisi degli elementi del ponte.....	42
3.2.2.1	Elementi longitudinali	42
3.2.2.2	Pila	42
3.2.2.3	Elementi trasversali	43
3.2.2.4	Soletta	43
3.2.2.5	Apparecchi di appoggio.....	43
3.2.2.6	Dispositivo antisismico.....	43
3.2.2.7	Spalle	44
3.2.2.8	Terrapieno di accesso	44
3.2.2.9	Muro di sostegno	44
3.2.2.10	Fondazione della spalla e della pila	44
3.2.2.11	Membrana di impermeabilizzazione.....	46

3.2.2.12	Pavimentazione.....	46
3.2.2.13	Guard-Rail	46
3.2.2.14	Giunto	47
3.2.2.15	Marciapiede	47
3.2.2.16	Parapetto	48
3.2.2.17	Smaltimento delle acque.....	48
3.2.2.18	Accessori.....	48
3.3	Calcolo dei valori di TSR e di ESR.....	49
4	Rete stradale oggetto di verifica.....	53
4.1	Localizzazione dei manufatti.....	53
4.2	Scelta dei ponti.....	55
4.3	Definizione del database	56
4.4	Normativa di riferimento.....	59
4.5	Verifica sismica.....	61
4.5.1	Descrizione e localizzazione del ponte	61
4.5.2	Raccolta delle informazioni a disposizione	61
4.5.3	Caratteristiche del ponte.....	63
4.5.4	Analisi.....	63
4.5.5	Considerazioni sulle ipotesi semplificative adottate.....	67
4.5.6	67
5	Gestione dei dati sui ponti presenti lungo le direttrici di traffico analizzate ed inserite nel database.....	70
5.1	Sintesi delle vie di traffico ispezionate.....	70
5.2	Trattazione statistica dei dati raccolti	76
5.2.1	Suddivisione dei ponti in fasce di urgenza.....	76
6	Analisi dei costi.....	78
6.1	Costo di manutenzione	78
6.1.1	Costi di manutenzione - TSR.....	78
6.1.2	Costi di manutenzione ólivelli di urgenza di intervento	83
6.2	Costo di adeguamento sismico	85
6.2.1	Costi di adeguamento sismico - TSR.....	85
6.2.2	Costi di adeguamento sismico óalfa minore	86
6.3	Costo totale.....	87
6.3.1	Costi totali óTSR óalfa minore	87

6.3.2	Disposizione ponti nella provincia di Vicenza per fasce di costo totale.....	90
7	Altre considerazioni	98
7.1	Correlazione alfa minore di un elemento e il relativo ESR	98
7.2	Andamento dei costi totali mantenendo la stessa accelerazione ag per uno specifico gruppo di ponti	101
7.2.1	Azione sismica	101
7.2.2	Analisi della risposta sismica della struttura.....	104
7.2.3	Valutazione capacità a taglio della pila.....	105
7.2.4	Verifica a taglio sisma in direzione longitudinale	106
7.2.5	Applicazione della medesima accelerazione ag.....	107
	Conclusioni	111
	Bibliografia	112
	Ringraziamenti	114

*Gestione di ponti e viadotti nella provincia di Vicenza:
integrazione del database e approfondimenti sugli aspetti economici*

*Gestione di ponti e viadotti nella provincia di Vicenza:
integrazione del database e approfondimenti sugli aspetti economici*

Introduzione

Gli investimenti, in termini di capitali e tecnologia sulla rete stradale, sono enormi e sono concentrati particolarmente su ponti e viadotti. Questi sono gli elementi più vulnerabili in termini di deterioramento e i più costosi sia in termini di valore intrinseco sia in termini di mantenimento in esercizio.

La crescente età dei ponti stradali ha prepotentemente posto in evidenza in questi ultimi anni i problemi associati al degrado delle strutture. Le cause principali, oltre alla normale usura, sono il volume e i pesi eccessivi, la mancanza di manutenzione, la scelta di soluzioni progettuali non ottimizzate alla durabilità.

In questo contesto, data anche la generale limitata disponibilità di risorse finanziarie, appare opportuno individuare i ponti che tendenzialmente vanno verso il massimo beneficio col minimo impegno economico.

Il presente studio si inserisce in un filone di ricerca portato avanti dal Dipartimento di Ingegneria delle Strutture, dei Materiali e delle Infrastrutture (DMSI) del Politecnico di Vicenza, che ha sviluppato il software Bridge Management Systems (BMS) per i manufatti delle vie di traffico nel Veneto.

Il software è predisposto per ottenere un valore di un parametro globale con il quale le varie opere vengono collocate in fasce di intervento più o meno urgenti. Le schede predisposte contengono tutti i dati tecnico-descrittivi delle modalità di risanamento e specifiche analisi dei prezzi al fine di poter stimare, seppur in modo approssimativo, il costo di intervento di manutenzione su ogni opera ispezionata.

A partire da questi studi si cerca inoltre di indagare se esistono delle correlazioni con gli eventuali interventi di adeguamento sismico e quindi con i coefficienti di sicurezza, che stabiliscono se un ponte appartiene, secondo la normativa, ad un basso o alto livello di rischio.

1 La manutenzione programmata di ponti e viadotti: criteri

r g t " n c " x c n w v c | k q p g " f g n n ø g h h k

1.1 Sviluppo e organizzazione di un moderno sistema di gestione di ponti e viadotti

I possibili campi di indagine da affrontare per la gestione di un insieme di ponti sono molteplici, ciascuno dei quali può essere organizzato in un singolo modulo.

Lø c t e j k v g v v Bridge Management System (BMS) può, allora, comprendere:

- Il database;
- Il sistema delle ispezioni;
- La valutazione delle condizioni;
- La valutazione della capacità portante;
- Il sistema di previsione delle condizioni future della struttura;
- Il sistema di valutazione dei costi;
- Il sistema di programma degli interventi di manutenzione.

Ciascun modulo può contenere varie informazioni utili; nel caso del database, ad esempio, accanto alle informazioni essenziali derivanti da una procedura di rapida ispezione visiva possono essere riportati i dati scaturiti da analisi più approfondite o provenienti k " f c " c t e j k x k " e c t v c e g k " f g n n ø g p v g " c o o k p k u

A partire dalle esperienze di BMS sviluppati in alcune nazioni europee e negli Stati Uniti, si è cercato di calibrare i vari modelli studiati alla realtà del Nord Italia mantenendo le caratteristiche di immediatezza e rapidità di applicazione senza, per questo, scadere di scientificità.

Dopo la raccolta delle informazioni necessarie per compilare un semplice database dei manufatti, basato essenzialmente su dati raccolti direttamente sul luogo, mediante fotografie, rilevamenti e osservazioni ci si è soffermati allo studio di una metodologia di valutazione delle condizioni dei singoli componenti del ponte e della stessa opera

c n n ø k p v g t p q " f g n n c " t g v g " x k c t k c " k p " e w k " ³ " k p u g t
Le indicazioni che si ricava p q " f c n n ø c r r n k e c | k q p g " f g n n q " u v w f l
r t k o q " n k x g n n q " f k " k p f c i k p g " r g t " w p " D O U . " w v k n g
manutenzione delle opere in questione.

P g n n ø c u u k e w t c t g " n c " o k i n k q t g " u ivad una rete di c " f k " i g
comunicazione, il sistema agisce contemporaneamente su due livelli: il *Project Level Bridge Management* ed il *Network Level Bridge Management*.

Il *Project Level* considera la gestione di ogni singolo manufatto isolando dal contesto viario in cui è inserito. Il processo decisionale è basato esclusivamente sullo stato di struttura sia sicura ed efficiente dal punto di vista della funzionalità.

Il *Network Level*, maggiormente legato a considerazioni di tipo politico ed economico, coinvolge tutta la serie di opere amministrative. Permette di stabilire una priorità di intervento che tenga conto sia delle condizioni dei ponti sia della loro importanza

1.1.1 Il database

Il database (o Bridge Inventory) costituisce il punto di partenza di qualsiasi sistema per la raccolta e riportate in altri sistemi di gestione del manufatto. La raccolta dati è stata possibile e rilevamento quali fotografie, cordelle metriche, sistemi di localizzazione geografica su supporto cartaceo e su personal computer.

Le informazioni così ricavate riguardano due diversi aspetti del manufatto:

1. Dati identificativi e di posizione geografica;
2. Dati sullo stato di manutenzione.

Nella prima categoria di informazioni rientra tutto ciò che classifica la singola opera e la direttrice a cui appartiene, ad esempio: località, anno di costruzione, dati relativi allo schema statico e alle luci delle campate, tipologia della strada in base al volume di traffico.

principali della ricerca nello sviluppo di un giudizio finale dello stato di efficienza globale (Efficiency Rating)

1.1.2 Ispezioni visive

Il sistema di ispezioni adottato nello sviluppo della metodologia è quello del rilevamento visivo, prescritto come sistema ispettivo principale dagli standard e dalle normative di

Nel tentativo di eliminare la possibile soggettività della valutazione si è sviluppata una serie di definizioni che consentono di giungere ad una valutazione, quanto più possibile univoca, dello stato di condizione di ciascun elemento della struttura. Ad ogni gruppo di (tipi di Value (CV) variabile tra 1 e 5 (classi di E q p condizione). Le schede predisposte consentono al tecnico di giungere ad una valutazione rapida e il più possibile precisa della condizione dei singoli elementi del ponte.

1.2 Predisposizione delle schede di valutazione dello stato di condizione

La condizione di manutenzione di una struttura è strettamente legata allo stato di deterioramento dei singoli elementi che fisicamente lo costituiscono.

Come nella maggior parte dei paesi del mondo, si è scelto di esprimere la condizione funzionale di ogni elemento attraverso un indice. In genere variabile da 3 a 5 valori (o anche più) definisce lo stato di deterioramento del componente.

K p " c e e q t f q " e q p " n g " g u r g t k g p | g " f k " T i g p a e s p , q " W p k v q e tenendo presente il contesto della ricerca, si sono definiti 5 diversi livelli.

1.2.1 Indice dello stato di condizione di un elemento (CV)

R g t " e k c u e w p " g n g o g p v q " f g n " r q p v g " n ø k p f k e g " f k deterioramento.

Nel caso non sia possibile esprimere una valutazione, il Condition Value assume il valore zero: CV=0.

U k " t k r q t v c p q " p g n n c " u g i w g p v g " v c d g n n c . " n g " e n c CV.

