

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)  
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)  
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)  
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)  
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)  
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA</p>  <p>Ing. E.M. Veje Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
---	--	--	--

<p><i>Unità Funzionale</i></p> <p><i>Tipo di sistema</i></p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i></p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i></p> <p><i>Titolo del documento</i></p>	<p>OPERA DI ATTRAVERSAMENTO</p> <p>IMPIANTI TECNOLOGICI</p> <p>ESERCIZIO E MANUTENZIONE</p> <p>Sistema Gestione e Controllo - MACS</p> <p>Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni</p>	<p><b>PI0006_F0</b></p>
---	--	-------------------------

CODICE	<table border="1"> <tr> <td>C</td><td>G</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>P</td><td>1</td><td>W</td><td>D</td><td>P</td><td>I</td><td>T</td><td>M</td><td>4</td><td>C</td><td>3</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>F0</td> </tr> </table>	C	G	1	0	0	0	P	1	W	D	P	I	T	M	4	C	3	0	0	0	0	0	0	0	1	F0
C	G	1	0	0	0	P	1	W	D	P	I	T	M	4	C	3	0	0	0	0	0	0	0	1	F0		

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20/06/2011	EMISSIONE FINALE	HEGJ	JCA	JCA/JCA

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> P10006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## INDICE

INDICE .....	2
1 Relazione di sintesi .....	6
1.1 Elaborazione computerizzata di simulazioni e previsioni (CSP) .....	7
1.2 Gestore eventi .....	8
1.3 Valutazione del ponte .....	8
1.4 Simulazioni del carico di traffico.....	9
1.5 Simulazione strutturale .....	9
1.5.1 Simulazione FE .....	9
1.6 Simulazioni meteo-climatiche .....	10
1.7 Informazioni generali sul CSP .....	10
2 Introduzione .....	11
2.1 Generalità.....	11
2.2 MACS.....	11
3 CSP .....	14
3.1 Generalità.....	14
4 Sommario dei componenti del CSP .....	25
4.1 Gestore eventi (Event Manager).....	25
4.2 Allarmi nel CSP .....	26
4.3 Valutazione del ponte .....	27
4.4 Simulazioni di carico del traffico.....	27
4.5 Simulazione strutturale .....	28
4.5.1 Simulazione FE .....	28
4.5.1.1 Modello FE.....	29
4.6 Simulazioni meteo-climatiche .....	29
5 Analisi e revisione dei dati.....	30
5.1 Analisi dei dati e strumenti disponibili nel CSP .....	31
5.1.1 Analisi dei dati richiesti nel CPS .....	31
5.1.2 Strumenti disponibili nel CSP per l'analisi dei dati .....	32
5.2 Grafici disponibili per i dati in corso di revisione.....	35
5.2.1 Impostazioni generale dei Grafici:.....	35
5.2.2 Grafici XY non standard .....	37

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

5.3	Requisiti della revisione .....	39
5.4	Requisiti speciali della revisione .....	39
5.4.1	Analisi mediante correlazione .....	39
5.4.2	Analisi di frequenza .....	42
5.4.3	Analisi di fatica .....	43
6	Previsioni di carico .....	44
6.1	Immissione dei dati per le previsioni del carico .....	45
6.2	Previsioni del tempo .....	45
6.3	Previsioni del traffico .....	48
6.4	Previsioni della temperatura strutturale.....	55
6.5	Altre visualizzazioni correlate .....	56
6.5.1	Carico del vento nei confronti del carico del traffico (veicolare o ferroviario).....	56
6.5.2	Spostamento e momenti.....	57
6.5.3	Sollecitazione dei cavi .....	58
7	Previsioni per la manutenzione .....	59
7.1	Previsioni di fatica .....	59
8	Comunicazioni fra il CSP ed altri sistemi.....	61
8.1	Database comuni in SCADA e nel MMS.....	62
8.2	MMS.....	62
8.3	SHMS.....	62
8.4	BMS .....	62
8.5	ICMS .....	63
9	Dati dei grafici disponibili per altri sistemi.....	64
9.1	Generalità.....	64
9.2	Dati di uscita generali provenienti dal CSP .....	64
9.2.1	Dati relativi alla temperatura .....	65
9.2.2	Dati relativi al vento .....	65
9.2.3	Dati relativi al carico .....	65
9.2.4	Dati relativi alle sollecitazioni .....	65
9.2.5	Dati relativi agli eventi.....	65
9.2.6	Dati relativi allo spostamento.....	66
9.2.7	Dati relativi all'accelerazione .....	66
9.2.8	Dati relativi alla frequenza .....	66

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

9.2.9	Dati relativi alla fatica.....	66
9.2.10	Dati relativi al canale virtuale.....	67
10	Lista del software proposto.....	67
11	Grafici disponibili nel CSP.....	68
12	Lista dei requisiti.....	68
13	Requisiti minimi della documentazione.....	77
13.1.1	Manuale d'uso.....	77
13.1.2	Manuale di manutenzione.....	78
13.1.3	Guida all'architettura del sistema.....	78
13.1.4	Guida al codice sorgente del software.....	78
13.1.5	Codice sorgente del software stampato.....	78
13.1.6	Guida alla individuazione e risoluzione dei guasti.....	78
13.1.7	Guida alla diagnostica di eventi.....	79
13.1.8	Documenti di controllo qualità.....	79
14	Requisiti minimi del controllo qualità.....	79
14.1	Selezione dei subappaltatori.....	79
14.2	Collaudi.....	79
14.2.1	Certificati.....	80
14.2.2	Collaudo di accettazione in officina.....	80
14.2.3	Test di accettazione sul sito.....	80
14.3	Riparazioni.....	81
14.4	Etichettatura ed identificazione.....	81
15	Requisiti minimi di copyright.....	81
16	Requisiti minimi della durata di vita di progetto e della garanzia.....	82
17	Sviluppo della strategia di manutenzione.....	82
17.1	Analisi dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti (FMECA).....	82
17.2	Raccomandazioni per l'ispezione generale.....	83
17.3	Strategia di riparazione e sostituzione delle apparecchiature.....	83

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## Abbreviazioni

BMS	Bridge Management System - Sistema di gestione del ponte
CSP:	Computer Simulation and Prediction - Elaborazione computerizzata di simulazioni e previsioni
EDMS:	Electronical Document Management System - Sistema di gestione elettronica della documentazione
ICMS:	Information & Coordination Management System – Sistema di gestione delle informazioni e del coordinamento
MACS	Management and Control System- Sistema di gestione e controllo
MMS:	Management, Maintenance and Simulations- Gestione, Manutenzione e Simulazioni
SCADA:	Supervision, Control and Data Acquisition - Supervisione, Controllo e Acquisizione Dati
WSMS:	Work Site Management System- Sistema di gestione del cantiere
TMS	Traffic Management System- Sistema di gestione del traffico
SHMS	Structural Health Monitoring System- Sistema di monitoraggio strutturale

### Altre abbreviazioni:

OCC:	Operation Control Centre- Centro di controllo delle operazioni
I&M:	Inspection and Maintenance - Ispezione e manutenzione
O&M:	Operation and Maintenance- Esercizio e manutenzione
RBI:	Reliability Based Inspection- Ispezione di affidabilità
RCM:	Reliability Centred Maintenance - Manutenzione su condizione
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
UML	Unified Modeling Language- Linguaggio di modellizzazione unificato

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 1 Relazione di sintesi

Il progetto del Ponte sullo Stretto di Messina si definisce come altamente innovativo. Una delle peculiarità risiede senz'altro l'imponenza della campata di 3.300m che è la più lunga del mondo mai progettata. Il ponte sullo Stretto di Messina si estenderà sullo Stretto di Messina, fra la Calabria ed il territorio della penisola italiana e l'isola della Sicilia e costituirà il primo collegamento stabile fra l'Italia e la Sicilia. Il ponte sospeso presenterà una campata principale di 3.300 m, che una volta realizzata sarà la più lunga al mondo.

*La presente relazione descrive il Sistema di Elaborazione Computerizzata di Simulazioni e Previsioni (CSP); si tratta di un sottosistema del Sistema di Gestione e Controllo (MACS). Il CSP sarà in grado di prevedere lo stato futuro del ponte inteso sia come struttura complessiva che parti individuali, che saranno monitorati dal Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS). Sarà inoltre possibile stabilire correlazioni fra gli eventi registrati da tutti i sotto-sistemi e i parametri pertinenti scelti dall'operatore del sistema. Tutte le previsioni richieste dalla specifica GCG.F.06.01, sono state descritte; inoltre, l'utilizzo di canali virtuali per nuove previsioni, potrà facilmente essere aggiunto al sistema qualora ciò sia ritenuto utile per l'esercizio del ponte.*

Il ponte deve essere dotato di un Sistema di Gestione e Controllo (MACS) che permetta all'operatore del ponte di far funzionare la struttura e le installazioni del Ponte e di effettuare la manutenzione in maniera sicura e strutturata.

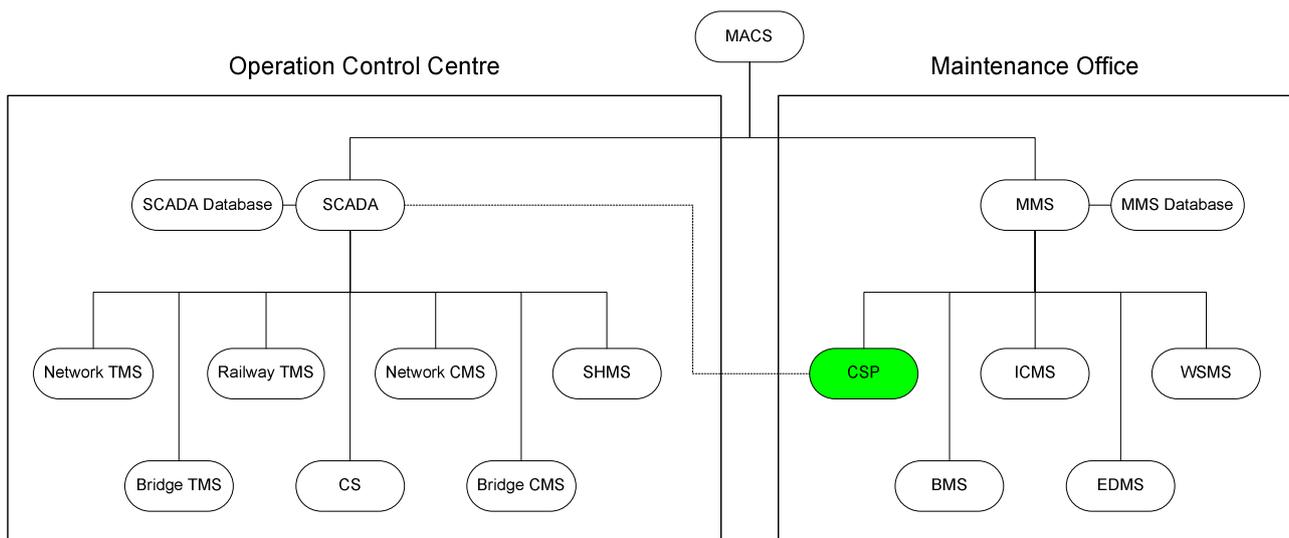
Il Sistema di Gestione e Controllo sarà costituito da un insieme di applicazioni software di controllo con moduli per l'analisi e la gestione ed interfaccia con i seguenti pacchetti di sistemi:

- Monitoraggio (SCADA – descritto nei principi base E&M)
  - Sistema di gestione del traffico (TMS)
  - Controllo e monitoraggio E&M (EMC)
  - Sistema di monitoraggio strutturale (SHMS)
  - Comunicazioni (CS)
  - Monitoraggio della ferrovia (RTMS).
- Gestione, manutenzione e simulazioni (MMS)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Elaborazione computerizzata di simulazioni e previsioni (CSP, illustrato in dettaglio nella presente relazione).
- Sistema di gestione del cantiere (WSMS).
- Pianificazione della manutenzione del ponte (BMS).
- Gestione delle informazioni e del coordinamento (ICMS).
- Sistema di gestione elettronica della documentazione (EDMS).

La Figura 1.1 illustra l'architettura generale del sistema per il MACS mettendo in evidenza il CSP che viene descritto nella presente relazione.



**Figura *Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..1*** Architettura generale del sistema.

Per una descrizione più dettagliata del MACS si rimanda a Gestione e Controllo, doc. N° CG1000-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-01-B.

Questo documento è un piano di definizione della progettazione per il CSP. Non può essere utilizzato come un documento di gara. Si prevede che, nella fase di Progetto Esecutivo, questo documento verrà ulteriormente sviluppato in una Specifica di sistema. Questo piano di progettazione si presenta nel modo indicato di seguito.