Indice CV-Condition Value	
Nessun giudizio formulato	0
Nessun difetto significativo	1
Difetti minori che non portano danni	2
Difetti moderati che potrebbero causare danni	3
Difetti severi che causano danni	4
Elemento non funzionale o non esistente	5

Tabella 1.1 óEspressione dello stato di condizione

1.2.2 Elementi costitutivi di un ponte

Si è scelto di suddividere la struttura da ponte nei suoi componenti fondamentali seguendo le più importanti linee guida mondiali.

La distinzione è tra:

- elementi strutturali, legati alla capacità portante del ponte e quindi alla sicurezza in ambito strutturale;
- elementi non strutturali, i quali non contribuiscono alla resistenza del ponte ma sono importanti dal punto di vista funzionale, per la sicurezza e per la durabilità
 f g n n ø q r g t c 0

A ciascun elemento da sottoporre a giudizio è stato assegnato un diverso peso variabile da 10 (massima importanza) a 5 (minima importanza) che contribuisce al calcolo
 f g n n ø g h h k . e k g p | c " i n q d c n g

1.2.3 Principali cause di degrado degli elementi di un ponte

Per classificare in ordine di importanza i difetti riscontrabili negli elementi è necessario conoscere le origini del degrado andando a ricercare la possibile o le possibili cause. Si attribuisce pertanto, al tipo di difetto, un valore di gravità procedendo alla stesura di schede per la valutazione delle condizioni degli elementi (tramite il Condition Value).

K " o c v g t k c n k " f g i n k " g n g o g p v k " r t g u g p v c p q " e q o r
 della messa in opera e delle azioni ai quali sono sottoposti nel corso della vita di progetto.

P g n n ø c p c n k u k " f g k " f k h g v v k " u q p q " e q p u k f g t c v k <

- La muratura (di laterizio o pietrame);
- N ø c e e k c k q =
- Il conglomerato cementizio;
- Il legno.

Il deterioramento può essere provocato da varie cause, avere diversa gravità per la capacità portante della struttura e presentarsi con o senza segnali visibili. Può manifestarsi con rotture di parti della struttura che ne modificano la geometria, vistose deformazioni e fessurazioni nelle sezioni maggiormente sollecitate. Per contro, reazioni alcali-silice e fenomeni di corrosione delle armature del calcestruzzo possono essere in atto anche senza evidenti manifestazioni, diventando visibili solo quando raggiungono uno stato avanzato

e j g " r q v t g d d g " c x g t " i k « " e q o r t q o g u u q " n ø c h h k f c

Si riporta nella seguente tabella, le possibili cause del processo di degrado dei componenti di un ponte che sono state oggetto di studio.

Degrado di un ponte
Dipendente dai materiali costituenti
Dipendente dai carichi applicati
Dipendente da errori progettua
Dipendente da difetti di costruzione
Dipendente da scarsità di manutenzione
Dipendente dal tipo di elemento

Tabella 1.2 óPrincipali fattori di degrado di un ponte

1.2.4 Schede di valutazione

Lo studio e le rielaborazioni delle informazioni relative ai difetti riscontrabili sugli elementi di un ponte e alle loro cause, ha permesso la compilazione di schede guida per la Value (CV).

I manufatti sono stati divisi in 4 categorie, rispetto al materiale della sovrastruttura:

- A. Muratura in laterizio e/o pietrame;
- B. Acciaio o struttura mista acciaio-calcestruzzo;
- C. C.a - c.a.p ;
- D. Legno.

Per ogni categoria si è raccolto un fascicolo di schede, relative alle componenti

u q x t c u v t w v v w t c + " g " f c " w p " p w o g t q " * u g e q p f q " n ø q t

A) Materiale della sovrastruttura: Muratura in laterizio e/o pietrame	
A1	Arco/Volta
A2	Pila
A3	Soletta
A4	Dispositivo antisismico
A5	Spalla
A6	Terrapieno di accesso
A7	Muro di sostegno
A8	Fondazioni della spalla
A9	Fondazioni della pila
A10	Strutture di collegamento impalcato
A11	Membrana di impermeabilizzazione
A12	Pavimentazione
A13	Guard-rail
A14	Giunto
A15	Marciapiede
A16	Parapetto
A17	Smaltimento delle acque
A18	Accessori

Tabella 1.3 Scheda per la definizione del CONDITION VALUE nel caso di muratura di laterizio e/o pietrame

Materiale della sovrastruttura: Acciaio o struttura mista acciaio-calcestruzzo	
B1	Elementi longitudinali
B2	Pila
B3	Elementi trasversali
B4	Soletta
B5	Apparecchio di appoggio
B6	Dispositivo antisismico
B7	Spalla
B8	Terrapieno di ac so
B9	Muro di sostegno
B10	Fondazioni della spalla
B11	Fondazioni della pila
B12	Membrana di impermeabilizzazione
B13	Pavimentazione
B14	Guardrail
B15	Giunto
B16	Marciapiede
B17	Parapetto
B18	Smaltimento delle acque
B19	Accessori

Tabella 1.4 Scheda per la definizione del CONDITION VALUE nel caso di acciaio o struttura mista acciaio-calcestruzzo.

Materiale della sovrastruttura in ca o cap	
C1	Elementi longitudinali
C2	Pila
C3	Elementi trasversali
C4	Soletta
C5	Apparecchio di appoggio
C6	Dispositivo antisismico
C7	Spalla
C8	Terrapieno di accesso
C9	Muro di sostegno
C10	Fondazioni della spalla
C11	Fondazioni della pila
C12	Membrana di impermeabilizzazione
C13	Pavimentazione
C14	Guard-rail
C15	Giunto
C16	Marciapiede
C17	Parapetto
C18	Smaltimento delle acque
C19	Accessori

Tabella 1.5 Scheda per la definizione del CONDITION VALUE nel caso di sovrastruttura in ca o cap.

Materiale della sovrastruttura: Legno	
D1	Elementi longitudinali
D2	Pila
D3	Elementi trasversali
D4	Soletta
D5	Apparecchio di appoggio
D6	Dispositivo antisismico
D7	Spalla
D8	Terrapieno di accesso
D9	Muro di sostegno
D10	Fondazioni della spalla
D11	Fondazioni della pila
D12	Membrana di impermeabilizzazione
D13	Pavimentazione
D14	Guard-rail
D15	Giunto
D16	Marciapiede
D17	Parapetto
D18	Smaltimento delle acque
D19	Accessori

Tabella 1.6 Scheda per la definizione del CONDITION VALUE nel caso di sovrastruttura in legno.

Ogni scheda presenta la stessa struttura, divisa in due blocchi (blocco di descrizione

Il primo blocco è diviso in 4 colonne:

1. *Elemento* < " p q o g " f k " k f g l e m e n t o h c o n s i d e r a t o n e n e l l a s c h e d a d i n n ø g valutazione;
2. *Descrizione* < " v t c v v c " n ø g n g o g p v q " f g u e t k x g p f q p g " n c " u c f " g u g o r k q < " n ø g n g o g p v q " C 5 + " u q n g v v c " r w 1/4 " opera o A3.2) Prefabbricata;
3. *Tipologie*: sono segnalate le tipologie che si possono presentare durante le ispezioni. Vengono indicate da sotto-p w o g t c | k q p k " t k l e m e n t o v q " n c " u c f " g u g o r k q < " n ø g n g o g p v q " C 5 + " u q n g v v c " r w 1/4 " opera o A3.2) Prefabbricata;
4. *Materiale*: si indicano i materiali di realizzazione. Questa voce è molto importante in quanto i difetti riscontrabili variano a seconda del materiale, richiedendo la e q u v t w | k q p g " f k " r k Á " v c d g n n g " r g t " w p q " u v g u definizione della condizione.

Nella costruzione del blocco di descrizione, ci si è riferiti al glossario proposto dal BRIME (D14-Appendix III) basato su ò J c p f d q q m " h q t " D t k f i g " K p x g p v Norwegian Public Roads Administration.

ELEMENTO	DESCRIZIONE	TIPOLOGIE	MATERIALE
Soletta	-	k	Ca-Cap
		h	Ca-Cap

Tabella 1.7 a)

Il secondo d n q e e q " * e q p " w p c " q " r k Á " v c d g n n g + " r g t o g v v X C N W G " r g t " n ø g n g o g p v q = " r t g u g p v c " 7 " e q n q p p g <

1. *Tipologia/Materiale*: indica a quale tipologia e/o materiale si riferisce il blocco di f g h k p k | k q p g 0 " N ø w v k n k | | c n e l l a p r i m a c o l o n n a w l k t « " n c " v v k r q n q i k c " g " k e m e n t o o g g e t t o d e l l a v a l u t a z i o n e ; f g n n ø g n g
2. *Descrizione*: elenca i 6 livelli di CV (0,1,2,3,4,5);
3. *Aspetti visivi* < " e n c u u k h k e c " k " f k h g v v k " t k u e q p v t c d k n CV (escluso il livello CV=0 di *Nessun giudizio*, che non contiene alcun aspetto visivo);
4. *Possibili cause*: descrive le possibili cause dei difetti elencati nella colonna precedente. Ciascun difetto è posto in corrispondenza biunivoca con le sue possibili cause (sulla stessa riga).

In molte condizioni, non è semplice individuare precisamente la causa che origina un difetto, spesso originato dalla combinazione di più fenomeni. In altre situazioni questo risulta possibile, altre volte ancora il contenuto di questa quarta colonna vuole essere solo una guida per poter assegnare un livello di gravità al difetto riscontrato e per guidare l'operatore a partire dal difetto, o dai difetti, osservati sul singolo elemento.

5. CV < " k p f k e g " f k " e q p f k | k q p g " f g n n ø g n g o g p v q 0
 ricava a partire dal difetto, o dai difetti, osservati sul singolo elemento.

TIPOLOGIA/ MATERIALE	DESCRIZIONE	ASPETTI VISIVI	POSSIBILI CAUSE	CV
A3.1),A3.2)/ CaCap	Nessun giudizio formulato			
	Nessun difetto significativo			
	Difetti minori che non portano danni			
	Difetti moderati che potrebbero causare danni			
	Difetti severi che causano danni			
	Elemento non funzionale o non esistente			

Tabella 1.7 b)

1.3 Element Sufficiency Rating

La valutazione della condizione degli elementi attraverso il Condition Value non è sufficiente per poter stabilire le priorità di intervento sulla struttura e tanto meno permette di decidere una precisa programmazione della manutenzione su tutte le opere appartenenti ad un tronco di viabilità. Queste due esigenze si riferiscono ai due livelli di gestione, già indicati precedentemente, il *Project Level Bridge Management* ed il *Network Level Bridge Management*.

1.3.1 Project Level Bridge Management e Network Level Bridge Management

Nello sviluppo della metodologia si è scelto di legare i due livelli di gestione delle Element Sufficiency Rating (ESR), permette di trattare il problema della gestione della manutenzione sia per quanto riguarda il *Project Level* sia per quanto riguarda il *Network Level*.

Per le seguenti considerazioni:

- Sia a livello di singolo manufatto (Project) sia a livello di insieme di strutture (Network) gli elementi non hanno la stessa importanza: è necessario attribuire un fattore di importanza maggiore al mantenimento in servizio di un componente strutturale (ad esempio la pila) rispetto ad uno accessorio (ad esempio il marciapiede);
- Lo stesso elemento (es. soletta) avrà una priorità diversa di intervento nel considerare un ponte autostradale nei confronti di un ponte posto in una strada comunale secondaria.

La conversione del Condition Value (CV) in Condition Factor (CF), secondo la tabella che segue:

CV	0	1	2	3	4	5
CF	0	10	7	4	2	1

Tabella 1.8 Conversione del Condition Value (CV) in Condition Factor (CF)

- **Location Factor [LF]**, secondo la tabella che segue:

ELEMENTI STRUTTURALI	LF	W
Pile	5	10
Elementi trasversali Soletta Apparecchi di appoggio Dispositivi antisismici	6	9
Spalle Terrapieno di accesso Muri di sostegno	7	8
Fondazioni delle spalle Fondazioni delle pile	8	7
ELEMENTI NON STRUTTURALI	LF	W
Strutture di collegamento impalcato (archi di muratura) Membrana di impermeabilizzazione Pavimentazione Guardrail Giunti	9	6
Marciapiedi Parapetti Smaltimento delle acque Accessori	10	5

Tabella 1.9 óPeso e Location Factor dei componenti

- Il tipo di strada di cui fa parte il ponte, **Road Type [RT]**, secondo la tabella che segue:

Tipodi strada	RT
Autostrada	0.8
Strada Statale (SS)	0.9
Strada Provinciale (SP)	0.95
Strada Comunale (SC)	1

Tabella 1.10 óCoefficienti Road Type

- Il traffico sul ponte, **Traffic Index [TI]**, misurato in traffico al giorno medio annuo (ADTV: Average Daily Traffic Volum):

Traffico	ADTV	TI
Elevato	>20000 vpd	0.9
Medio	6000-20000 vpd	0.95
Basso	<6000 vpd	1

Tabella 1.11 Coefficienti Traffic Index

- **Network Bridge Importance [NBI]**. N c " u v t w v v w t c " f c " r q p v g " c u u w o g " w p c " f k x g della viabilità a seconda che esista una strada alternativa adeguata o meno, nel e c u q " k n " r q p v g " p q p " u k c " v t c p u k v c d k n g " f c n n ø traduce in un disagio in termini di tempo perso a causa della deviazione, non facilmente quantificabile e legato a molti fattori; i più significativi sono il tipo di strada su cui la circolazione è deviata e la lunghezza della deviazione. Il parametro proposto, Network Bridge Importance (NBI), cerca pertanto di legare n ø k o r q t v c p | c " f g n n c " u v t w v v w t c " c n " f k u c i k q " quanto è lunga la deviazione della strada che si stava percorrendo e quanto più la via alternativa percorribile è inadeguata al flusso veicolare.

I valori del fattore NBI sono riportati nella seguente tabella:

Situazioni che si presentano	NBI
Situazione 1: deviazione lunga su strada alternativa non adeguata	0.96
Situazione 2: deviazione breve su strada alternativa non adeguata deviazione lunga su strada alternativa adeguata	0.98
Situazione 3: deviazione breve su strada alternativa adeguata	1

Tabella 1.12 Coefficienti Network Bridge Importance

- **Age Factor [AF]**. La tabella che segue: q t "] C H _ . " u g e q p f q

Anno di costruzione	AF
Prima del 1900	0.97
1900-1945	0.98
1946-1970	0.99
1971-2013	1

Tabella 1.13 Coefficienti Age Factor

1.3.2

con:

CF: Condition Factor;

LF: Location Factor;

RF: Road Factor;

NBI: Network Bridge Importance;

AF: Age Factor.

Tra parentesi sono indicati i termini che concorrono a definire il grado di efficienza in servizio dei componenti del ponte;

- Di definire il grado di efficienza in servizio dei componenti del ponte;
- Di stabilire un piano di priorità di intervento a livello della singola struttura (Project Level);
- Di stabilire un piano di priorità di intervento a livello della rete (Network Level).

1.3.3 Livelli di efficienza degli elementi del ponte

Si sono stabiliti 4 livelli di efficienza (in ordine crescente), inversamente legati a 4 livelli di urgenza di intervento (in ordine decrescente):

Livello di efficienza	Livello di urgenza di intervento	ESR
1	Massima urgenza di intervento	1-10
2	Intervento a breve termine	11-20
3	Intervento a medio termine	21-30
4	Intervento a lungo termine	31-100

Tabella 1.14 Livelli di efficienza e livelli di urgenza di intervento degli elementi del ponte

Considerando il singolo ponte, isolato dallo stock di opere oggetto della gestione, i livelli di efficienza e di priorità di intervento stabiliti forniscono una possibile indicazione sul piano di manutenzione della struttura.

Gli elementi possono essere classificati in ordine di efficienza crescente a partire dal valore più basso di ESR. Secondo questa gerarchia, seguendo le indicazioni della tabella sopra riportata, si ottiene il piano di intervento possibile. Gli elementi con $ESR = 0$ non sono stati valutati; non è possibile quindi esprimere il loro grado di efficienza. Il valore nullo suggerisce di predisporre ispezioni più approfondite per poter indicarne lo stato di condizione.

1.4 Indice di efficienza del ponte - Total Sufficiency Rating (TSR)

1.4.1 Elementi

A livello di rete (Network Level) si pone il problema di fornire un unico indice per ogni complesso delle opere.

1. Dallo stato di condizione degli elementi;

2. Fattore di efficienza degli elementi;

3. Fattore di efficienza del ponte.

Per ogni elemento valutato si calcola l'indice di efficienza (ESR) come:

Anziché esprimere il TSR come media degli ESR, in accordo con le metodologie dei più importanti paesi del mondo, si è preferito calcolare il TSR come media pesata delle condizioni dei componenti (punti 1. e 2.), tenendo conto dei fattori che caratterizzano la struttura (punto 3.):

dove:

CF_i: Condition Factor degli elementi;

W_i: pesi degli elementi valutati;

PF: Penalty Factor ottenuto da (RFxNBIAF);

t: elementi valutati sugli n elementi presenti;

10: fattore di efficienza del ponte, riferito a quella con valore massimo 100;

TSR_{reale}: indice di efficienza totale riferito agli elementi valutati. Il valore finale di TSR è calcolato a partire da questo considerando però anche gli elementi non sottoposti a valutazione.

1.4.2 $E q g h h k e k g p v g " f k " u k e w t g | | c " p g n n c " x c n w v c | k q$

Il TSR finale non è quello calcolato solamente sulla base degli elementi valutati; è necessario tenere in considerazione il numero e il tipo di componenti non sottoposti a valutazione.

Il fattore di sicurezza che si considera nella metodologia sviluppata prende il nome di CONFIDANCE FACTOR (CoF) e introduce i pesi W dei componenti. Assume $n \emptyset g u r t g u u k q p g <$

La sicurezza della valutazione del TSR_{reale} è massima con $CoF = 100$, quindi quando tutti gli elementi sono valutati (obiettivo di una campagna ispettiva) e non deve mai scendere al di sotto di un certo valore prefissato.

$F c " w p \emptyset k p f c i k p g " g h h g v v w c v c " u w$ massima di CoF per 2 2 " $r q p v k$
reputare $af h k f c d k n g " k n " i k w f k | k q " u w n n \emptyset q r g t c = " r g t " E q$
è perciò da scartare.

$R g t " h q t p k t g " c n n \emptyset g p v g " i g u v q t g " w p " w p k e q " x c n q t$
ponte, si è cercato di conglobare $n c " u k e w t g | | c " f g n " i k w f k | k q " p g n n$
 TSR , strettamente legato a TSR_{reale} .

1.4.3 **Calcolo del valore finale del Total Sufficiency Rating (TSR)**

$K n " o g v q f q " r g t " v g p g t g " k p " e q p v q " k n " E q H " c n n \emptyset$
considerazioni:

- Il CoF non deve essere inferiore a $f " w p " e g t v q " x c n q t g . " r g p c "$ valutazione;
- Poiché la sicurezza del giudizio espresso tramite il TSR_{reale} è assicurata (vale il punto $CoF > 70$), il TSR finale non deve discostarsi molto da TSR_{reale} (deve esserci una penalizzazione del TSR_{reale} che non alteri troppo la valutazione basata sugli elementi giudicati).

Il criterio ritenuto più soddisfacente è stato quello di riferirsi ad una media pesata tra la situazione reale (espressa da TSR_{reale}) e la situazione peggiore che può verificarsi (espressa da TSR_{minimo}).

Ragionando a favore della sicurezza, la situazione peggiore è quella che presenta CV=5 per tutti gli elementi non valutati, tranne che per le fondazioni, per cui lo scenario peggiore possibile è quello per CV=3. Le fondazioni, infatti, difficilmente valutabili con ispezioni visive per CV=1,2,3, non possono essere nella condizione di CV=4 o 5: questi due livelli di danno sono stati associati nelle schede di valutazione ad aspetti visivi facilmente rilevabili quali *rottture, inclinazioni e cambiamenti di geometria* (CV=4) e *rottture diffuse e crolli importanti* (CV=5).

Attribuendo i valori suddetti per gli elementi non valutati, si calcola TSR_{minimo} .

I pesi utilizzati nel calcolo di TSR sono imposti da considerazioni riguardanti il grado di

- Poiché tutti gli elementi che concorrono alla media pesata che calcola TSR_{reale} sono frutto di valutazione reale, il peso di TSR_{reale} è 100;

- Poiché solo alcuni (t) degli n elementi che compongono la struttura sono stati oggetto di valutazione reale nel calcolo di TSR_{minimo} , il peso di TSR_{minimo} è CoF,

$TSR_{reale} = \frac{TSR_{reale} \cdot 100 + TSR_{minimo} \cdot CoF}{100 + CoF}$

In questo modo il valore TSR è più vicino a quello di TSR_{reale} rispetto alla situazione peggiore possibile espressa da TSR_{minimo} .

Non devono essere troppo distanti fra loro.

1.4.4 Significato del Total Sufficiency Rating (TSR)

La valutazione del livello di sicurezza attraverso calcoli di affidabilità strutturale.

È comunque collegato alla probabilità della struttura di essere sicura. Il suo calcolo infatti è basato sulle valutazioni della condizione degli elementi (con il CV), le quali tengono conto del tipo di danno, della sua estensione e dei suoi effetti a livello strutturale e funzionale.