## 1.1 Elaborazione computerizzata di simulazioni e previsioni (CSP)

Il Ponte deve essere dotato di un Sistema per l'Elaborazione Computerizzata di Simulazioni e

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> P10006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Previsioni (CSP) che deve far parte del MMS. Il sistema CSP è strettamente collegato al sistema MMS che è descritto nel documento intitolato Gestione e Controllo, doc. N° CG1000-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-00-01-B.

Il modulo per l'elaborazione computerizzata di simulazioni e previsioni conterrà le seguenti applicazioni:

- 1 Gestore eventi
- 2 Valutazione del ponte
- 3 Simulazione di traffico
- 4 Simulazione strutturale
- 5 Simulazione meteo-climatica

Il software di simulazione riceverà i dati dai sotto-moduli per la simulazione, a condizione che tali dati siano pertinenti, in caso contrario tutti i dati utilizzati nel CSP saranno ottenuti tramite i due database di SCADA e di MMS. Il rapporto sui risultati delle simulazioni potrà essere inserito nel modulo EDMS e le conclusioni delle indagini effettuate tramite simulazione potranno essere trasferite all'operatore SCADA, al MBS e ad altri sistemi e persone di pertinenza.

## 1.2 Gestore eventi

L'ICMS raccoglie tutti gli eventi che si verificano nel MACS, compresi gli eventi da fonti esterne che avranno un impatto sul ponte. Il sistema CSP avrà la funzione di raccogliere ed elencare gli eventi provenienti dall'ICMS. Dopo aver letto l'elenco degli eventi provenienti dall'ICMS, il Gestore Eventi di CSP suddividerà gli eventi in gruppi, come sensori, ubicazione e priorità, se applicabile. Il MMS sarà quindi in grado di accedere ai diversi elenchi di eventi classificati/raggruppati o all'elenco di eventi non classificati, che contiene tutti gli eventi registrati dall'ICMS.

## 1.3 Valutazione del ponte

Il CSP si interfacerà con il BMS e recupererà la valutazione corrente del componente del ponte in questione. Il CSP calolerà una valutazione in base ai dati del SHMS e ai dati delle ispezioni visive/osservazioni, che verranno poi assimilati alla valutazione corrente del BMS per ottenere una nuova valutazione complessiva. Sulla base dei calcoli e dell'assimilazione delle valutazioni verrà generata una relazione da utilizzare nel BMS.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il sistema di classificazione utilizzato del CSP sarà stabilito in collaborazione con il BMS in modo da trovare il corretto bilanciamento per i valori calcolati di fatica/utilizzo/carico, ecc. in relazione allo schema di classificazione a 6 punti utilizzato dal BMS.

## 1.4 Simulazioni del carico di traffico

Il SHMS fornirà al CSP i dati del flusso di traffico che consentirà di calcolare e simulare il traffico previsto.

Oltre a ciò il CSP sarà in grado di prevedere le situazioni del traffico tenendo conto delle condizioni meteorologiche previste, come la velocità del vento, la visibilità, la temperatura, ecc.

Il CSP sarà in grado di fornire previsioni sul carico di traffico dinamico a breve termine (10 min.), a medio termine (1-2 ore) e a lungo termine (giorni). Queste previsioni del CSP saranno utilizzate per calcolare la capacità limite di utilizzo del servizio e per tracciare lo stato corrente e lo stato previsto del ponte in relazione al carico. Il carico di traffico corrente e quello previsto verranno riportati nello stesso grafico, in modo da poter identificare facilmente le tendenze del traffico corrente in confronto ai dati storici.

## 1.5 Simulazione strutturale

Il modulo di simulazione strutturale è principalmente il modulo che calcola i carichi e le previsioni nel CSP. I dati utilizzati per calcolare i carichi e per effettuare le previsioni sono forniti dal SHMS e dal BMS. I carichi calcolati e le previsioni, riguardanti per esempio la fatica o le sollecitazioni, saranno utilizzati per l'interpretazione e per il confronto con i limiti di progetto. In base a questi confronti con i carichi e le previsioni sarà effettuata la Valutazione Strutturale. Se una previsione risulta superiore a un determinato limite di progetto, viene inviato un allarme all'operatore SCADA che provvederà quindi a valutare l'importanza e la validità della previsione. In base alla decisione dell'operatore SCADA in merito alla continuazione o all'interruzione dell'allarme, un evento verrà registrato manualmente nel sistema ICMS.

### 1.5.1 Simulazione FE

La simulazione strutturale sarà utilizzata ogni volta che il BMS o un altro sistema pertinente identificherà un problema strutturale che dovrà essere chiarito per quanto concerne il suo impatto sul ponte. Il sistema può inoltre essere utilizzato per simulare e prevedere le prestazioni del ponte

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

per una determinata situazione di carico dinamico e per una valutazione della capacità di carico quando i veicoli per trasporti eccezionali presenteranno domanda di transitare sul ponte.

Il software di simulazione strutturale, attraverso i dati provenienti dal SHMS, sarà in grado di simulare ogni possibile situazione di carico e di confrontarla con i valori misurati sul ponte. Il modello FE utilizzato per la simulazione strutturale dovrebbe essere un modello esistente aggiornato alla documentazione "as-built". Tale modello dovrebbe essere verificato tramite un confronto fra i risultati della simulazione ricavati dal modello FE e i dati registrati dal SHMS.

## 1.6 Simulazioni meteo-climatiche

Le simulazioni meteo-climatiche si baseranno sulla stazione metrologica locale e sulle previsioni effettuate da un istituto meteorologico riconosciuto.

Le previsioni meteorologiche forniranno dati altamente accurati sulla velocità e la direzione del vento, sulla temperatura, sulle precipitazioni e sulla visibilità stimata. I dati saranno disponibili per tutti i sistemi nel MACS con accesso al database MMS.

Il sistema CSP fornirà al SHMS le previsioni relative al vento e al traffico, che saranno anch'esse visualizzate sul SHMS.

I dati ad alta definizione in tempo reale provenienti dal SHMS saranno utilizzati congiuntamente ai dati statistici per la simulazione e la previsione dei carichi del ponte nelle differenti condizioni del vento.

## 1.7 Informazioni generali sul CSP

Il CSP interagirà con i database situati in SCADA (CG1000-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-00-06-B-Design\_Spec\_Mech\_Elec-ANX) e in MMS (si veda il doc. N° CG1000-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-00-01-B). Questi database avranno un'architettura comune in modo da garantire le comunicazioni tra i sistemi. Inoltre il CSP, se necessario, sarà in grado di comunicare direttamente con ognuno degli altri sistemi. Se possibile, il software CSP sarà basato su un software standard, con le estensioni necessarie per ottenere le funzionalità extra che sono richieste, in caso contrario verrà sviluppato un software apposito per gestire le funzionalità necessarie nel CSP.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

## 2 Introduzione

Il presente capitolo fornisce una breve introduzione al ponte ed al singolo sistema pertinente al sistema CSP.

### 2.1 Generalità

Il Ponte sullo Stretto di Messina attraverserà lo Stretto di Messina tra la Calabria, nella parte continentale dell'Italia, e l'isola di Sicilia e costituirà il primo collegamento stabile tra l'Italia e la Sicilia. Il ponte sospeso comprende una campata principale di 3.300 m, che sarà la più lunga costruita al mondo.

Il ponte avrà quattro corsie contrassegnate per i veicoli, due corsie di emergenza e due linee ferroviarie. La sovrastruttura del ponte comprende tre correnti scatolari della struttura ortotropica dell'impalcato separati, uno per ogni estremità della carreggiata, per la Sicilia e l'Italia, ed uno per la ferrovia. I tre correnti scatolari sono connessi da correnti scatolari trasversali distanziati di 30 m. La sovrastruttura è sorretta da paia di cavi di sospensione collegati ad ognuna delle estremità dei traversi. I pendini sono connessi a paia di cavi principali su ciascuno dei lati del ponte (quattro cavi principali) I cavi principali sono ancorati ad ognuna delle estremità del ponte in blocchi di ancoraggio massicci in cemento armato. I cavi principali sono sorretti da due torri principali in acciaio, ognuna delle quali ha un'altezza di 399m sopra il livello del mare. Le torri principali si basano su solette di fondazione continue in cemento armato, che sono sorrette dalle sottostanti formazioni rocciose .

Questo documento è un piano di definizione della progettazione per il CSP. Non può essere utilizzato come un documento di gara. Si prevede che in fase di progetto esecutivo questo documento venga ulteriormente sviluppato in una specifica di sistema. Questo piano di progettazione si presenta nel modo indicato di seguito.

### 2.2 MACS

Il ponte deve essere dotato di un Sistema di Gestione e Controllo (MACS) che permetta all'operatore del ponte di far funzionare il ponte e di effettuare la manutenzione della struttura e delle installazioni del Ponte in maniera sicura e strutturata.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Il Sistema di Gestione e Controllo sarà la piattaforma software di controllo e sarà costituito da un insieme di sottoprogrammi con moduli per l'analisi e la gestione e con interfaccia ai seguenti pacchetti di sistemi:

- Monitoraggio (SCADA – descritto nei principi base E&M)
  - Sistema di gestione del traffico (TMS)
  - Controllo e monitoraggio E&M (EMC)
  - Sistema di monitoraggio strutturale (SHMS)
  - Comunicazioni (COM)
  - Monitoraggio della ferrovia (RTMS)
- Gestione, manutenzione e simulazioni (MMS)
  - Elaborazione computerizzata di simulazioni e previsioni (CSP, illustrato in dettaglio nella presente relazione).
  - Sistema di gestione del cantiere (WSMS).
  - Pianificazione della manutenzione del ponte (BMS).
  - Gestione delle informazioni e del coordinamento (ICMS).
  - Sistema di gestione elettronica della documentazione (EDMS).

La *Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..2** Architettura generale del sistema.*

illustra l'architettura generale del sistema per il MACS mettendo in evidenza il CSP che viene descritto nel presente rapporto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<table border="1"> <tr> <td>Rev</td> <td>Data</td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

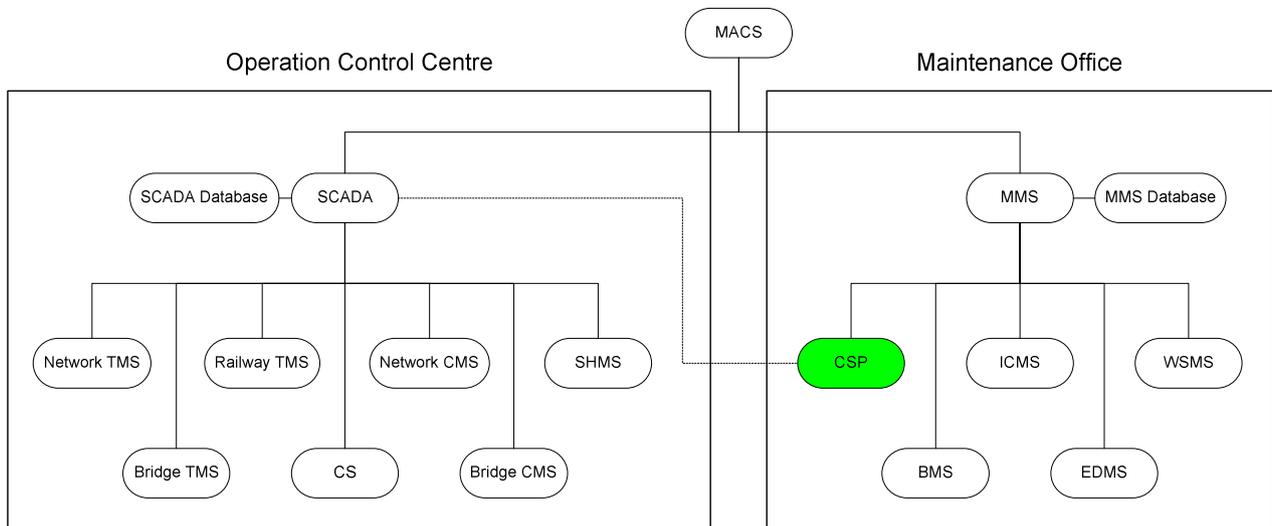


Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..2** Architettura generale del sistema.

Il CSP, che è spiegato nel dettaglio nel presente rapporto, interagirà con il sottosistema sia sotto SCADA che sotto MMS, così come con i dati esterni forniti, come indicato nel diagramma di flusso sotto riportato.