A rigor di logica, per assicurare la sicurezza per gli utenti, un BMS dovrebbe prevedere la

1.4.5 Livelli di efficienza globale del ponte

A livello di *Network Level* è possibile stabilire i livelli di efficienza e di urgenza di intervento sulla struttura (TSR), seguendo quanto fatto per i livelli di ESR.

Si riportino i livelli stabiliti e di seguito i ragionamenti che hanno portato alla loro individuazione:

Livello di efficienza	Livello di urgenza di intervento	TSR
1	Massima urgenza di intervento	1-30
2	Intervento a breve termine	31-40
3	Intervento a medio termine	41-60
4	Intervento a lungo termine	61-100

Tabella 1.15 Livelli di efficienza e livelli di urgenza di intervento per le strutture da ponte

Nelle tavole sono state analizzate le direttrici di traffico analizzate. I risultati ottenuti, disponibili al capitolo 7, permettono di affermare:

1. La fascia di massima urgenza di intervento contiene i ponti che presentano deficienze degli elementi strutturali diffuse (CV = 4 o 5) unitamente a deficienze importanti di molti elementi accessori.
2. La fascia di urgenza di intervento a breve termine contiene ponti che presentano deficienze strutturali diffuse accanto ad efficienza ridotta di alcuni elementi accessori oppure deficienze di molti elementi accessori unitamente a problemi per alcuni componenti strutturali.
3. La fascia di urgenza di intervento a medio termine è la più delicata. Contiene in genere molti ponti che possono presentarsi in buono stato strutturale, ma che possiedono lacune riguardanti elementi accessori. Il colore giallo associato alla fascia dà una prima chiara indicazione del fatto che sul ponte in esame deve essere previsto qualche intervento. Il valore di TSR precisa se si tratta di interventi diffusi o no, nella qualità e nella quantità (valori di TSR vicini a 41 sono indicatori di una situazione peggiore rispetto a valori prossimi a 60).
4. La fascia di urgenza di intervento a lungo termine presenta strutture con una situazione di buona efficienza sia sotto il profilo strutturale che sotto il profilo dei componenti accessori. La priorità degli interventi è lasciata alle opere delle precedenti 3 fasce, limitandosi a predisporre per questi ponti piani di ispezione. Analizzando nello specifico i componenti, il numero molto limitato degli elementi che presentano qualche problema giustifica il colore verde del livello. Naturalmente lungo termine non significa abbandonare il controllo della struttura: un monitoraggio periodico assicura di non ritrovare il ponte in uno stato di pessima efficienza in esercizio.

Le quattro fasce s v c d k n k u e q p q " w p " r k c p q " f k " r t k q t k v « " f k
P g n n q " u e g p c t k q " f k " u e g n v c " f g n n g " q r g t g " u w "
preferirà rivolgere le sue risorse alle strutture che risultano nella fascia della massima
urgenza di intervento, poi a quelle nella fascia di urgenza di intervento a breve termine e
così via.

Per ciascun ponte gli interventi da effettuare saranno suggeriti sulla base delle indicazioni
date dagli ESR dei componenti.

C h h k c p e c p f q " n ø gli elementi del TSR dei manufatti " lungo una
diretrice di traffico con valutazione di tipo economico si può ottenere un piano di
manutenzione che considera anche la possibile distribuzione del budget iniziale di
investimento.

2 Sviluppo e organizzazione generale delle schede per la valutazione tecnico-economica della manutenzione

2.1 Analisi dettagliata delle singole voci che compongono le schede di valutazione tecnico-economica

Vengono qui analizzate le varie voci che compongono le schede tecnico-economiche compilate partendo da quelle per la valutazione del degrado già presenti nei precedenti lavori, inserendo per ogni CV e per ogni elemento i possibili interventi e il costo di ripristino per unità di misura.

Sono state redatte schede per ogni tipo di manufatto analizzato (in ca-cap, in muratura di pietrame e/o laterizio e in acciaio o struttura mista acciaio-cls), comprensive di tutti gli elementi che lo compongono (elementi longitudinali, soletta, pila, giunti..) che, a loro volta, possono essere di varie tipologie: gli interventi presuppongono, quindi, costi di manutenzione diversificati.

Sono presentate tutte le voci esaminate, chiarendo i vari aspetti affrontati durante la compilazione: la scelta delle diverse tipologie di elemento, le misure, i costi acquisiti da prezzari regionali o capitolati di progetti realizzati, i tipi di lavorazioni e il loro rapporto con i CV associati.

La presentazione prende inizio dagli elementi specifici delle tre diverse tipologie di ponte considerate, per poi continuare con quelli che sono comuni a tutte e che vengono, quindi, esposti insieme.

2.1.1 Elementi peculiari dei manufatti in calcestruzzo armato normale e precompresso

2.1.1.1 Elementi longitudinali

Si sono considerate 7 diverse tipologie:

- Travata in calcestruzzo armato (A1);
- Travata in calcestruzzo armato precompresso (A2);
- Cassone semplice (B1);
- Cassone multicellulare (B2);
- Solettone (C1);
- Arco a muro aperto (D1);
- Arco a muro chiuso (D2).

La quantificazione tecnico-economica delle lavorazioni necessarie inizia dalla condizione con CV=2 e termina con CV=5 che rappresenta soltanto un possibile ordine di grandezza del costo potenziale per la riparazione, anche per il fatto che non si tratta più di manutenzione bensì di un vero e proprio consolidamento strutturale, il quale necessita di opportuni calcoli ingegneristici.

Tutti gli interventi di manutenzione proposti per questa voce si possono riassumere in 4 punti generali ripetuti a seconda del CV con modalità diverse:

1. Pulizia del calcestruzzo ammalorato, che va da quella superficiale per un CV=2
h k p q " c n n ø k f t q f g o q n k | k q p g " r g t " E X ? 6 =
2. Ripristino della struttura degradata: dalla rasatura superficiale di pochi mm fino alla completa ricostruzione di parti considerevoli di calcestruzzo (anche alcuni cm) previo rivestimento anticorrosivo delle barre di armatura o loro parziale sostituzione;
3. Applicazione di stagionante del materiale di ripristino e primer per la protezione successiva, in tutti i casi;
4. Applicazione di protettivo filmogeno, in tutti i casi.

Per quanto riguarda il calcestruzzo armato precompresso con CV=4 la manutenzione
r t g x g f g . " f q x g " p g e g u u c t k q . " n ø k p k g | k q p g " f g n
d q k c e e j g " e g o g p v k | k g . " x k u v q " e j g " k n " r t q d n g o
causa di pericolosi danni, come c k v c v q " k p " v w v v c " n c "(LuFg v v g t c v
Lamanna, 1999).

Con riferimento alla condizione CV=5, la riparazione del calcestruzzo riprende in modo
identico quella del CV precedente . " c i i k w p i g p f q " n ø c r r n k e c | k q p g
Polymers) di rinforzo sia a momento flettente che a taglio: come già precedentemente
indicato, il prezzo di questo intervento è puramente indicativo anche se basato su esempi
c r r n k e c v k x k " t g c n k " o c " p q p " i g p g t c n k | | c d k n k =
attrave t u q " k n " u k o d q n q " * , , + " c " n c v q " f g n n c " e c u g n n
u q v v q " n c " e c u g n n c " f k " e q u v q " v q v c n g " f k " o c p w v g
e t k v k e j g " g " e j g " p g e g u u k v c " f k " x c n v a propria ki q p k " r k
tutti gli elementi strutturali del manufatto oggetto di analisi.

Le misure considerate per stimare un costo di ripristino in euro/m sono state mediate in base alle più usuali geometrie degli impalcati da ponte per tutte e sette le diverse tipologie analizzate ed allo spessore di ammaloramento per i vari Condition Values, poiché molte delle voci di capitolato delle lavorazioni riportavano valori espressi in euro/m² oppure euro/dm³.

2.1.1.2 Elementi trasversali

U k " 3 " e q p e g p v t c v c g l e n ø c v v g p | k q p g " u w " 4 " v k r q n q

- Traverso in calcestruzzo armato (A1);
- Traverso in calcestruzzo armato precompresso (A2).

Come per gli elementi longitudinali, la valutazione tecnico-economica varia da un CV=2 ad uno pari a 5 e, visto che si tratta del medesimo materiale, viene affrontata con le stesse modalità: i 4 punti citati (pulizia, ripristino, stagionante e protezione), le misure (esprese in euro/m) mediate sulle geometrie più usuali generalmente utilizzate, e la scarsa precisione per la condizione più gravosa, anche in questo caso segnalata nel foglio di calcolo.

2.1.2 Elementi peculiari dei manufatti in muratura di pietrame e/o laterizio

2.1.2.1 Elementi longitudinali

In questo caso la tipologia strutturale è unica: arco o volta in muratura (A1).

Gli interventi ipotizzati variano da CV=2 a CV=5: si va da un semplice trattamento di sabbiatura e successivo trattamento protettivo con resine per CV=2, alla ristrutturazione con sostituzione delle bozze ammalorate e trattamento protettivo per CV=3 fino alla ristrutturazione con risarcitura delle lesioni e trattamento protettivo finale per CV=4; per la condizione più gravosa si dà soltanto, per i motivi già espressi nel paragrafo precedente, un costo indicativo del ripristino, che consiste nel completare la ristrutturazione generale della muratura con il rinforzo della struttura tramite

Le lavorazioni sono indicate in euro/m² e poi, attraverso la geometria del manufatto, opportunamente introdotta nel foglio elettronico, si giunge ad ottenere il costo totale della manutenzione.

2.1.2.2 Struttura di collegamento arco-impalcato

Sono due le tipologie presenti:

- Struttura piena in muratura (A1);
- Struttura aperta con archi secondari (B1).

Nonostante la struttura di collegamento arco-impalcato sia elencata tra gli elementi non strutturali, nel foglio di calcolo viene comunque segnalato un commento nel caso in cui la valutazione visiva porti ad un CV pari a 5; i costi vengono valutati in euro/m².

2.1.3 Elementi peculiari dei manufatti in acciaio e in struttura mista acciaio-calcestruzzo

2.1.3.1 Elementi longitudinali

Si sono esaminate 3 tipologie strutturali:

- Travata (A1);
- Cassone (B1);
- Arco (C1).

La previsione dei costi interessa solamente i CV 2 e 3 e prevede la sabbiatura a metallo bianco dei profilati di acciaio e la loro successiva verniciatura con una mano di pre-trattamento di fondo, una di anticorrosivo a base di resine epossidiche e la finitura con smalto poliuretano per garantire la durata nel tempo.

Ai rimanenti due CV (4 e 5) non si è associata alcuna lavorazione poiché si tratterebbe di rinforzi tramite piatti di acciaio saldati o imbullonati alla struttura esistente oppure di costo è quindi di elemento non valutato. Nel foglio di calcolo per questa tipologia di ponti la casella di costo si colora automaticamente di blu e appare il simbolo (***) collegato ad un commento per indicare che il prezzo finale per la manutenzione non tiene conto

I costi vengono valutati in euro/m di elemento longitudinale.

2.1.3.2 Elementi trasversali

È presente solamente la voce: traversi/diaframmi in acciaio (A1).

Questi elementi sono valutati per tutti i CV: per le condizioni 2 e 3 le lavorazioni sono le medesime del punto precedente mentre per quanto riguarda le 4 e 5 si prevede la completa sostituzione attraverso lo smontaggio e la successiva fornitura e posa in opera di nuovi traversi.

Le più frequenti geometrie comunemente utilizzate.

2.1.4 Elementi comuni a tutte le tipologie di manufatto

2.1.4.1 Pile

Si considerano nel complesso 4 tipologie:

- A colonna singola o multipla in calcestruzzo armato (A1);
- A muro in muratura (B1);
- A muro in calcestruzzo armato (B2);
- In acciaio (C1) (solo per i ponti in acciaio e struttura mista acciaio-calcestruzzo).

Per le prime tre tipologie i CV dal 2 al 4 hanno tutti una voce di costo associata, che riprende appieno quanto già descritto per gli elementi precedenti, sia in calcestruzzo armato che in muratura, espressa in euro/m². Per inserire i dati geometrici è possibile distinguere i diversi tipi di colonna (a sezione circolare oppure sezione poligonale)

I costi e le lavorazioni per la condizione 5 e per le condizioni 4 e 5 della tipologia C1 è quella di elemento non valutato poiché per i problemi ad essa collegati si deve prevedere uno studio particolare della situazione specifica, dato che si tratta di un intervento strutturale speciale che, per di più, coinvolge sicuramente anche le fondazioni, rendendo necessaria quindi la conoscenza del tipo di terreno su cui si va ad intervenire; il foglio segnala tutto ciò con la colorazione della casella, il simbolo (***) ed il relativo commento.

2.1.4.2 Soletta

U k " 3 " e q p e g p v t c v c " n ø c v v g p | k q p g " u w " 5 " v k r k " f k

- Realizzata in opera in calcestruzzo armato (A1);
- Prefabbricata in calcestruzzo armato normale o precompresso (B1);
- Piastra ortotropa in acciaio (C1) (solo per i ponti in acciaio e struttura mista acciaio-calcestruzzo).

Per A1 e B1 gli interventi sono gli stessi previsti per gli elementi precedentemente trattati espressi in euro/m², dando un valore puramente indicativo per il CV=5.

Il foglio elettronico collega le operazioni nece u u c t k g " e q p " k n " E X " f k o r g t o g c d k n k | | c | k q p g < " u g . " k p h c v v k . " s w g u v ø lavorazioni (ripristino generale e trattamenti protettivi del calcestruzzo) vengono a coincidere con quelle necessarie per la soletta; si è fatto in modo che non si sovrapponevano i costi di conteggiarli erroneamente due volte.

Per la piastra ortotropa in acciaio si esprimono i prezzi (in euro/m²) solo per CV=2 e 3, o g p v t g " r g t " k " t k o c p g p v k " f w g " n ø g n g m e n t e p a l e q " t k u w fatto.

2.1.4.3 Appoggi

Le varie categorie prese in esame sono le seguenti:

- Puramente elastomerico (A1);
- Elastomerico armato (B1);
- A disco elastomerico confinato (C1);
- Completamente in acciaio (D1);
- In acciaio e teflon (E1);
- A dischi di piombo (F1).

Pe t " n g " r t k o g " f w g " g " n ø w n v k o c . " n g " n c x q t c | k q p k nel sollevamento delle testate di impalcato, nella bonifica dei piani di appoggio e nella fornitura e posa in opera di nuovi apparecchi, in gomma armata per A1 e B1, in acciaio e PTFE per F1.

R g t " n g " c n v t g " v t g " v k r q n q i k g . " u g " k p " e q p f k | k q p f ø c r r q i i k q . " o g p v t g " u g " k n " n q t q " E X " t k u w n v c " r c testate di impalcato, la bonifica dei piani di appoggio e la fornitura e posa in opera di nuovi apparecchi in acciaio e PTFE, poiché, tranne casi speciali, risultano essere i più affidabili.

I diversi interventi sono espressi in euro/tonnellate (tranne per la bonifica del piano f ø c r r q i i k q " g u ²): si è cercato comunque di dare, dopo aver consultato vari progetti, un costo ad appoggio, differenziato per manufatti in ca o in struttura mista acciaio-clc.

2.1.4.4 Ritegni antisismici

Nelle schede di valutazione visiva erano stati presi in considerazione 3 tipi, diversificati in base al loro comportamento:

- Reagente a forze impulsive (A1);
- A comportamento elastico (B1);
- A comportamento elasto-plastico (C1).

Non è stata assegnata, invece, alcuna valutazione sui costi di manutenzione poiché un intervento, di installazione o di eventuale sostituzione, necessiterebbe di una specifica analisi, sia per quanto riguarda le modalità di installazione che la tipologia di apparecchio necessaria nelle singole situazioni: tutto ciò esula dal carattere generale del presente studio, basato oltretutto su osservazioni visive. Non sono presenti schede di valutazione tecnico-economica in appendice per questo elemento.

2.1.4.5 Spalla

I tipi di spalla considerati sono in tutto 6:

- A mensola o a gravità in calcestruzzo armato (A1);
- A gravità in gabbioni (B1);
- A gravità in muratura (B2);
- A palo/i in calcestruzzo armato (C1);
- A contrafforti in calcestruzzo armato (D1);
- A rilevato passante (E1).

U k " r q u u q p q " t k r g v g t g " v w v v g " n g " q u u g t x c | k q p k " h B1 e E1: per la prima gli interventi si considerano a partire dal CV=3 fino al 5 e prevede in ogni caso la sostituzione dei gabbioni metallici e il loro nuovo riempimento, mentre per il rilevato passante ai normali interventi sul calcestruzzo si aggiungono la sistemazione del terreno della scarpata con successivo rinverdimento o la fornitura e posa in opera di blocchi di rivestimento in conglomerato cementizio.

I costi sono espressi in euro/m² di spalla.

2.1.4.6 Terrapieno di accesso

Sono 3 le tipologie esaminate:

- Senza protezioni (A1);
- Con protezioni in calcestruzzo (B1);
- Con protezioni in geogriglie o affini (B2).

Le lavorazioni variano a seconda del CV: in condizione 2 consistono nello sfalcio ed il suo consolidamento compreso il rinverdimento.

Per le condizioni più gravose si adottano soluzioni diverse a seconda della tipologia: rinverdimento e recupero ambientale della scarpata in terra mediante fornitura e messa in opera di pannelli in rete metallica elettrosaldata fissata al substrato mediante infissione di chiodi di ancoraggio per la A1; fornitura e posa in opera di blocchi di rivestimento in conglomerato cementizio incastrabili tra di loro per la B1; terra rinforzata utilizzando geogriglie di rinforzo e biostuoie di contenimento per la B2.

Tutti i costi sono dati in euro/m² di superficie di terreno sistemata.

2.1.4.7 Muro di sostegno

Ha la funzione di sostenere il rilevato o il materiale sul pendio della strada e differisce dal muro di spalla. Se ne sono analizzate 5 diverse tipologie:

- Di gabbioni (A1);
- Gettato in opera di muratura (B1);
- Gettato in opera o prefabbricato in calcestruzzo armato (C1);
- In terra armata (D1);
- In terra rinforzata (E1).

Le lavorazioni e i costi per le prime tre tipologie riprendono in modo identico quelle descritte per pile e spalle, considerando anche in questo caso il CV=5 come lavoro di manutenzione non valutato, per i motivi suddetti; anche per questo elemento il foglio elettronico mette opportunamente in evidenza questo fatto.

Per la terra armata, tranne per le condizioni 2 e 3 in cui si interviene semplicemente sul calcestruzzo, si è trattato di creare il costo della lavorazione perché i prezziari erano sprovvisti di una voce specifica in merito. Basa p f q " n ø c p c n k u k " u w " c n e w p k t k x k u v g " f g n " u g v v q t g " * D c i q | | k " g " c n v t k . " 4 2 2 5 degradata e inserire opportune barre di armatura zincate con funzione di tiranti a cui vengono agganciati i pannelli prefabbricati in ca che fanno da contenimento al terreno.

R g t " k n " r w p v q " G 3 < " u k " r c t v g " f c " E X ? 4 " e q p " n q " u scarpati, fino ad arrivare al CV=4 e 5 in cui si utilizza terra rinforzata con geogriglie e biostuoie di contenimento.

2.1.4.8 Fondazioni di pile e spalle

Nelle schede di valutazione visiva erano state prese in considerazione 6 diverse tipologie:

- Superficiali in ca (A1);
- Su pali o micropali in acciaio (B1);
- Su pali o micropali in ca (B2);
- Su pali in legno (B3);
- A pozzo (C1);
- Con tiranti in acciaio (D1).

Non è stata assegnata, invece, alcuna voce sui costi di manutenzione e, nella maggior parte, dei casi, nemmeno una precisa valutazione di degrado vista la notevole difficoltà di i k w f k | k q " g " n ø k o r q u u k d k ni ripristino senza conoscere la natura del terreno in situ. Sarebbero, quindi, necessarie prove specifiche con adeguata strumentazione; non sono presenti schede di valutazione tecnico-economica in appendice.

2.1.4.9 Impermeabilizzazione

Le tipologie considerate sono 2 ognuna delle quali associata a due distinti tipi di pavimentazioni:

- Membrane con pavimentazione bituminosa (A1);
- A spruzzo con pavimentazione bituminosa (A2);
- Membrane con pavimentazione lapidea (B1);
- A spruzzo con pavimentazione lapidea (B2).

Si sono distinti due tipi di impermeabilizzazioni: le membrane prefabbricate per condizioni ambientali normali, a spruzzo da adottare in ambienti aggressivi.

Le lavorazioni consistono nella demolizione della pavimentazione, nella bocciardatura della soletta per asportare i residui della vecchia impermeabilizzazione, p g n n ø k o r g t o g c d k n k | | c | k q p g " x g t c " g " r t q r t k c . " lavorazioni di ripristino del calcestruzzo ammalorato della soletta.