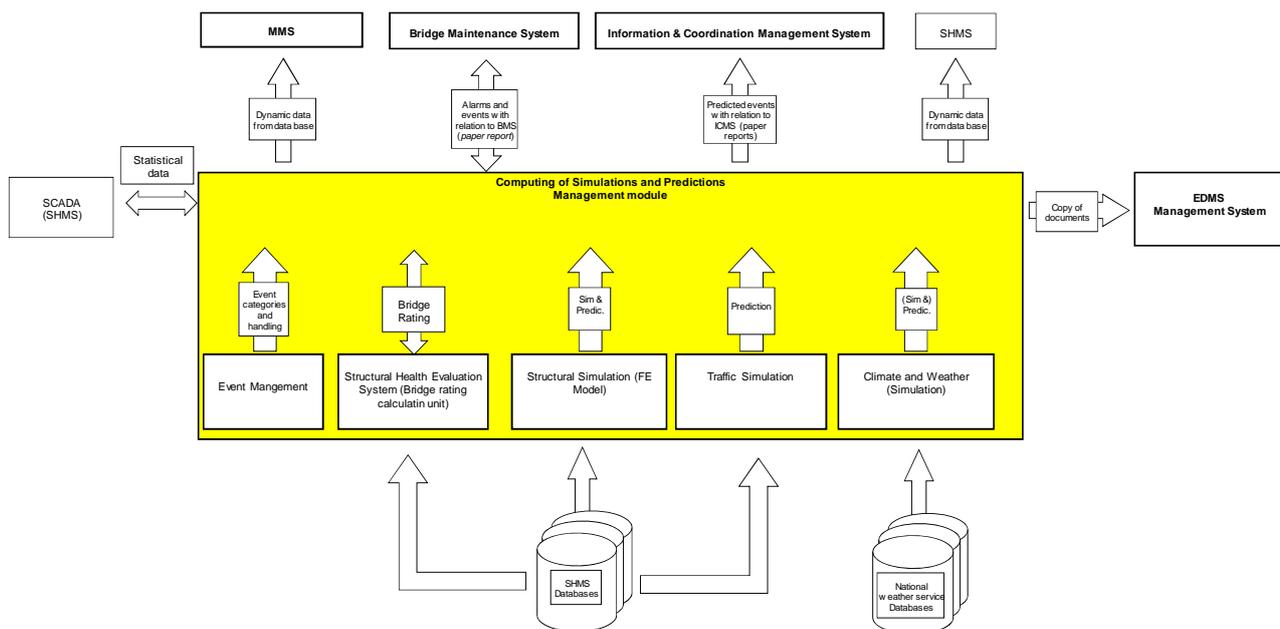


Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..3** CSP e

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> P10006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### *comunicazione dei sistemi*

Alcune di queste funzionalità saranno automatiche, mentre altre richiederanno un input manuale da parte dell'utente. Ne può essere esempio una simulazione di carico nel modulo FE, dove l'utente necessita aggiornare il modello FE con gli ultimissimi risultati provenienti dal BMS e dal SHMS. Ciò dovrà essere eseguito in modo manuale.

Se possibile, il software CSP sarà basato su un software standard, con le estensioni necessarie per ottenere le ulteriori funzionalità richieste, in caso contrario verrà sviluppato un software apposito per gestire le funzioni necessarie nel CSP. Il CSP permetterà all'operatore di fare previsioni sui carichi, gli spostamenti, la fatica e fornirà al MMS i dati dei grafici.

Benché sia possibile interfacciare il CSP mediante il MMS, non tutte le funzioni per l'analisi dei dati sono disponibili mediante questa interfaccia, la quale soddisfa in genere la necessità di resa su grafico/elenco dei dati dai programmi secondari pertinenti. I risultati delle analisi giornaliere dei dati compiute nel CSP avranno la possibilità di essere resi disponibili al MMS.

*Alla Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..3 CSP** e comunicazione dei sistemi*

un sommario delle funzioni individuali Capitolo 4, sotto riportato

## **3 CSP**

### **3.1 Generalità**

Il Ponte deve essere dotato di un Sistema per l'Elaborazione Computerizzata di Simulazioni e Previsioni (CSP) che deve far parte del Sistema di Gestione e Controllo (MACS).

Il modulo per l'elaborazione computerizzata di simulazioni e previsioni conterrà le seguenti applicazioni:

- Gestore eventi (Event Manager)
- Valutazione del ponte
- Simulazioni del traffico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Simulazioni strutturali
- Simulazioni meteo-climatiche

Il software di simulazione avrà la possibilità di estrarre i dati SCADA a scopi di messa a punto e di controllo. Anche i risultati delle simulazioni potranno essere inseriti nel modulo EDMS; le conclusioni delle indagini tramite simulazione potranno essere trasferite sull'ICMS.

La casella utente UML alla Figura 3.1 fornisce una panoramica delle varie interconnessioni e dei flussi di dati, mentre la Tabella 1 presenta una lista degli attori pertinente il sistema CSP.

*Tabella 1 Descrizione degli attori utilizzati nei seguenti diagrammi UML*

<b>Attore</b>	<b>Descrizione</b>
EDMS	- Fornisce report con i dati usati nella simulazione manuale
ICMS	- Fornisce dati di eventi al CSP attraverso il database MMS
MMS	- Tutti gli utenti in MACS
BMS	- Fornisce dati attraverso il database MMS
Database MMS	- Fornisce una piattaforma per lo scambio di dati
Database SCADA	- Fornisce una piattaforma per lo scambio di dati
SCADA:SHMS	- Fornisce dati usati nei calcoli di previsione
Servizio meteo	- Dati meteorologici forniti a/da un servizio meteorologico esterno
operatore SCADA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Persone (3 turni, 24 ore)               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caposquadra 1, 2, 3, 4 e 5.</li> </ul> </li> <li>- Responsabilità:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controllo e comando di funzionamento ed emergenza del ponte</li> <li>• Coordinamento di tutte le parti che svolgono azioni che interferiscono con il ponte</li> <li>• Registrazione del funzionamento ed emergenze</li> </ul> </li> </ul>
Utente	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personale               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingegnere</li> </ul> </li> <li>- Responsabilità:               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esecuzione di calcoli strutturali</li> <li>• Calibrazione del modello FE</li> <li>• Simulazioni strutturali</li> </ul> </li> </ul>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	Codice documento PI0006_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

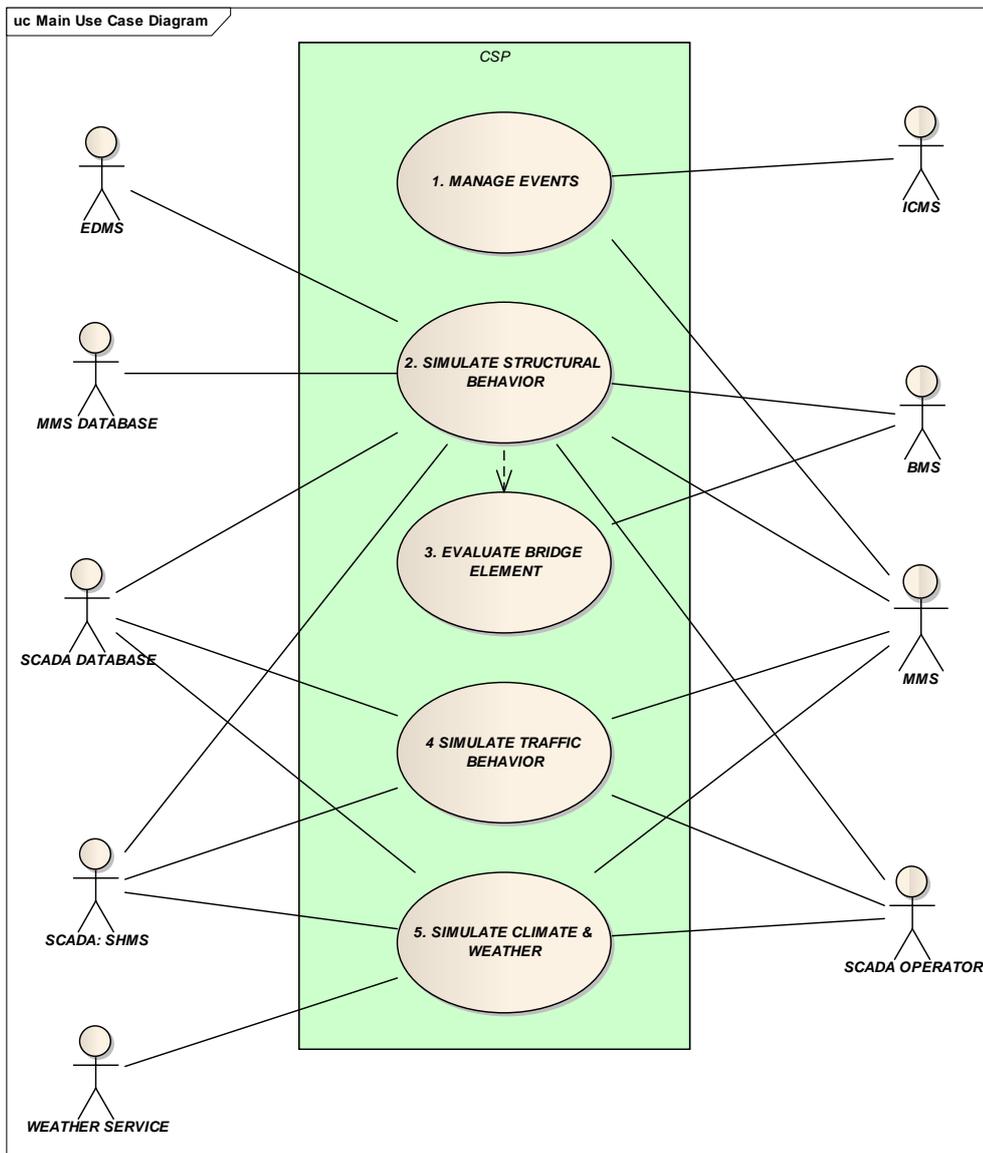


Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.**4 Sistema generale CSP.

La Tabella 2 comprende una breve descrizione dei singoli casi di utilizzo principali all'interno del sistema CPS; la colonna di destra riporta il caso di utilizzo e quella a sinistra ne fornisce una succinta descrizione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

*Tabella 2 Principali casi di utilizzo all'interno del CSP*

<b>Caso di utilizzo</b>	<b>Descrizione</b>
1. Manage Events (Gestisci eventi):	Gestisce gli eventi che hanno relazione con grafici e calcoli nel CSP
2. Simulate Structural Behavior (Simula comportamento strutturale):	Utilizza i dati SHMS per la previsione e simulazione del modo in cui il ponte potrebbe reagire in futuro in relazione alla condizioni attuali
3. Evaluate Bridge Element (Valuta elemento del ponte)	Utilizza dati SHMS, data BMS e dati di previsione per valutare i singoli elementi del ponte e classificarli in base alla scale di classificazione BMS.
4. Simulate Traffic Behavior (Simula comportamento del traffico)	Utilizza i dati del traffico correnti e storici per fare previsioni sui modelli di traffico nel breve, medio e lungo periodo.
5. Simulate Climate & Weather (Simula clima e meteo)	Prevede come saranno le condizioni meteorologiche in futuro. Questo avviene fornendo ad un istituto meteorologico affidabile i dati meteo locali del SHMS per ottenere le previsioni meteorologiche in un modello meteo locale.

Di seguito, i casi individuali di utilizzo visti più nel dettaglio.

La Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..5      Caso di utilizzo per l'Event manger (Gestore eventi) mostra il caso secondario di utilizzo che definisce le funzioni interne del punto1, "Gestisci Eventi", che sono descritte nella Tabella 3 seguente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento PI0006_F0_ITA.docx	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Rev</td> <td style="width: 50%;">Data</td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

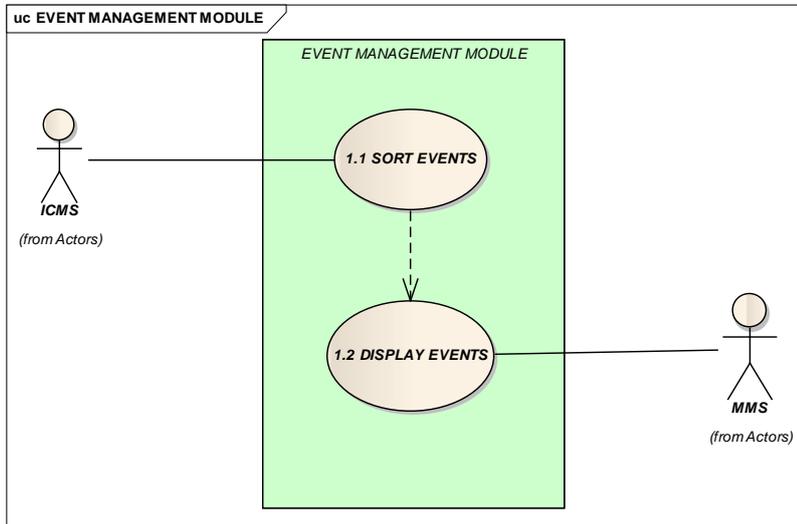


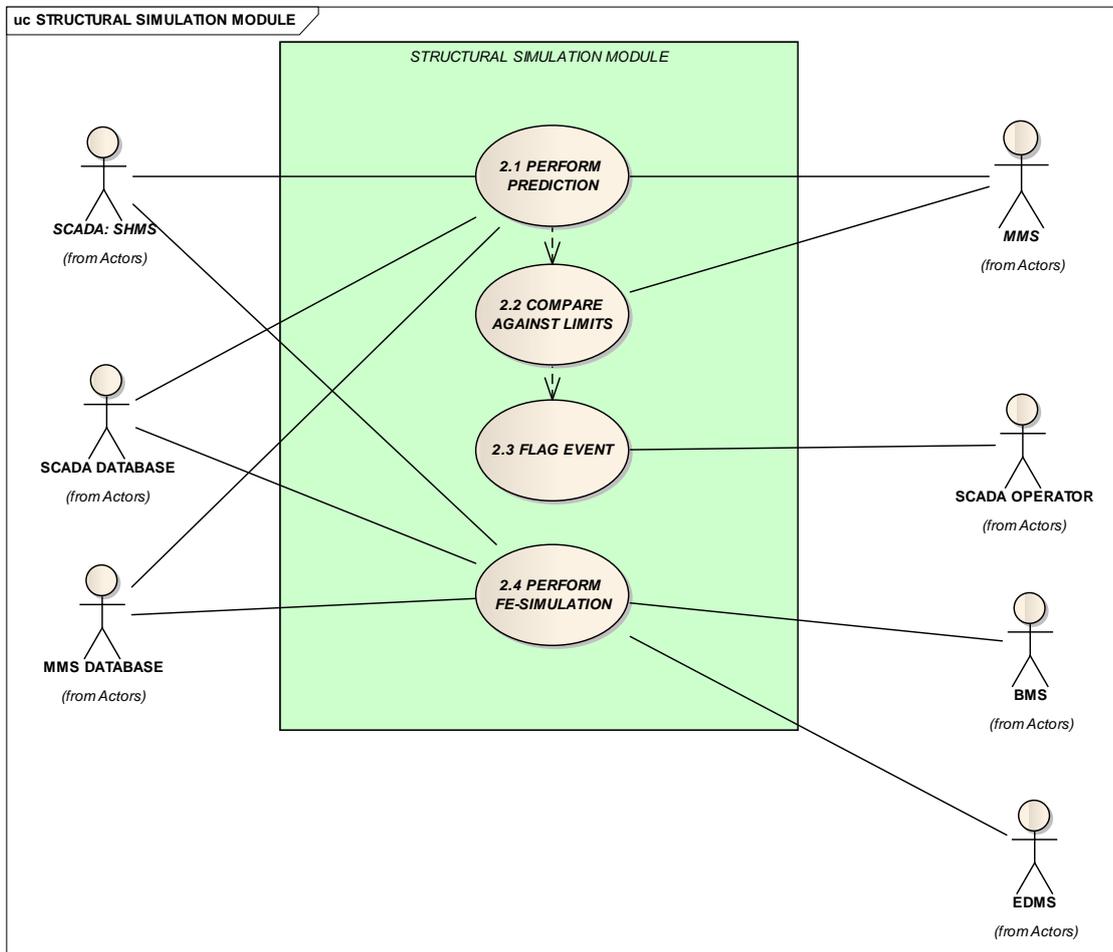
Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..5 Caso di utilizzo per l'Event manger (Gestore eventi)

Tabella 3 Breve descrizione dei principali casi di utilizzo nell'ambito del caso di utilizzo "1. Gestisci eventi"

Caso di utilizzo	Descrizione
1.1 Event sorter (Ordina eventi):	Gli eventi sono associati ad un elenco che può essere ordinato per nome, gruppo o ora. Se un evento interno si verifica nel CSP, sarà instradato nel ICMS.
1.2 Display events (Visualizza eventi) :	Visualizza localmente gli eventi e gestisce le richieste provenienti dal MMS.

La **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata. mostra il caso di utilizzo che definisce le funzioni interne del punto 2," Simula comportamento strutturale:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011



**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** La Figura 3.4 mostra il caso di utilizzo secondario che definisce la funzione interna di “2.1 Esegui previsione” che sono descritti nella Tabella 5 seguente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	Codice documento PI0006_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

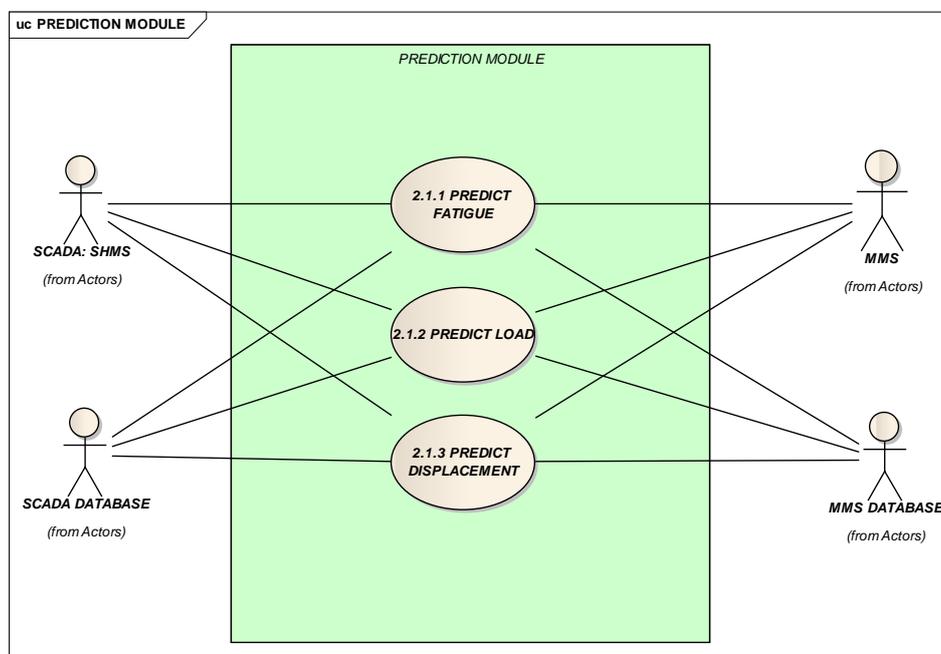


Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..6** Caso di utilizzo secondario "2.1 Esegui Previsione" dal punto "2 Simulazioni strutturali".

Tabella 5 Breve descrizione dei principali casi di utilizzo nell'ambito del caso di utilizzo "2.1 Esegui previsione"

Caso di utilizzo	Descrizione
2.1.1 Predict fatigue (prevedi fatica):	Verrà calcolata la fatica dei componenti del ponte nei quali la sollecitazione strutturale viene monitorata dal SHMS.
2.1.2 Predict load (prevedi carico):	Saranno calcolati i carichi relativi al vento, al traffico e alla temperatura..
2.1.3 predict displacement (prevedi spostamento):	Saranno calcolati gli spostamenti relativi al vento, al traffico e alla temperatura.

La Figura 3.5 mostra il caso secondario di utilizzo che definisce le funzioni interne del punto 2.4: "Esegui simulazione FE" che sono descritti alla Tabella 6 seguente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	Codice documento PI0006_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

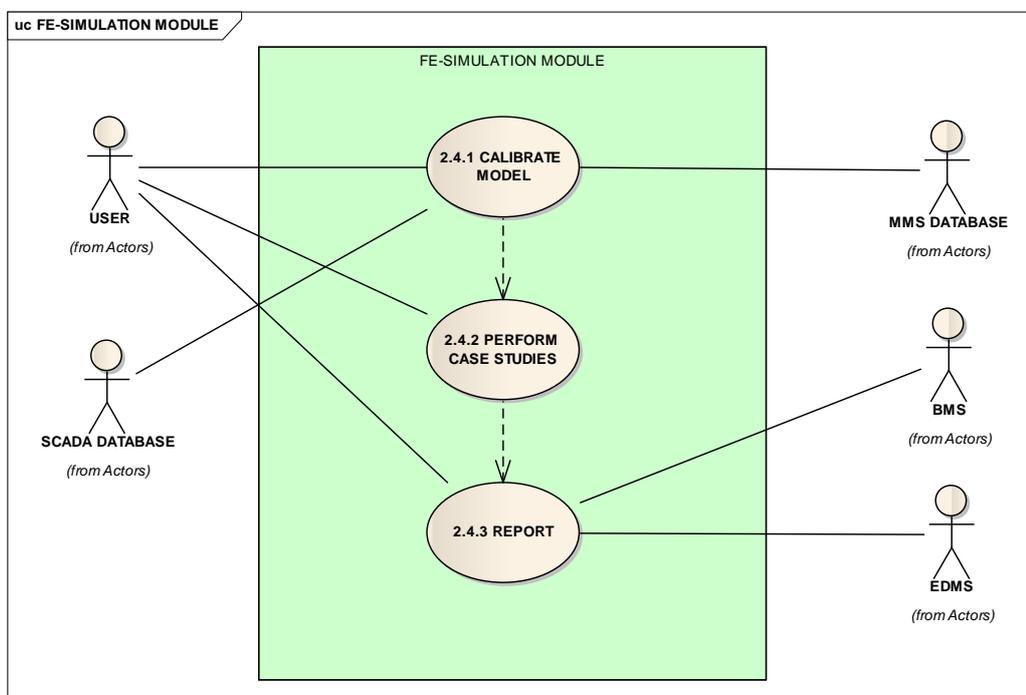


Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..7 Caso di utilizzo per la Simulazione FE

Caso di utilizzo	Descrizione
2.4.1 Calibrate model (calibra modello):	Il modello FE sarà calibrato confrontandolo con la documentazione "as built" e con i dati misurati provenienti dal SHMS.
2.4.2 Perform case studies (esegui studi di caso):	Il modello FE calibrato sarà utilizzato per calcolare casi speciali di carico quali il trasporto pesante, gli scenari di carico provenienti da intemperie previste o da eventi sismici.
2.4.3 Report:	I report scritti basati sui risultati calcolati.

Tabella 6 Breve descrizione dei principali casi di utilizzo nell'ambito del caso di utilizzo "Esegui simulazione FE"

La Figura 3.6 mostra la funzione interna del caso di utilizzo che definisce "4 Simula comportamento del traffico" descritto alla tabella 7 seguente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	Codice documento PI0006_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

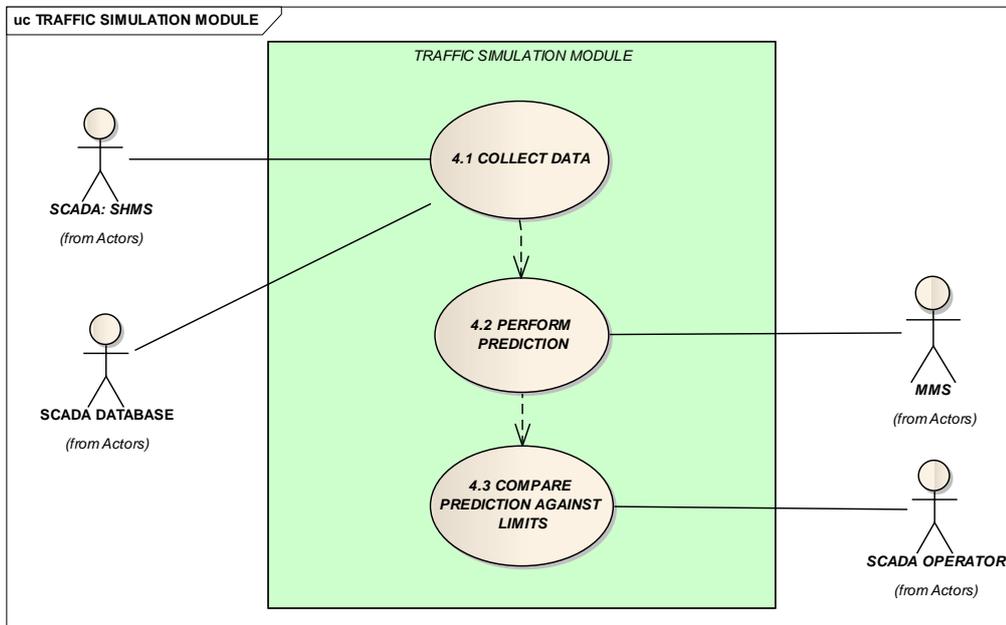


Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..8 Caso di utilizzo per le Simulazioni del traffico.

Tabella 7 Breve descrizione dei principali casi di utilizzo nell'ambito del caso di utilizzo "4 Simula comportamento del traffico"

Caso di utilizzo	Descrizione
4.1 Collect data (raccogli dati):	Raccogli dati - interrogherà i database SHMS e SCADA in relazione ai dati pertinenti.
4.2 Perform prediction (esegui previsione):	Saranno eseguite le previsioni dei dati ottenuti.
4.3 Compare prediction against limits (Confronta le previsioni con i limiti) :	Saranno eseguiti confronti per determinati limiti di progetto. Se un determinato limite viene superato, all'operatore SCADA sarà richiesto di valutare l'evento previsto prima di inviarlo al ICMS.

La Figura 3.7 mostra i caso di utilizzo che definisce la funzione interna di 4.2 sotto "4 Simulazioni del traffico", descritta alla Tabella 8 che segue.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento PI0006_F0_ITA.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Rev</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Data</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F0</td> <td style="text-align: center;">20/06/2011</td> </tr> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

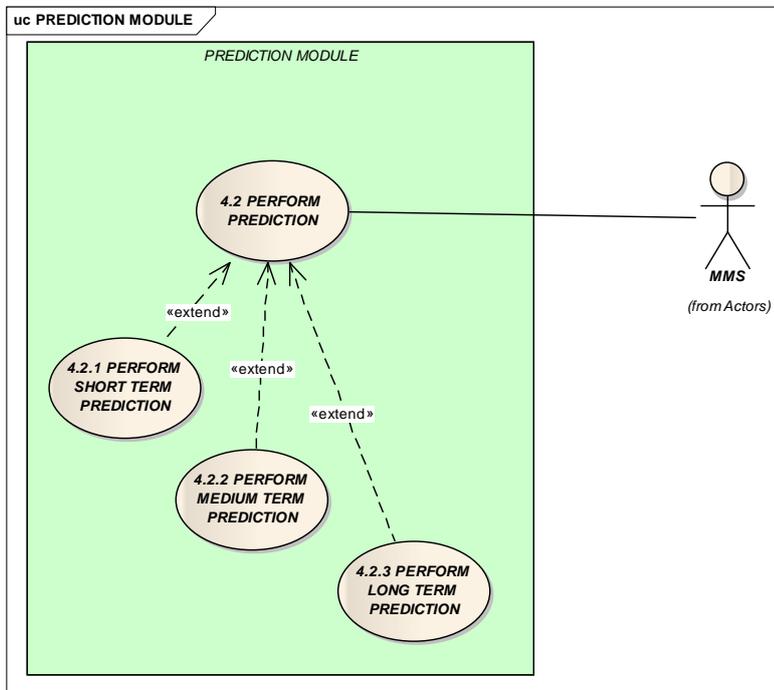


Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..9 Caso di utilizzo per i punto 4.2 Previsioni sotto il punto 4 Simulazioni del traffico.

Tabella 8 Breve descrizione dei principali casi di utilizzo nell'ambito del caso di utilizzo "4.2 Eseguì previsione"

Caso di utilizzo	Descrizione
4.2.1 Perform short term prediction (esegui previsione a breve termine):	Esegue una previsione a breve termine basata sul traffico, utilizzando software standard .
4.2.2 Perform medium term prediction (esegui previsione a medio termine):	Esegue una previsione a medio termine basata sul flusso del traffico e su dati statistici ed utilizzando software standard.
4.2.3 Perform long term prediction (esegui previsione a lungo termine):	Esegue una previsione a lungo termine basata su dati statistici.

Ognuna delle previsioni descritte qui sopra può essere fatta separatamente o

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento PI0006_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

contemporaneamente.

La Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..10 Caso di utilizzo "5 Simula clima e meteo".

mostra il caso di utilizzo che definisce la funzione " 5 Simula clima e meteo", descritta alla Tabella 9 seguente.

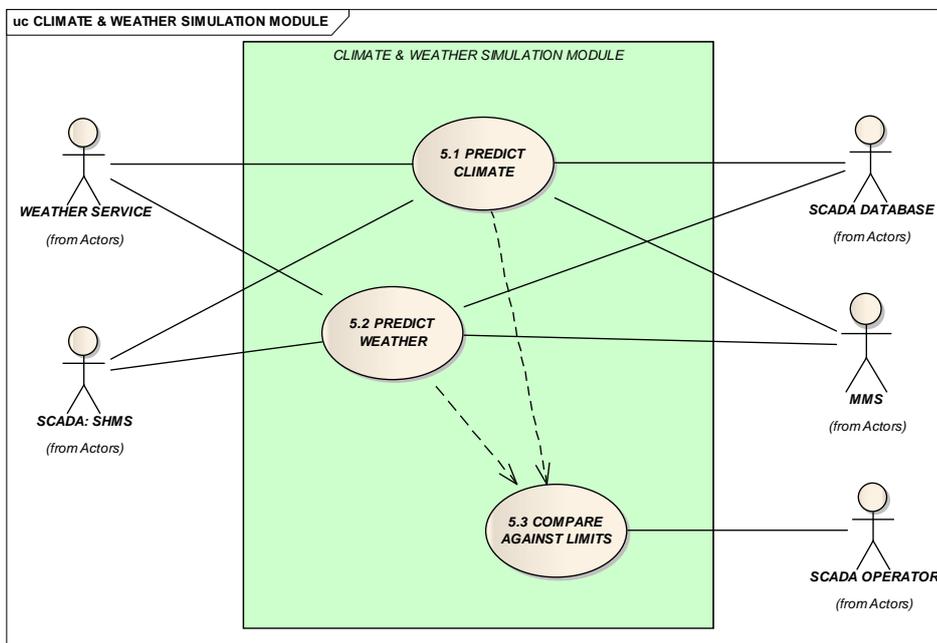


Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..10 Caso di utilizzo "5 Simula clima e meteo".

Tabella 9 Breve descrizione dei principali casi di utilizzo nell'ambito del caso di utilizzo "5 Simula clima e meteo"

Caso di utilizzo	Descrizione
5.1 Predict climate (prevedi clima):	Le previsioni climatiche saranno eseguite in collaborazione con un istituto meteorologico affidabile. La previsione sarà utilizzata internamente nel CSP e resa disponibile ai database del MMS e dello SCADA per il grafico e il report degli eventi previsti..
5.2 Predict weather (prevedi	Le previsioni meteorologiche saranno eseguite in collaborazione con un istituto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

meteo):	meteorologico affidabile. La previsione sarà utilizzata internamente nel CSP e resa disponibile ai database del MMS e dello SCADA per il grafico e il report degli eventi previsti.
5.3 Compare against limits (confronta con i limiti):	Saranno eseguiti confronti per determinati limiti di progetto. Se un dato limite viene superato, si richiederà all'operatore SCADA di valutare l'evento previsto prima di inviarlo al ICMS.

## 4 Sommario dei componenti del CSP

### 4.1 Gestore eventi (Event Manager)

Il sistema CSP avrà la funzione di raccogliere e creare un elenco di avvenimenti a partire dal ICMS, il quale raccoglierà tutti gli eventi che si verificano nel MACS, compresi quelli da fonti esterne al ponte ma che avranno un effetto sul ponte. Tutti gli eventi e le azioni appropriate da eseguire se si verifica un evento saranno descritti nel manuale Preliminare dell'esercizio e dell'emergenza, (Preliminary Operation and Emergency Manual, O & E Manual (CG1000-P-MI-D-P-M7-00-00-00-00-01-A) e l'ICMS gestirà la notifica del sistema e delle persone necessarie.

Monitorando l'elenco degli eventi provenienti dall'ICMS, il Gestore Eventi del CSP suddividerà gli eventi rispettivamente in: gruppi, sensori, ubicazione e priorità, se applicabile. Il MMS sarà quindi in grado di accedere ai diversi elenchi di eventi classificati o all'elenco di eventi non classificati, che contiene tutti gli eventi registrati dall'ICMS.

Il sistema di gestione degli eventi e degli allarmi sarà una parte del manuale del E&O ed eseguito mediante il sistema ICMS.

Si seguito sono riportati esempi di allarmi.

Il trattamento preventivo degli eventi, sarà, più specificatamente, gestito nei sistemi seguenti.

- Allarme viabilità
  - Allarme di carico in tempo reale, sito nel SHMS e inviato a TMS e ad esterni, quali ANAS e RFI.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Allarme carichi previsti, sito nel CSP e inviato all'operatore SCADA
- Allarme meteo in tempo reale, sito nel SHMS
- Allarme previsione meteo, sito nel CSP e inviato all'operatore SCADA
- Allarme incidenti, sito nel TMS
- Allarme allerta strutturale, sito nel SHMS.
- Allarme servizio nominale del ponte, sito nel CSP e inviato al BMS di verifica.

Lo scambio dei dati fra i sistemi avverrà tramite il layer di servizio descritto al documento Gestione e Controllo, Allegato CG1000-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-00-01-B

## 4.2 Allarmi nel CSP

Se una previsione automatica supera un determinato limite di progetto, verrà inviato un allarme all'operatore SCADA, che provvederà ad una valutazione dell'importanza e validità della previsione. In funzione della decisione dell'operatore SCADA se procedere o meno con l'allarme, l'evento sarà registrato manualmente nel sistema ICMS. Ciò significa che l'operatore SCADA deve accettare o ignorare l'allarme in modo manuale e inserire una nota nel log di allarme che descrive le ragioni su cui si basa tale decisione. A seconda della scelta dell'operatore SCADA, l'evento sarà registrato come evento reale (l'operatore SCADA sceglie di credere alla previsione) oppure l'evento sarà registrato come falso allarme (l'operatore SCADA non crede alla previsione).

Sarà possibile ritardare o disabilitare gli allarmi, ma questo potrà essere effettuato esclusivamente da utenti con diritti di amministrazione. Questa opzione è disponibile nel caso in cui una previsione continua a generare un allarme.

Per quanto riguarda il ritardo di un allarme, sarà possibile specificare un orario in cui l'allarme viene soppresso, oppure un numero di allarmi che vengono soppressi.

In entrambi i casi di ritardo e disabilitazione di un allarme sarà necessario compilare una nota sul motivo per cui l'allarme viene ritardato o disabilitato, oppure contrassegnare un'opzione da una lista di opzioni predefinite (da decidere). Inoltre sarà richiesta una password personale o l'identificazione biometrica, che garantiranno che venga registrato l'identificativo della persona responsabile, qualora il ritardo o disabilitazione di un allarme comportino indagini future.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 4.3 Valutazione del ponte

Il CSP si interfacerà con il BMS e recupererà la classificazione corrente del componente del ponte in questione. Il CSP calcolerà una classificazione basata sui dati del SHMS, che verrà poi assimilata alla classificazione corrente del BMS per ottenere una nuova classificazione complessiva. Sulla base dei calcoli e dell'assimilazione dei vari gradi verrà generata una relazione da utilizzare nel BMS.

Il sistema di classificazione utilizzato del CSP sarà stabilito in collaborazione con il BMS, in modo da trovare il corretto dimensionamento per i valori calcolati di fatica/utilizzo/carico, ecc. in relazione allo schema di classificazione a 6 punti utilizzato dal BMS.

### 4.4 Simulazioni di carico del traffico

Il SHMS fornirà al CSP i dati del flusso di traffico, che saranno utilizzati per calcolare e simulare il traffico previsto.

Inoltre, il CSP sarà in grado di prevedere situazioni di traffico che tengano conto delle previsioni delle condizioni meteorologiche fornite al CSP, quali la velocità del vento, la visibilità, la temperatura ecc., tutti basati sui dati statistici ottenuti dai dati di traffico del SHMS. Un pacchetto software standard, come SimTraffic 7, Aimsun 6 o similare sarà utilizzato per calcolare il flusso a breve-medio termine, la densità del traffico e la composizione dei veicoli, i potenziali ingorghi del traffico e la loro posizione. Questo software può anche essere utilizzato per programmare la manutenzione o determinate situazioni ipotetiche sul ponte, dato che è possibile simulare la chiusura di corsie di transito e vedere in che modo questo si ripercuote sul flusso e la domanda di traffico.

Il CSP sarà in grado di fornire previsioni sul carico di traffico dinamico a breve termine (10 min.), a medio termine (1-2 ore) e a lungo termine (giorni). Queste previsioni del CSP saranno utilizzate per calcolare la capacità limite e per tracciare lo stato corrente e lo stato previsto del ponte in relazione al carico. Il carico di traffico corrente e quello previsto verranno riportati nello stesso grafico, in modo da poter identificare facilmente le tendenze del traffico corrente in confronto ai dati storici.