Gli interventi sono legati a quelli necessari sulla pavimentazione con CV pari a 4 o a 5 (demolizione e ricostruzione), e la scheda ne tiene conto evitando di sovrapporne i costi. Le voci di manutenzione sono espresse in euro/m².

2.1.4.10 Pavimentazione

Le 2 tipologie incontrate nelle ispezioni sono:

- Moderna flessibile in materiale bituminoso (A1);
- Tradizionale in materiale lapideo (B1).

Nel caso A1 per ogni CV da 2 a 5 si hanno le relative lavorazioni: dalla risarcitura delle lesioni (CV=2), al rifacimento dello strato di usura dopo la necessaria fresatura (CV=3), fino alla demolizione e successivo rifacimento di binder e strato di usura con conglomerato bituminoso con caratteristiche antiskid e drenanti (CV=4 e 5).

Per quanto riguarda la tipologia B1 si parte da CV=3 con la fornitura di pavimento in porfido fino ai CV=4 e 5 con demolizione e successive ripristino dei blocchetti di porfido. In entrambi i casi, i prezzi sono dati in euro/m² di pavimentazione.

2.1.4.11 Guard-rail

Si tratta di:

- Sicurvia deformabili (A1);
- New-Jersey e altre barriere in ca (B1).

In entrambi i casi le lavorazioni partono da CV pari a 3 fino a CV uguale a 5; per i sicurvia deformabili i costi sono gli stessi per le tre condizioni e prevedono la demolizione delle barriere esistenti e la fornitura di nuove del tipo H4 a tripla onda rispondenti alle richieste della normativa.

Nel caso della tipologia B1 per CV=3 si prevede il riposizionamento del New-Jersey disassato e la fornitura di mancorrente; per gli altri due CV è prevista la demolizione e la fornitura di mancorrente. I costi sono espressi in euro/m di barriera.

La barriera è stata inserita come facente parte del presente elemento.

In presenza di un marciapiede con ciglio di altezza 20 cm tale elemento può non esserci, anche se ne auspica comunque la presenza in ogni caso.

I costi sono espressi in euro/m di barriera.

2.1.4.12 Giunti

Sono state esaminate 3 tipologie:

- A pettine (A1);
- In gomma armata (B1);
- Di sottopavimentazione (C1).

Sono state considerate lavorazioni solo per i CV da 3 a 5, escludendo il CV pari a 2.

Per i primi due casi alla condizione 3 si è ritenuto di intervenire risistemando i bordi laterali del giunto e la parte inferiore che ha funzione di protezione delle strutture. La lavorazione consiste nella completa sostituzione del giunto: poiché il prezzo varia a seconda delle dimensioni, il prezzo è stato inserito in modo automatico nel foglio elettronico.

Nel trattare il giunto di sottopavimentazione non si è fatta distinzione di lavorazioni tra i giunti tampone polimerico di dilatazione e continuità, senza distinzione alcuna per le diverse dimensioni delle escursioni, considerando che tale tipologia è adottata su luci piuttosto ridotte.

I prezzi di intervento sono espressi in euro/m di giunto.

2.1.4.13 Marciapiede

Si distinguono 2 tipologie in relazione al materiale utilizzato:

- In calcestruzzo (A1);
- In acciaio (B1).

Per la prima tipologia si considerano (a partire da CV=3) i normali interventi sul calcestruzzo; per il tipo in acciaio, in condizione 3 si prevede la sabbiatura e la riverniciatura, mentre per i CV=4 e 5 le lavorazioni consistono nella demolizione e nella

portante e grigliato). Le protezioni laterali sono comprese nella successiva voce parapetto. considerata come un intervento strutturale e questo esula dai lavori di manutenzione analizzati in questo studio; ciò non significa che un intervento in questo senso non sia necessario, visto che anche il D.M.LL.PP del 04/05/1990 fa specifico riferimento sulla necessità di tale elemento, segnalando anche le misure minime.

2.1.4.14 Parapetto

Sono 4 le tipologie prese in esame:

- Reticolo di barre o tubi in acciaio (A1);
- Reti (B1);
- Barriere antirumore (C1);
- Muri laterali in muratura (D1).

Tranne che per la tipologia C1 i CV interessati delle lavorazioni vanno dal 2 al 5; per A1 e B1 si va dalla semplice riverniciatura, alla sostituzione di sostegni danneggiati fino alla demolizione e successiva fornitura e posa in opera del parapetto.

Per la tipologia B1 si è tenuto conto nel foglio di calcolo dei diversi prezzi dovuti alla possibilità di installazione su sovrappassi autostradali o ferroviari che prevedono reti particolari con costi diversificati.

Le barriere antirumore possono essere sostituite in condizione 4 o 5 mentre per le altre non si sono forniti interventi specifici.

La tipologia D1 prevede le lavorazioni tipiche effettuabili sulla muratura a seconda del

I prezzi sono forniti in euro/m di parapetto.

2.1.4.15 Smaltimento delle acque

Rispetto alle 4 tipologie delle vecchie schede di valutazione se ne sono prese in considerazione solamente 2:

- Dalla soletta (A1);
- Dal rilevato (B1).

e posa in opera di nuove canalette in conglomerato cementizio; per queste lavorazioni il prezzo è fornito in euro/m di scarico su cui si interviene.

Per ciò che riguarda il sistema di smaltimento delle acque dalla soletta, gli interventi necessari iniziano dalla condizione 3 con la fornitura di tubazioni in PVC con tutti gli

I costi sono forniti in euro/m di tubazioni da sostituire o aggiungere e, nel foglio

formazione ex novo di scari e j k " g " p g n n ø c f g i w c o g p v q " f g n n g " v w
prezzo è fornito in euro/scarico e la lunghezza delle tubazioni è scelta in base alle altezze
di impalcato dei manufatti più ricorrenti.

2.1.4.16 Accessori

Per riassumere vari tipi di accessori anche molto diversi tra loro, si è scelto di considerarne soltanto una che ne riassume alcune e le suddivide a seconda del CV:

- Illuminazione e segnali stradali (A1).

In CV=3 troviamo il costo per il rifacimento della segnaletica orizzontale espressa in euro/m.

In corrispondenza della condizione 4 si interviene a sostituire la lampada degli eventuali punti luci distribuiti sul manufatto e il prezzo è dato in euro/punto luce.

Il CV pari a 5 è caratterizzato da un intervento più profondo sui punti luce con la verniciatura del palo, la sostituzione del proiettore e delle eventuali lampade danneggiate: anche qui il costo è fornito in euro/punto luce.

Viene qui di seguito riportato un esempio di scheda di valutazione tecnico-economica,

CV	Stato di deterioramento	Possibili interventi e costo di ripristino (euro/m o euro/cad)	Costo totale unitario euro/m o euro/cad
1	Nessun difetto significativo	Nessun intervento	0.00
2	* Assenza o inadeguatezza degli accessi alla struttura	Nessun intervento	0.00
3	*Inadeguatezza dei segnali stradali * Problemi rilevati sui materiali costituenti condotte, impianti di illuminazione, segnali	Esecuzione di segnaletica orizzontale di nuovo impianto o ripasso costituita da strisce, larghe fino a 12 cm, continue o intermittenti, nelle forme e dimensioni previste dal Codice della Strada e dal suo Regolamento di Attuazione da eseguirsi, con vernice premiscelata rifrangente con impiego di vernice non inferiore a 100 gr/mq, mediante applicazione a spruzzo. Detta segnaletica dovrà essere perfettamente visibile sia di giorno che di notte indipendente dallo stato di manutenzione del piano stradale e dalle condizioni atmosferiche per tutta la durata della garanzia fissata un anno. Sono compresi e compensati nel prezzo: -la preventiva pulizia delle superfici; -la fornitura della vernice rifrangente compresi gli eventuali necessari diluenti; -l'eventuale utilizzo di macchina traccialinee; -gli oneri per la manodopera, l'attrezzatura e i macchinari necessari per la buona esecuzione delle opere, il montaggio, lo smontaggio e gli spostamenti di tutte le attrezzature e materiali occorrenti, compresi tutti gli apprestamenti e le cautele, di qualsiasi tipo e genere, che siano necessarie per una corretta esecuzione del lavoro e garantire l'incolumità delle persone e delle cose.	0.75 euro/m
4	*Non funzionamento di eventuali impianti di illuminazione	Sostituzione di lampada compresa la pulizia, la revisione dell'armatura e l'allontanamento della lampada esaurita	52.00 euro/cad
5	*Rotture di cavi o condotte *Manacanza di segnali stradali *Danni gravi ai punti luce	Verniciatura di pali con due mani di vernice del tipo colore che indicherà la D.L., previa asportazione e pulizia delle ossidazioni, compresa una mano di antiruggine, compreso ogni onere per l'impiego delle opportune attrezzature (euro/cad 45.00) Sostituzione di proiettore compreso lo smontaggio e l'eventuale recupero della lampada e/o dell'armatura (euro/cad 380.00) Sostituzione di lampada compresa la pulizia, la revisione dell'armatura e l'allontanamento della lampada esaurita (euro/cad 52.00)	477.00 euro/cad

Tabella 2.1 Esempio di scheda di valutazione tecnico-economica

3 Applicazione dettagliata della scheda al ponte u w n " ò V q t t g p V k o q p e j k q ö " r t g u u q " O c t c p q " X k e

Con il presente capitolo si vuole chiarire, attraverso un esempio pratico, tutti i passaggi necessari alla schedatura dei manufatti, partendo dalle ispezioni, passando per la valutazione dello stato di degrado dei vari elementi, fino ad arrivare a fornire un voto u w n n ø w t i g p | c " e q o renug uostk di cnässifnk delle lavorazioni dip v q manutenzione, atte a riportare il ponte ad una completa efficienza e funzionalità di tutte le sue parti.

Per la notevole quantità di materiale raccolto in proposito, si è scelto di trarre nello specifico il ponte sul ò ðrente Timonchio ö . " q r g t c " r q u v c " u w n n c " u v t c trova nel comune di Marano Vicentino (VI).

3.1 Raccolta di dati e informazioni sul manufatto

Vi.abilità S.p.a. ha messo a disposizione del Dipartimento di Costruzioni e Trasporti dell'Università di Padova l'elenco completo dei ponti oggetto di indagine, insieme alle informazioni principali ad essi inerenti. Tali dati riguardavano principalmente:

- Il nome del ponte;
- La strada nella quale esso è situato;
- Il chilometraggio corrispondente;
- Il comune di appartenenza del ponte;
- La superficie di competenza dell'impalcato;
- Indicazioni sommarie sulla tipologia strutturale;
- Un numero identificativo assegnato da Vi.abilità.

U q p q " u v c v k " k p q n v t g " h q t p k v kizzoginGoogle Maps,per h q v q i t permettere la valutazione dello stato delle opere in oggetto.

3.2 Valutazione dei singoli elementi e inserimento dei dati

Sulla base delle schede che associano alle singole condizioni un determinato CV (Bergo, Schiavon, 2002), si val w v c p q " v w v v k " i n k " g n g o g p v k " g " u k " k p u colonna predisposta nel foglio di calcolo.

La determinazione dei CV non ha subito variazioni di valutazione, mentre alcuni cambiamenti sono stati apportati nella suddivisione delle tipologie dei vari elementi: nelle misure geometriche e numeriche per poter fornire il valore di massima del possibile costo totale di manutenzione del manufatto.

3.2.1 Dati generali raccolti durante le ispezioni:

- Identificazione numerica: 287
- Nome: R q p v g " u w N k Õ V q t t g p v g " V k o q p e
- Progressiva chilometrica: 4,64 km
- Località: Marano Vicentino
- Strada: SP 10
- Ostacolo superato: torrente Timonchio
- Anno di costruzione: -
- Materiale: ca - cap
- Tipologia: travi semplicemente appoggiate
- Numero di campate: 2
- Massima luce della campata: 12.8 m
- Luce totale: 22.8 m
- Larghezza: 7.6 m
- Angolo di incidenza : 90°
- Marciapiedi: SI
- Pile in alveo: 1



Cartografia del ponte - Vi.abilità



Foto del ponte 1 - Vi.abilità



Foto del ponte 2 - Vi.abilità



Foto del ponte 3 - Vi.abilità



Foto del ponte 4 óVi.abilità



Foto del ponte 5 óVi.abilità

3.2.2 Analisi degli elementi del ponte

Vengono analizzati ad uno ad uno i singoli elementi, evidenziando, attraverso fotografie, tutte le caratteristiche e il modo in cui si è arrivati alla determinazione dei CV; inserendo poi gli aspetti geometrici e tipologici si arriva a delineare il costo di manutenzione.

3.2.2.1 Elementi longitudinali

La tipologia del componente è A2 (travata in cap): 9 travi prefabbricate semplicemente appoggiate in calcestruzzo armato precompresso.

Facciamo nota:

- Parziale scolorimento del calcestruzzo e macchie di ruggine: CV=3;
- Tracce di umidità: CV=2.

Si assegna, cercando di mediare sulle diverse valutazioni, un CV pari a 3 (difetti moderati che potrebbero causare danni), successivamente si calcola il costo di manutenzione per metro lineare di travata, che risulta di 385,00 euro/m. Il costo complessivo per le 9 travi è di 3465,00 euro.

La voce di costo (pari a 385,00 euro/m), prevede demolizione corticale di porzioni di strutture, rivestimento anticorrosione, ripristino di strutture degradate in calcestruzzo ed il successivo trattamento protettivo.

3.2.2.2 Pila

La tipologia del componente è B2 (muro in ca): un muro di ca di larghezza 7.6m e altezza 3.5m, inoltre il pulvino ha un'altezza di 0.8m.

I difetti visibili per le pile risultano essere:

- Camicie protettive corrose: CV=2;
- Forte tracce di umidità: CV=2;
- Infiltrazioni di acqua, efflorescenze, incrostazioni, tracce di sali: CV=3.

Si assegna un CV pari a 3 (difetti moderati che potrebbero causare danni), dopo aver compilato la scheda con le misure, si ricava che il costo complessivo per le lavorazioni sulla pila è di 9,097.20 euro, partendo da un prezzo unitario di 95 euro/m².

Nel caso di CV=5 la scheda non tiene conto della pila nel costo globale di manutenzione poiché, in tali condizioni, si tratta di interventi strutturali che coinvolgono le fondazioni e il pilastro. Oggi viene segnalato questo fatto da una colorazione blu della casella di costo e da una segnalazione scritta al di sotto del costo finale.

3.2.2.3 Elementi trasversali

Si tratta di traversi in ca identificati con la sigla A1: ce ne sono 4 per ogni campata, due di testata e due di campata posti ai terzi delle travi.

I difetti riscontrati sono:

- Forti tracce di umidità: CV=2;
- Infiltrazioni di acqua, efflorescenze, incrostazioni, tracce di sali: CV=3;
- Scolorimento del calcestruzzo, macchie di ruggine: CV=3;
- Nidi d'acqua: CV=3.

Considerando i punti sopra indicati si assegna agli elementi trasversali un CV pari a 3 (difetti moderati che potrebbero causare danni); dopo aver compilato la scheda con le misure, si ricava che il costo globale per la manutenzione dei traversi è 15,504.00 euro, partendo da un prezzo unitario delle lavorazioni di 255 euro/m.

3.2.2.4 Soletta

La tipologia utilizzata è la B1 (realizzata in opera in ca): è stata realizzata con lastre di tipo predalles prefabbricate.

Per quanto riguarda il cemento soletta si evidenziano:

- Scolorimento del calcestruzzo, macchie di ruggine, dilavamento superficiale, causati da una impermeabilizzazione non del tutto sufficiente: CV=3;
- Limitati depositi di sali: CV=3.

Per quanto riguarda i difetti caratterizzati da un CV=3, si assegna un coefficiente generale CV=3 (difetti moderati che potrebbero causare danni); dopo aver compilato la scheda con la misura della superficie interessata dagli interventi, si ricava che il costo complessivo per la manutenzione è di circa 22,717.92 euro, partendo da un prezzo unitario di 94 euro/m².

Sulla soletta sarebbero stati assorbiti da quelli necessari per la sistemazione del sistema di drenaggio (invece di quelli necessari per la sistemazione del sistema di drenaggio).

3.2.2.5 Apparecchi di appoggio

Per quanto riguarda gli apparecchi di appoggio (invece di quelli necessari per la sistemazione del sistema di drenaggio).

3.2.2.6 Dispositivo antisismico

Per quanto riguarda il dispositivo antisismico (invece di quelli necessari per la sistemazione del sistema di drenaggio) assegnata alcuna valutazione né sullo stato di conservazione né sui costi di manutenzione poiché un intervento, sia di installazione sia di eventuale sostituzione, necessiterebbe di una specifica analisi, che esula dalla valutazione visiva di partenza del presente studio.

3.2.2.7 Spalle

La sigla della tipologia è A1 (a mensola in ca).

K p " d c u g " c n n ø q u u g t x c | k q p g " u k " p q v c <

- Difetti superficiali del calcestruzzo: CV=2;
- Tracce di umidità diffuse e vistosa vegetazione: CV=2;

Si assume CV=2 (difetti minori che non portano danni); il costo complessivo per le lavorazioni sulle due spalle è di quasi 7,220.00 euro, con un prezzo unitario di 95 euro/m².

3.2.2.8 Terrapieno di accesso

Non è presente in quanto il ponte trova il dislivello da superare nel letto del fiume, mentre le due parti laterali della statale rimangono allo stesso livello senza necessità di un terrapieno.

In quanto elemento non esistente, le caselle del CV e del costo di manutenzione sono entrambe vuote.

3.2.2.9 Muro di sostegno

Non è presente.

3.2.2.10 Fondazione della spalla e della pila

R g t " n ø k o r q u u k d k n k v « " f k " f c t g " w p " i k w f k | k q " x k u k
caso dei dispositivi antisismici, non ci sono schede di valutazione tecnico-economica in appendice.



Foto ponte di Marano Vicentino SPX - Google Maps

3.2.2.11 Membrana di impermeabilizzazione

Dalla consultazione del progetto si è venuti a conoscenza della presenza della tipologia A1 (membrana prefabbricata con pavimentazione in conglomerato bituminoso).

U k " p q v c p q " u q n q " n k g x k " q p f w n c | k q p k " f g n n c " r c x k o g
Si assume quindi un CV=2 (difetti minori che non portano danni).

N ø g n g o g p v q " k p " s w g u v k q p g " 3 " u v t g v v c o g p v g " e q p p g
spiegato in preced g p | c + " u k c " c " s w g n n c " f g n n c " r c x k o g p v c | k q p
prevedendo cioè la demolizione e la successiva ricostruzione dello strato di collegamento e dello
strato bituminoso, queste operazioni non dovrebbero essere comprese alla voce
impermeabilizzazione.

3.2.2.12 Pavimentazione

La tipologia è quella comunemente utilizzata di pavimentazione flessibile in materiale bituminoso che è stata identificata con la sigla A1.

Sono presenti:

- Ondulazioni superficiali: CV=2;
- Tracce di ruote solo percepibili: CV=2.

La pavimentazione a cui si assegna un CV globale pari a 2 (difetti minori che non portano danni).

Il costo complessivo risulta pari a 606.48 euro, partendo da un prezzo unitario di 3.5 euro/m².

3.2.2.13 Guard-Rail

Il ponte in oggetto non presenta alcun dispositivo di ritenuta, nonostante la presenza di marciapiede;
e q p u g i w g p v g o g p v g " n c " x c n w v c | k q p g " f k " s w g u v q " c u
(elemento non funzionale o inesistente).

Si prevede:

Fornitura e posa in opera di barriere di sicurezza laterale bordo ponte in acciaio monofacciale con
| k p e c v w t c " f k " 5 2 7 " i l o s " r g t " n c v q . " t g v v g " q " e w t x
Capitolato Speciale, compresa la fornitura in opera di eventuali piastre di ancoraggio ai manufatti e
t g n c v k x k " v k t c h q p f k . " p q p e j 2 " s w c n u k c u k " c n v t q " q p
normativa vigente. Compreso, altresì, i dispositivi rifrangenti da applicarsi di norma, a distanza di
ogni tre elementi o a seconda delle indicazioni della D.L. Modello a tripla onda H4.

Il costo complessivo risulta pari a 8,048.40 euro.

3.2.2.14 Giunto

Vi è assenza del giunto, conseguentemente il CV=5 (elemento non funzionale o inesistente).