Basandosi sul livello del traffico reale e atteso riportato dal SHMS, il CSP potrà calcolare la capacità limite del ponte e inviare i dati all'operatore TSM/SCADA, il quale è in grado di regolare il

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

traffico veicolare sul ponte ed eventualmente di intervenire per regolare i traffici in arrivo, in modo da garantire la sicurezza, la fluidità del traffico e, nel caso, di prevenire o di limitare la formazione di code sul ponte.

## 4.5 Simulazione strutturale

Il modulo di simulazione strutturale è principalmente il modulo che calcola i carichi e le previsioni nel CSP. I Capitoli 5.4, 6 e 7 mostrano i carichi e le previsioni effettuate dal CSP. dati utilizzati per calcolare i carichi e per effettuare le previsioni sono forniti dal SHMS e dal BMS. I carichi calcolati e le previsioni, riguardanti per esempio la fatica o le sollecitazioni (capitoli 7.1 e 6.5.3), saranno utilizzati per l'interpretazione e per il confronto con i limiti di progetto. In base a questi confronti con i carichi e le previsioni sarà effettuata la Valutazione Strutturale, vedere Capitolo 7.1. Alcune di queste valutazioni saranno automatiche, mentre altre saranno manuali. Un esempio di valutazione automatica potrebbe essere una valutazione del carico di traffico. Qui verrà segnalato all'operatore SCADA un allarme/allerta automatici, se la previsione del carico di traffico mostra che nel prossimo futuro il carico di traffico sarà superiore al 100%. Un esempio di valutazione manuale potrebbe essere una combinazione di una quantità di allarmi di sollecitazione, i quali farebbero partire una ispezione manuale da parte del BMS, che eseguirà una valutazione manuale basata su misure e osservazioni.

Un sistema autonomo di valutazione strutturale (Structural Health Evaluation System SHES) non sarà evidentemente presente nel CSP, ma piuttosto suddiviso nei moduli di simulazione strutturale e di simulazione del traffico.

Il CSP dovrebbe includere una funzione per la visualizzazione dei dati storici retrospettivi provenienti dal SHMS per un periodo di un'ora, un giorno, un mese ed un anno. IL SHMS ed il CSP avranno una funzione per la ricerca di dati di eventi ad alta risoluzione, vedere Capitoli 5 e 6.

### 4.5.1 Simulazione FE

La simulazione strutturale sarà utilizzata ogni volta che il BMS o un altro sistema pertinente identificherà un problema strutturale che dovrà essere chiarito per quanto concerne il suo impatto sul ponte. Il sistema potrà anche esser usato per simulare e prevedere le prestazioni del ponte per una determinata situazione di carico statico o dinamico, che può essere utilizzata per prevedere scenari di carico di picco con traffico pesante e treni merci pesanti che transitano

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

contemporaneamente sul ponte .

Il software di simulazione strutturale dovrà, tramite i dati provenienti da SCADA, essere in grado di simulare ogni possibile situazione data di carico e confrontare la stessa con i valori misurati del ponte per la messa a punto del modello.

La simulazione FE non ha lo scopo di funzionare in tempo reale ma di essere usata come uno strumento da utilizzare per problemi particolari definiti dal BMS o da altri scenari.

La simulazione FE sarà anche usata per prevedere l'effetto degli eventi sismici per quanto riguarda l'età del ponte. Ciò potrà essere fatto utilizzando le informazioni provenienti dal BMS e dal SHMS e da un modello FE di messa a punto che riflettano lo stato attuale del ponte. Il CSP utilizzerà un pacchetto software FE affidabile, quale ADINA, Bentley RM 2000, SAP 2000 o similari, al fine di garantire che tutte le funzioni necessarie siano disponibili.

#### 4.5.1.1 Modello FE

Il modello FE utilizzato per la simulazione strutturale dovrà essere un modello esistente aggiornato al "as-built", se possibile, altrimenti dovrà essere realizzato un modello con il software FE prescelto. Tale modello dovrebbe essere verificato tramite un confronto fra i risultati della simulazione ricavati dal modello FE e i dati registrati dal SHMS. Il modello del ponte sarà realizzato mediante un pacchetto software disponibile in commercio, quale ADINA, Bentley RM 2000, SAP 2000 o simile.

Si dovranno effettuare controlli regolari di verifica (intervallo di tempo da decidere in base all'esperienza) sul modello FE in modo da ottenere risultati affidabili.

## 4.6 Simulazioni meteo-climatiche

Le simulazioni meteo-climatiche si baseranno sulla stazione metrologica locale e sulle previsioni effettuate da un istituto meteorologico affidabile.

Le previsioni del tempo forniranno dati molto precisi riguardo la velocità del vento, la direzione del vento, la temperatura, le precipitazioni e la valutazione della visibilità. I dati saranno disponibili per tutti i sistemi nel MACS con accesso al database MMS.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Dai dati forniti dall'istituto meteorologico prescelto si otterrà una previsione del tempo su una mappa facilmente intelligibile agli operatori del MACS

Il SHMS visualizzerà i dati in tempo reale. Questi includeranno la pressione del vento base e l'ora, il carico totale del traffico e l'ora, la pressione del vento nei confronti del carico totale del traffico, la direzione e la velocità del vento, e la forza degli ammortizzatori con lo spostamento degli ammortizzatori. Questi grafici più recenti mostreranno i dati in tempo reale assieme ai dati provenienti da un periodo di tempo precedente (questo è da concordarsi). Il sistema CSP alimenterà il SHMS (in un modo equivalente al setup del SHMS, vale a dire, per quanto riguarda i dati), con previsioni future provenienti dal vento e dal traffico che saranno aggiunte alla visualizzazione. Sono da concordare gli intervalli necessari per l'aggiornamento di tali dati. Sarà necessario che l'SHMS includa anche un database di memoria per i file ad alta definizione.

I dati ad alta definizione in tempo reale provenienti dal SHMS saranno utilizzati congiuntamente ai dati statistici per la simulazione e la previsione dei carichi del ponte in differenti condizioni del vento. I dati potrebbero analogamente essere utilizzati per diversi casi di confronto (da definirsi).

## 5      **Analisi e revisione dei dati**

La sezione seguente descrive l'opzione disponibile per l'utente per la revisione ed analisi dei dati provenienti dal SHMS e da altri sistemi secondari pertinenti sotto il MACS. La prima parte elenca l'analisi dei dati e gli strumenti di manipolazione, mentre la seconda descrive i grafici disponibili per la visualizzazione dei dati in corso di revisione.

In genere sarà possibile inserire tutti i canali dei dati disponibili in una delle forme di grafico presentate alla sezione dei grafici sottoelencata, in modo da revisionare i dati praticamente in tutti i formati desiderati dall'utente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 5.1 Analisi dei dati e strumenti disponibili nel CSP

Il seguente elenco di strumenti di analisi costituisce la base degli strumenti disponibili per l'utente del CSP. L'utilizzo di un pacchetto software affidabile come LabVIEW della National Instruments(NI) con appropriati add-on garantirà che gli strumenti necessari siano disponibili per il CSP.

### 5.1.1 Analisi dei dati richiesti nel CPS

La seguente lista di analisi di dati costituisce il requisito minimo per il sistema CSP.

- Inviluppi di
  - Carico sismico in funzione dei pertinenti limiti di servizio
  - Carico del vento in funzione dei pertinenti limiti di servizio
  - Carico del traffico in funzione dei pertinenti limiti di servizio
  - Una combinazione dei suddetti carichi sismico, del vento e del traffico in funzione dei limiti di servizio pertinenti
  - Vento in funzione del traffico
  - Vento in funzione degli spostamenti
  - Traffico in funzione degli spostamenti
  - Sismico in funzione degli spostamenti
  - Una combinazione dei suddetti carichi sismico, del vento e del traffico in funzione degli spostamenti
- Analisi di frequenza del ponte
  - Vibrazioni impalcato, verticale in funzione della torsione
  - Vibrazioni torri in funzione delle vibrazioni dell'impalcato
  - Vibrazioni cavi in funzione delle vibrazioni dell'impalcato
  - Vibrazioni cavi in funzione delle vibrazioni delle torri

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> P10006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Analisi di fatica dell'impalcato in acciaio
- Analisi di fatica del giunto di dilatazione
- Correlazione fra
  - Vibrazioni cavi in funzione di velocità e direzione del vento
  - Vibrazioni impalcato in funzione di velocità e direzione del vento
  - Vibrazioni torre in funzione di velocità e direzione del vento
  - Spostamenti cavi in funzione di velocità e direzione del vento
  - Spostamenti impalcato in funzione di velocità e direzione del vento
  - Spostamenti torre in funzione di velocità e direzione del vento
  - Spostamenti cavi in funzione di densità, carico e flusso del traffico
  - Spostamenti impalcato in funzione di densità, carico e flusso del traffico
  - Spostamenti torre in funzione di densità, carico e flusso del traffico
  - Fatica impalcato in acciaio in funzione della temperatura
  - Fatica impalcato in acciaio funzione di densità, carico e flusso del traffico
  - Fatica impalcato in acciaio funzione di velocità e direzione del vento e velocità delle raffiche
  - Fatica impalcato in acciaio funzione dell'attività sismica

### 5.1.2 Strumenti disponibili nel CSP per l'analisi dei dati

Qui di seguito la lista degli strumenti di cui disporrà l'operatore CSP per eseguire l'analisi dei dati

- Filtri digitali:
  - Passa basso

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> P10006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Passa alto
- Passabanda
- Attenua-banda
- Perequazione
- Strumento di adattamento alla curva
  - Lineare
  - Quadratica
  - Spline
  - Polinomiale
  - Lineare generale dei minimi quadrati
- Strumenti di analisi delle frequenze:
  - Magnitudine (RMS): Misura lo spettro e visualizza i risultati in termini di scarto quadratico medio (RMS)
  - Magnitudine (cresta): Misura lo spettro e visualizza i risultati in termini di ampiezza di cresta.
  - Spettro di potenza: misura lo spettro e visualizza i risultati in termini di potenza. Tutte le informazioni di fase sono perse nel calcolo.
  - Densità spettrale di potenza: misura lo spettro e visualizza i risultati in termini di densità spettrale di potenza (PSD)
  - Analisi a banda di ottava.
  - Grafici di tempo frequenza
- Statistiche:
  - Media
  - Mediano

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Modo: Trova il valore ricorrente più frequentemente nei valori in Segnali.
- Somma dei valori
- Scarto quadratico medio (RMS)
- Deviazione standard
- Varianza
- Curtosi
- Coefficiente di asimmetria
- Analisi mediante correlazione
  - Correlazione
  - Intercorrelazione
  - Autocorrelazione
- Gestione dei dati:
  - Esecuzione di operazioni matematiche su canali dati o set secondari di dati.
  - Creazione di canale virtuale.
    - Può essere impostato un canale virtuale per mantenere i dati prodotti da ognuna delle operazioni matematiche summenzionate, quali uno spettro di potenza della vibrazione dei pendini, oppure valori statistici per il confronto di spostamento dell'impalcato contro la velocità e la direzione del vento.
  - Allineamento: allinea i segnali per ottenere la stessa ora di inizio.
  - Ricampionatura: ricampiona i segnali per ottenere lo stesso intervallo di campionamento.
  - Selezione di set secondari di dati
  - Copia di set secondari di dati
  - Cancellazione di set secondari di dati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

- Sostituzione di set secondari di dati

## 5.2 Grafici disponibili per i dati in corso di revisione

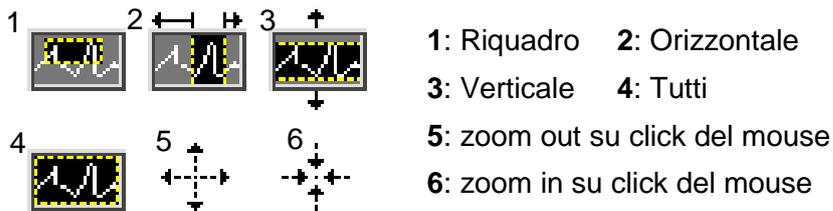
Il capitolo seguente descrive i grafici che saranno disponibili all'utente CSP al momento della revisione dei dati provenienti dal SHMS e da altri sistemi secondari pertinenti. L'utilizzo di un pacchetto software affidabile come LabVIEW di NI con appropriati add-on garantirà che gli strumenti disponibili siano disponibili per il CSP.