Si prevede:

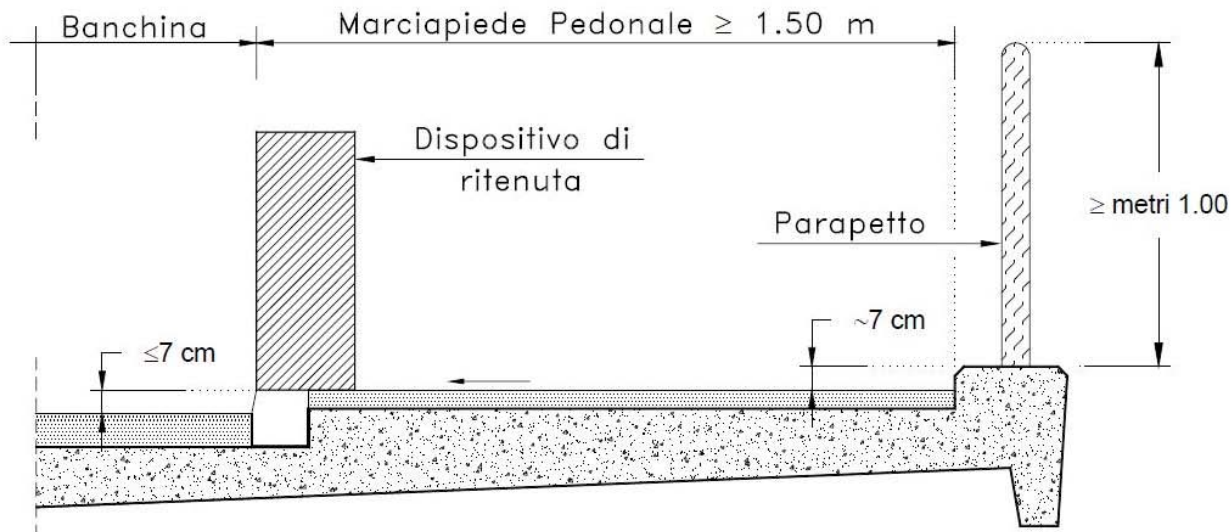
fornitura e posa in opera di giunto di dilatazione e impermeabilità per impalcati di ponti e viadotti realizzando con elementi in neoprene armato avente le caratteristiche specificate nel Capitolo U r g e k c n g " f ø C r r c n v q " t k p h q t | c v q " e q p " k p u g t v k " o g v interamente conglobati nella gomma per evitare corrosioni; essi devono essere inoltre disposti in modo tale che in qualsiasi sezione verticale del giunto sia presente almeno un inserto metallico. Le armature metalliche in corrispondenza della fenditura della struttura devono essere dimensionate per sopportare i carichi stradali previsti. In nessun punto lo spessore del giunto deve essere inferiore a 10mm.

Il costo complessivo risulta pari a 3,739.20 euro.

3.2.2.15 Marciapiede

N ø g n g o g p v q m a p r e s e n t a u g s o g g i o n a m e n t o p e r q u a n t o r i g u a r d a l a l a r g h e z z a , i n f a t t i c o m e p o s s i a m o v e d e r e d a l l a s e g u e n t e i m m a g i n e , i l m a r c i a p i e d e p e d o n a l e d o v r e b b e e s s e r e l a r g o a l m e n o 1.5m q u a n d o i n v e c e r a g g i u n g e a l m a s s i m o i l m e t r o d i l a r g h e z z a . C o n s e g u e n t e m e n t e a c i o s i è a r r i v a t i a a s s u m e r e u n C V p a r i a 5 .

Il costo complessivo risulta pari 9,120.00 euro.



Disposizione e dimensionamento dei margini stradali: banchina, marciapiede, dispositivo di ritenuta

3.3 Calcolo dei valori di TSR e di ESR

Per completare la scheda relativa al ponte in oggetto devono essere identificati degli altri fattori. I Location Factor e i pesi W_i vengono automaticamente assegnati dalla tabella di calcolo secondo quanto indicato nel primo capitolo. Rimangono da definire:

a) *Road Type*

La direttrice lungo cui è posto il ponte è una strada provinciale; la tabella 1.10 indica $RT=0.95$.

b) *Traffic Index*

La strada provinciale SP 10, secondo la tabella 1.11 i valori medi di traffico portano a coefficienti $TI=0.95$.

c) *Network Bridge Importance*

Questo coefficiente fa riferimento alla direttrice lungo la quale è posto il manufatto e agli eventuali tragitti alternativi in caso di chiusura del ponte. Ci troviamo nella situazione 2 della tabella 1.12, $NBI=0.98$.

d) *Age Factor*

Non avendo riferimenti sulla data di costruzione si è deciso arbitrariamente di porre $AF=1$.

Si riportano la scheda di valutazione tecnico-economica e una tabella con la sintesi dei valori più significativi, tra cui i valori di ESR, il valore del TSR del manufatto, i costi parziali e totali e

C) C.A.-C.A.P.

Ponte:	8	vi287
--------	---	-------

Tipologia	Elementi	CV	CF	LF	Wel.valutati	Wel.presenti	RT	TI	RF	NBI	AF	ESR	7 c g h c ` 9 ` Y a
A2	Elem.longitudinali	3	4	5	10	10	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	17	79,002.00
B2	Pila	3	4	5	10	10	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	17	9,097.20
A1	Elem.trasversali	3	4	6	9	9	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	20	15,504.00
B1	Soletta	3	4	6	9	9	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	20	22,717.92
	App.Appoggio	0	0	6		9	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	0	0.00
	Disp.Antisismico			6			0.95	0.90	0.86	0.98	1.00		0.00 (*)
A1	Spalla	3	4	7	8	8	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	23	7,220.00
	Terrapieno accesso			7			0.95	0.90	0.86	0.98	1.00		0.00
	Muro sostegno			7			0.95	0.90	0.86	0.98	1.00		0.00
	Fond.Spalla	0	0	8		7	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	0	0.00 (*)
	Fond.Pila	0	0	8		7	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	0	0.00 (*)
A1	Impermeabilizzazione	2	7	9	6	6	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	53	0.00
A1	Pavimentazione	2	7	9	6	6	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	53	606.48
A1	Guard-rail	5	1	9	6	6	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	8	8,048.40
C1	Giunto	5	1	9	6	6	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	8	3,739.20
A1	Marciapiede	5	1	10	5	5	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	8	9,120.00
A1	Parapetti	4	2	10	5	5	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	17	2,120.40
A1	Smalt.acque	3	4	10	5	5	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	34	0.00
A1	Accessori	1	10	10	5	5	0.95	0.90	0.86	0.98	1.00	84	0.00

Σel.valutati	13
Σel.presenti	16
ΣWvalutati	90
ΣWel.presenti	113
CoF	80 > 70
TSRreale	34
TSRminimo	32
TSR	33

Ù [{ { æ c [; ā æ Á & [• c ā Á	157,175.60
Costo di impianto cæ} c ā ^ ^ Á	4,715.27
7 c g h c ` h c h U ` Y ` a U b	161,890.87

(*) L'elemento non è stato oggetto di valutazione

DATI GEOMETRICI

	CL.	Misure	U.M.
luce totale		22.8	m
larghezza piano viabile		7.6	m
ostacolo		f	
campate / archi con luce costante		0	m
travi per ogni campata		9	
cassoni (event. multicellulari)		0	
luce campata		0	m
luce massima		12.8	m
campate / archi con luce max		1	
luce minima		10	m
campate / archi con luce min		1	
archi		0	
solettoni		0	
pile in alveo		1	
pile fuori alveo		0	
pile (totali)		1	
numero colonne circolari per pila		0	
numero colonne prismatiche per pila		0	
diametro colonne circolari		0	m
lato colonne prismatiche		0	m
larghezza pila-muro		7.6	m
larghezza pulvino		7.6	m
altezza pulvino		0.8	m
altezza pile		3.5	m
el. trasversali per campata		4	
sbalzo soletta (eventuale)		0	m
superficie soletta		241.68	m ²
appoggi sulle spalle		0	
appoggi sulle pile		0	
appoggi totali		0	
ritegni antisismici			
spalle		2	
larghezza spalle		7.6	
numero pali/contrafforti per spalla		0	
larghezza singolo palo / contrafforte		0	m
altezza spalle		2.5	m
terrapieni		0	
altezza terrapieno		0	m
larghezza terrapieno		0	m
lunghezza terrapieno		0	m
muri di sostegno		0	
altezza muri		0	m
lunghezza singolo muro		0	m
superficie impermeabilizzazione		241.68	m ²
superficie pavimentazione		173.28	m ²
lunghezza guard-rail		22.8	m

spartitraffico		0	
giunti		0	
giunti necessari (se inesistenti)		1	
escursione		0.0128	mm
larghezza giunti		7.6	m
marciapiedi		2	
larghezza marciapiede		1	m
lunghezza marciapiede		22.8	m
parapetti		2	
lunghezza parapetto		22.8	m
punti luce danneggiati		0	
scarichi danneggiati o inesistenti		2	
lunghezza parti danneggiate		0	m
scarichi da rilevato		0	
lunghezza necessaria scarichi		2	m

4 Rete stradale oggetto di verifica

4.1 Localizzazione dei manufatti

Di seguito viene riportato uno schema della rete della provincia di Vicenza e la localizzazione dei ponti verificati.

I ponti sono in numero di 150. Lo scopo del lavoro è stato quello di determinare, per ogni singolo manufatto, il livello di sicurezza nei confronti dell'azione sismica definita dalla norma, costruendo così una "mappa" generale di vulnerabilità sismica non solo delle singole opere ma anche della rete nel suo complesso. Attraverso uno studio quantitativo è stato possibile, infatti, definire non solo il livello di sicurezza del manufatto nei confronti dell'azione sismica prevista dalla normativa attuale, ma anche l'ammontare dell'ipotetico costo di intervento necessario per la riabilitazione del singolo ponte, e di conseguenza avere una stima della distribuzione dei costi di intervento sull'intera rete di competenza.

Ad un iniziale lavoro di ricerca del materiale progettuale, presso gli archivi di Vi.Abilità S.p.A., consultazione e catalogazione, rielaborazione di tutti i dati geometrici e strutturali contenuti nelle relazioni di calcolo e nelle tavole progettuali, è seguita una campagna di indagini finalizzata al recupero delle numerose informazioni non direttamente deducibili dai progetti, quando disponibili, approfondendo opportunamente l'indagine sulle strutture di interesse prioritario in relazione alla loro importanza strategica e alla pericolosità sismica del sito.

Le opere sono state classificate in funzione dei materiali costitutivi l'impalcato e le opere in elevazione (muratura, c.a., acciaio, legno, pietra) e delle principali tipologie strutturali (semplice appoggio, arco, travata continua).

Per ciascun gruppo, sono stati stabiliti gli elementi strutturali e i meccanismi sismicamente più vulnerabili. In relazione a ciascuna vulnerabilità indagata, sono stati fissati i metodi di analisi e i criteri di verifica.

Data la scala del lavoro, per i ponti semplicemente appoggiati o a travata continua, generalmente si sono svolte analisi lineari, limitando le procedure di analisi statica non lineare alla verifica delle pile e delle spalle e di analisi dinamica non lineare agli appoggi.

In particolare, poi, per i ponti ad arco in muratura e in calcestruzzo non armato, si è ottenuta iterativamente la curva di capacità attraverso la ricerca del moltiplicatore minimo dei carichi orizzontali.