### 5.2.1 Impostazioni generale dei Grafici:

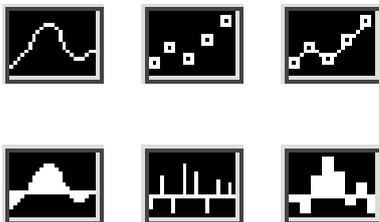
- I Grafici saranno ridimensionati automaticamente, ma dovrebbe essere possibile controllarne gli assi mediante cursori a scorrimento, come indicato di seguito. I valori minimo e massimo dei cursori a scorrimento si aggiorneranno automaticamente rispetto agli assi dei Grafici.
- Le legende dei Grafici debbono anch'esse essere visualizzate, ma con l'opzione che permette di visualizzarli o meno.
- Dovrebbe essere possibile tracciare un punto su un grafico che mostri il valore x e y. L'opzione di copia di tali valori x e y dovrebbe anch'essa essere possibile.
- Dovrebbe essere possibile anche definire un asse distaccato sulla sinistra del Grafico per il confronto di due vettori, quali lo spostamento e la temperatura.
- L'asse dovrà avere l'opzione di ridimensionamento lineare, di ridimensionamento del log, di inversione, di ridimensionamento dB e di rotazione  $\pm 90^\circ$ .
- Dovrebbe essere possibile selezionare un grafico e copiarne i valori sulla clipboard per ulteriori analisi.
- Sarà possibile tracciare una linea di tendenza per un grafico desiderato. Le opzioni per le linee di tendenza consisteranno in:
  - lineare
  - polinomiale
  - esponenziale
  - logaritmico

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- potenza
- spostamento linea mediana
- Saranno disponibili le seguenti opzioni di zoom:



- Per i grafici XY sarà possibile scegliere il modo di visualizzazione dei dati mediante un click sulla legenda. L'opzione disponibile è indicata alla Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..11 Opzioni dei grafici.



*Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..11 Opzioni dei grafici.*

*La Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..12 Setup generale per grafici XY.*

*mostra un setup generale per un Grafico XY di quattro diversi canali di dati.*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

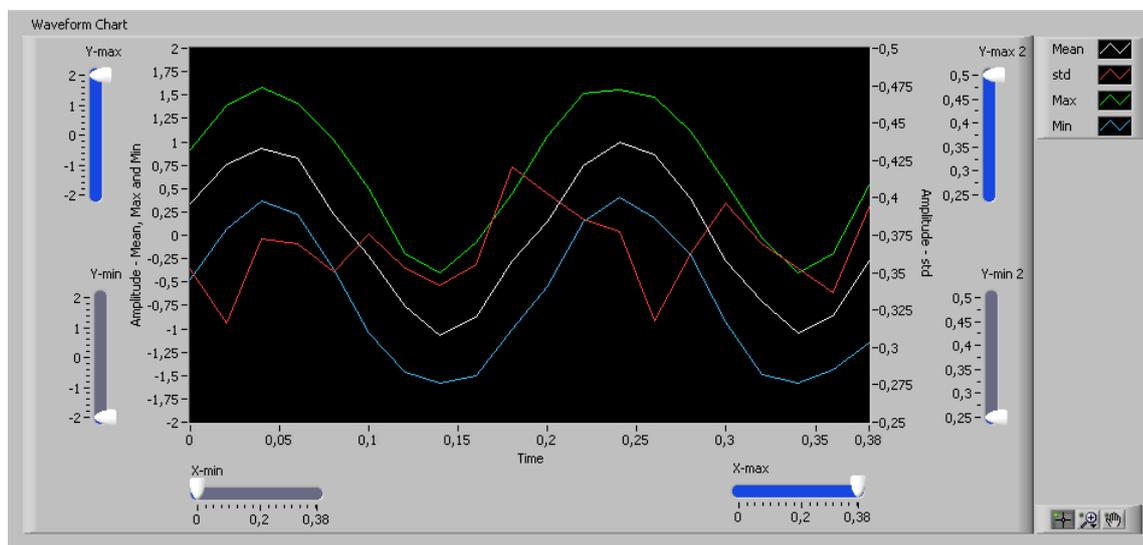


Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..12 Setup generale per grafici XY.

### 5.2.2 Grafici XY non standard

Il seguente capitolo mostra i Grafici XY non standard che saranno disponibili nel MSS e nel CSP.

Un esempio dei dati correnti e dei dati storici sarà la direzione del vento in tempo reale stampata assieme ad una sequenza di un dato numero di ore per individuare le tendenze nel vento. La figura seguente mostra un esempio di tale Grafico. La velocità di aggiornamento dovrebbe essere dinamica, in modo che l'operatore possa scegliere una velocità di aggiornamento quale, in tempo reale, 10 min., 1 ora o un tempo definito dall'operatore. Ciò dovrà essere fatto in modo da cancellare il grafico se la traccia dei dati è stata impostata per molte ore di dati. I limiti della velocità del vento debbono anch'essi essere inseriti in un grafico, in modo che l'operatore possa vedere se la velocità del vento si avvicina a tali limiti, vedi Figura **Errore**. **Nel documento non esiste testo dello stile specificato..13** Rosa dei venti che mostra un tracciato delle velocità e della direzione del vento, la situazione corrente (punto blu) e la situazione prevista (punto rosso). La linea rossa è il limite della velocità del vento.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	Codice documento <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

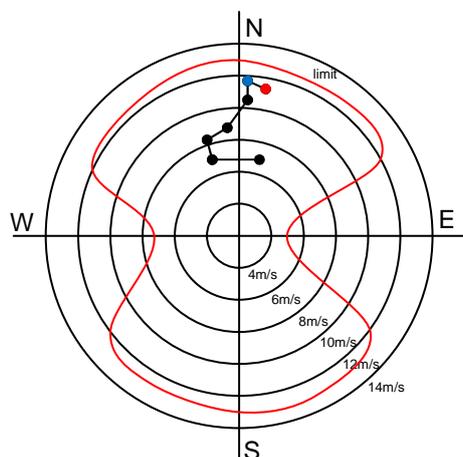
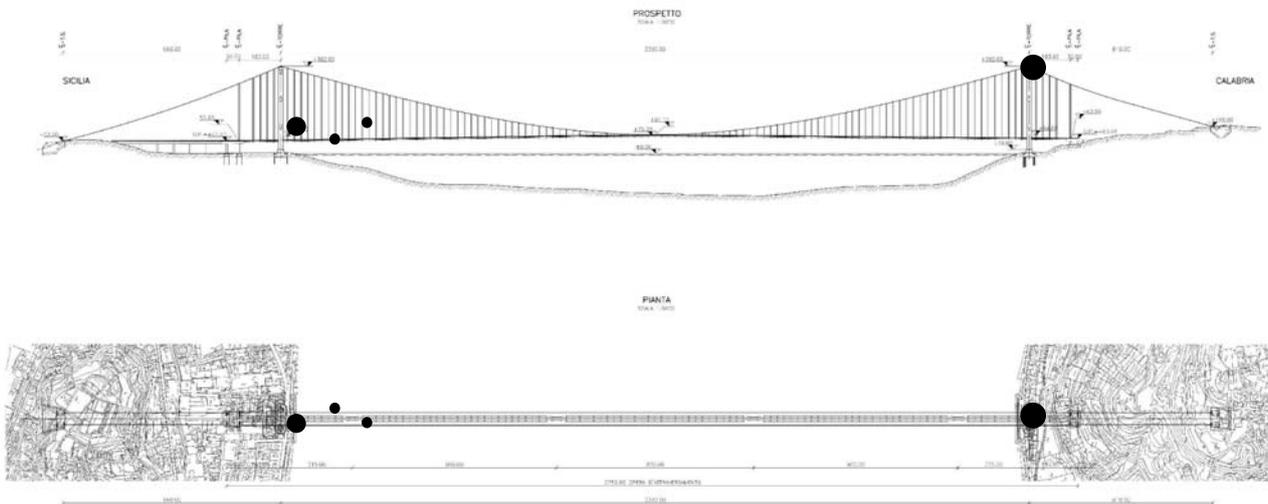


Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..13** Rosa dei venti che mostra un tracciato delle velocità e della direzione del vento, la situazione corrente (punto blu) e la situazione prevista (punto rosso). La linea rossa è il limite della velocità del vento.

Per gli eventi, è disponibile un grafico delle loro posizioni e il numero degli eventi in una posizione, si veda la Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..14 **Eventi accumulati e tracciato di posizione.**

Tale Grafico è pensato come un aiuto per la localizzazione delle zone con alto tasso di deterioramento. Il ridimensionamento della quantità di eventi è dinamico, relativamente ai sensori scelti; ciò significa che la dimensione del circolo sulla posizione del sensore viene ridimensionata sulla base del numero massimo e minimo degli eventi per tutti i sensori scelti. Per i sensori che si sovrappongono o per visualizzare allarmi e allerte in uno stesso grafico si possono utilizzare colori diversi.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



**Figura** *Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.* **14 Eventi accumulati e tracciato di posizione.**

### 5.3 Requisiti della revisione

Tutti i grafici specificati e descritti nella specifica SHMS, CG1000-P-2S-D-P-IT-M3-SM-00-00-01\_B\_Design Report-SHMS\_ANX, capitolo 10 ed Appendice 1 saranno disponibili per il CPS attraverso servizi web, come indicato nel MACS, CG1000-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-00-01\_B\_MACS\_ANX.doc

### 5.4 Requisiti speciali della revisione

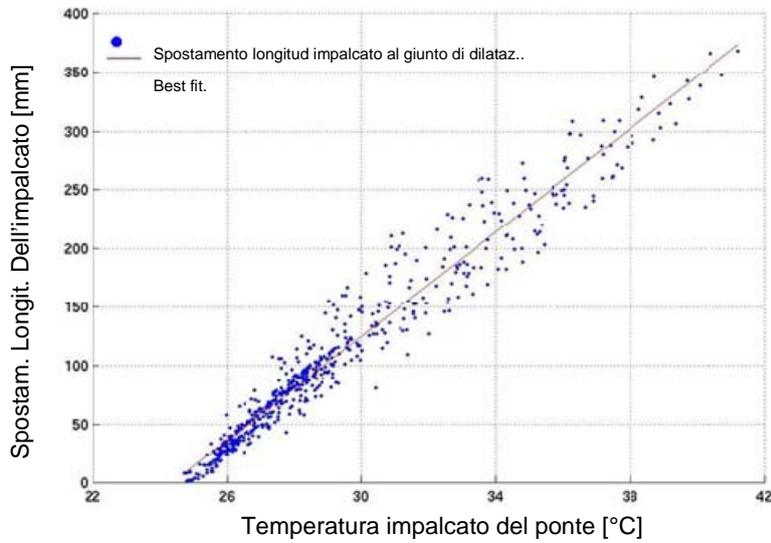
I seguenti capitoli descrivono alcuni esempi speciali extra revisione.

#### 5.4.1 Analisi mediante correlazione

La correlazione dei dati renderà possibile impostare delle previsioni basate sui dati storici. La *Figura* *Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.* **15** Esempio del grafico della *temperatura reale del ponte confrontato con il movimento termico dell'impalcato* sotto riportata mostra un esempio in cui lo spostamento longitudinale dell'impalcato del ponte su un giunto di dilatazione viene posto in un grafico a confronto con la temperatura dell'impalcato del ponte. Basandosi su tale grafico, è possibile prevedere una correlazione lineare fra lo spostamento longitudinale e la temperatura dell'impalcato. Impostando un canale virtuale che contenga tale correlazione lineare, sarà possibile aggiornare tale canale con i nuovi dati non appena gli stessi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

sono disponibili; tutto ciò ottenendo una migliore stima sullo spostamento longitudinale come funzione della temperatura, il quale che può essere anche visualizzato nel MMS:



**Figura *Errore*. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..15** Esempio del grafico della temperatura reale del ponte confrontato con il movimento termico dell'impalcato (Longitudinale)

E' anche richiesta una analisi di correlazione come indicato alla Figura *Errore*. Nel documento non esiste testo dello stile **specificato..16** Livello dell'impalcato del ponte assieme alla temperatura reale

, in cui lo spostamento verticale dell'impalcato del ponte è messo su un grafico in relazione con la differenza di temperatura nei cavi e nel ponte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

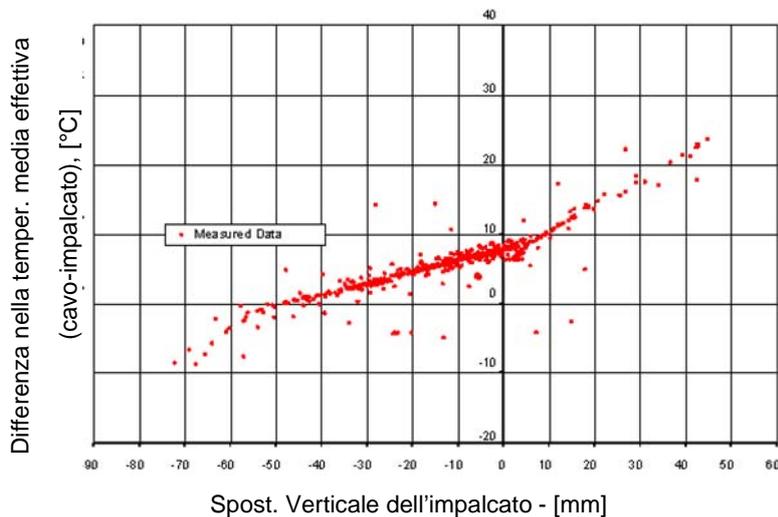
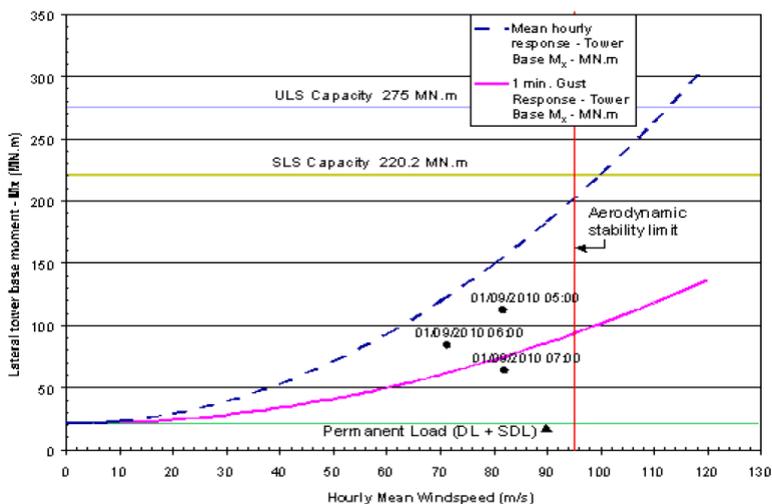


Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..16** Livello dell'impalcato del ponte assieme alla temperatura reale

Oltre che per gli spostamenti, l'analisi di correlazione sarà anche utilizzata per osservare la deformazione del ponte come effetto del vento, come mostra la figura Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..17** Grafico della correlazione dei carichi del vento e del momento della base della torre



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..17 Grafico della correlazione dei carichi del vento e del momento della base della torre

In genere, l'uso di canali virtuali per creare nuovi canali derivati di dati rende possibile impostare qualunque grafico di correlazione possibile in rapporto ai dati registrati dal SHMS e altri canali derivati provenienti dal CSP. Si richiede di poter generare tali grafici per:

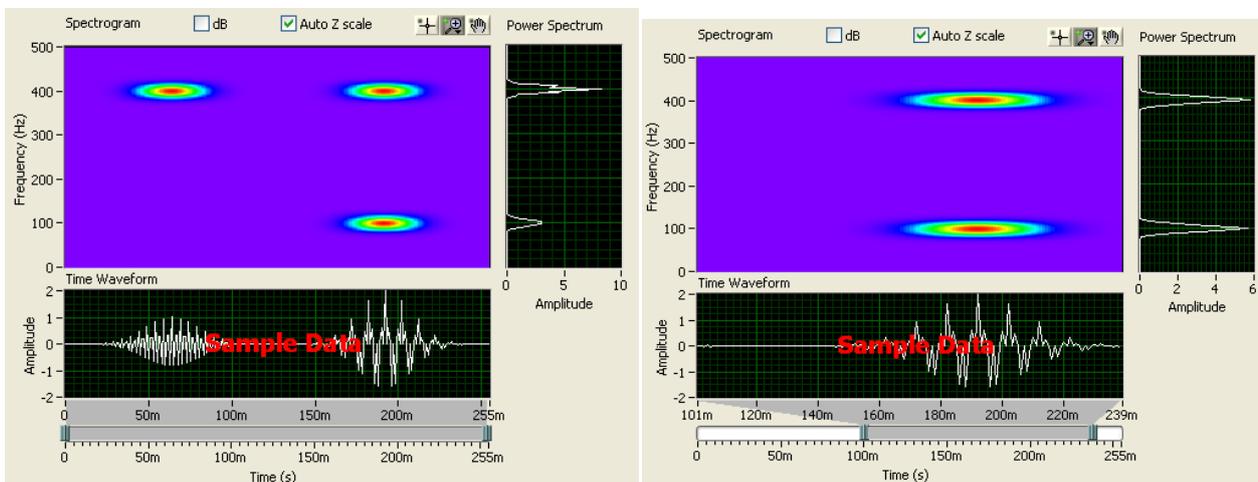
- Carichi sismici
- Carichi del vento
- Carichi del traffico
- Combinazione dei carichi suddetti

Intercorrelazione del campo del vento lungo l'impalcato del ponte per simulare la forza del vento in un calcolo FE.

#### 5.4.2 Analisi di frequenza

Mediante l'uso degli strumenti di frequenza disponibili dovrà essere possibile produrre grafici combinati come mostrato nella Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..18 Grafico di esempio di un'analisi della frequenza dei dati campione (Sinistra) indagine delle serie del tempo totale, (Destra) indagine della parte selezionata delle serie di tempo

. Dovrà anche essere possibile produrre grafici singoli.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.**18 Grafico di esempio di un'analisi della frequenza dei dati campione (Sinistra) indagine delle serie del tempo totale, (Destra) indagine della parte selezionata delle serie di tempo

### 5.4.3 Analisi di fatica

La fatica dei vari componenti del ponte dovrà essere visualizzata in modi diversi, dal tempo di vita rimanente ad una curva S-N, vedi Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.**19 Grafico di esempio di una curva S-N per un componente del ponte.

, che rappresenta un grafico della magnitudine di una sollecitazione ciclica (S) messo a confronto con la scala logaritmica dei cicli che portano al danno (N).

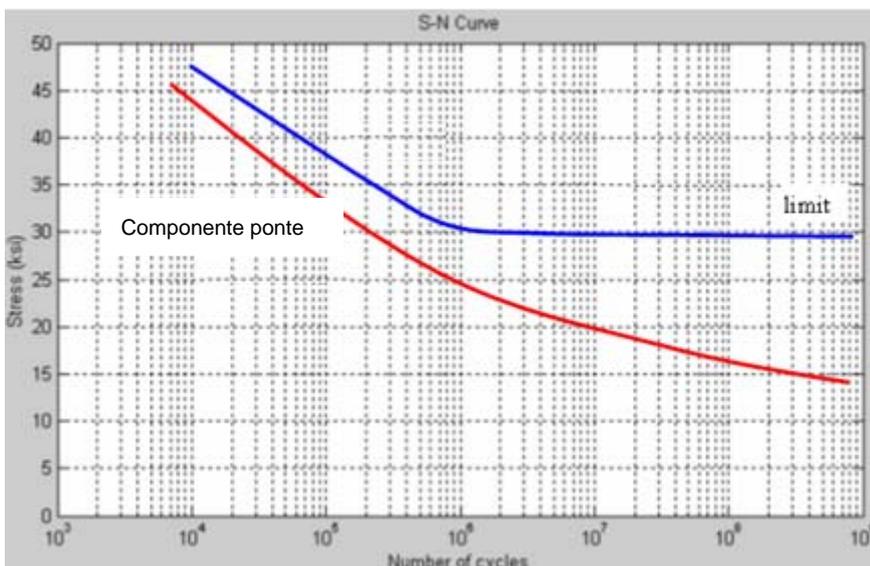


Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato.**19 Grafico di esempio di una curva S-N per un componente del ponte.

Utilizzando lo stesso approccio utilizzato per la fatica, l'utilizzo del giunto di dilatazione per la manutenzione può essere calcolato effettuando un metodo di conteggio del ciclo rainflow sul movimento del giunto di espansione e aggiungendo quindi i bins del rainflow ad una somma complessiva del movimento.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 6 Previsioni di carico

I capitoli seguenti descrivono le previsioni del carico disponibili nel CSP. Le previsioni del carico possono essere redatte come ausilio alla gestione del traffico sulla rete stradale di avvicinamento al ponte e sul ponte. Le previsioni richieste per un funzionamento efficace comprenderanno:

- Velocità del vento (media e delle raffiche) e direzione (raffiche) (dati meteo)
- Piogge (dati meteo)
- Formazione di ghiaccio sulla superficie stradale (dati meteo)
- Traffico veicolare (dati del traffico)
- Passaggio dei treni (dati del traffico)

L'influenza sulle previsioni di carico dovrà essere accertata mediante confronto con i carichi definiti nei limiti di percorribilità:

- Per il ponte, ad es. la luce del canale di navigazione, i requisiti di pendenza per i treni, i carichi ammissibili.
- Per la sicurezza di veicoli a sponde alte (e cioè per il ribaltamento), le condizioni di guida sicura.
- Per la sicurezza di veicoli bassi (e cioè per il ribaltamento), le condizioni di guida sicura.
- Per la sicurezza dei treni, e cioè per il ribaltamento dei treni.

Le previsioni del carico del traffico saranno disponibili per il controllo appropriato del traffico lungo la rete viaria e sul ponte.

Le previsioni del carico dovranno essere fornite per i seguenti periodi temporali:

- A breve termine: 10 minuti
- A medio termine: 2 ore
- A lungo termine: 1 giorno.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

## 6.1 Immissione dei dati per le previsioni del carico

Le previsioni verranno effettuate sui dati ricevuti da altri componenti di SCADA, così come da parti terze:

- I dati meteo dovranno essere registrati sul ponte dal SHMS, e includere la velocità del vento (media e raffiche) e la direzione (raffiche), la temperatura dell'aria, la pressione dell'aria, e le precipitazioni.
- I dati del traffico sulla rete viaria di accesso al ponte e sul ponte debbono essere registrati mediante il TMS della rete e il TMS del ponte, e processati dal SHMS. I dati del traffico registrati dal TMS della rete viaria e dal TMS del ponte includono il peso dei veicoli e del treno, la lunghezza, la velocità e il tempo di percorrenza sui vari punti di rilevamento. I dati del traffico processati dal SHMS includono il carico totale del traffico (veicolare e ferroviario) sul ponte, la densità del traffico veicolare sul ponte, il carico veicolare totale in arrivo al ponte, il traffico ferroviario totale in arrivo al ponte e il flusso del traffico veicolare sulle posizioni di monitoraggio delle targhe dei veicoli.
- I dati di previsione del movimento dei treni dovranno essere forniti da RFI, compresi i pesi totali dei treni, la lunghezza totale, la velocità e il tempo di percorrenza.

## 6.2 Previsioni del tempo

E' previsto che le previsioni del tempo siano fornite da un istituto meteorologico affidabile.

I dati meteo locali, raccolti dal SHMS, il TSM del ponte e la rete TMS possono essere forniti al servizio/istituto meteorologico desiderato per affinare le previsioni per la zona locale. I dati meteo locali includono:

- Velocità del vento di raffica
- Direzione del vento di raffica
- Velocità media del vento
- Temperatura dell'aria
- Pressione dell'aria

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- piogge
- Copertura delle nuvole

Dovrà essere sviluppato un modello locale della zona che fornisca le previsioni di:

- Picco: velocità media del vento di 10 minuti nell'intervallo della previsione
- Picco di 3 secondi delle raffiche di vento e direzione nell'intervallo della previsione
- Temperatura minima e massima dell'aria nell'intervallo delle previsioni
- Caduta massima di pioggia nell'intervallo di previsione
- Formazione di ghiaccio sulle superfici stradali nell'intervallo di previsione
- Visibilità minima nell'intervallo delle previsioni
- Copertura nuvolosa (percentuale di copertura)

L'intervallo della previsione è da concordarsi con l'istituto/il servizio meteo scelto. Per le previsioni a breve termine e a medio termine è preferibile un intervallo di 1 minuto, e in ogni caso dovrebbe essere accettato un intervallo non superiore ai 10 minuti. Per le previsioni a lungo termine è accettabile un intervallo orario. Le previsioni debbono essere aggiornate ad intervalli regolari, in genere ogni ora. Gli intervalli di aggiornamento debbono essere concordati con l'istituto meteorologico affidabile.

I dati debbono essere forniti in colonne, con la colonna-guida contenente la marcatura oraria.

Il CSP deve visualizzare i dati in modo grafico. Tutti i dati di previsione debbono essere presentati confrontati con il tempo. I dati estratti dal SHMS debbono anch'essi essere mostrati sui grafici. L'operatore deve essere in grado di scegliere quale anemometro dell'impalcato utilizzare per fornire i dati visualizzati. I limiti di percorribilità debbono essere visualizzati sui grafici.

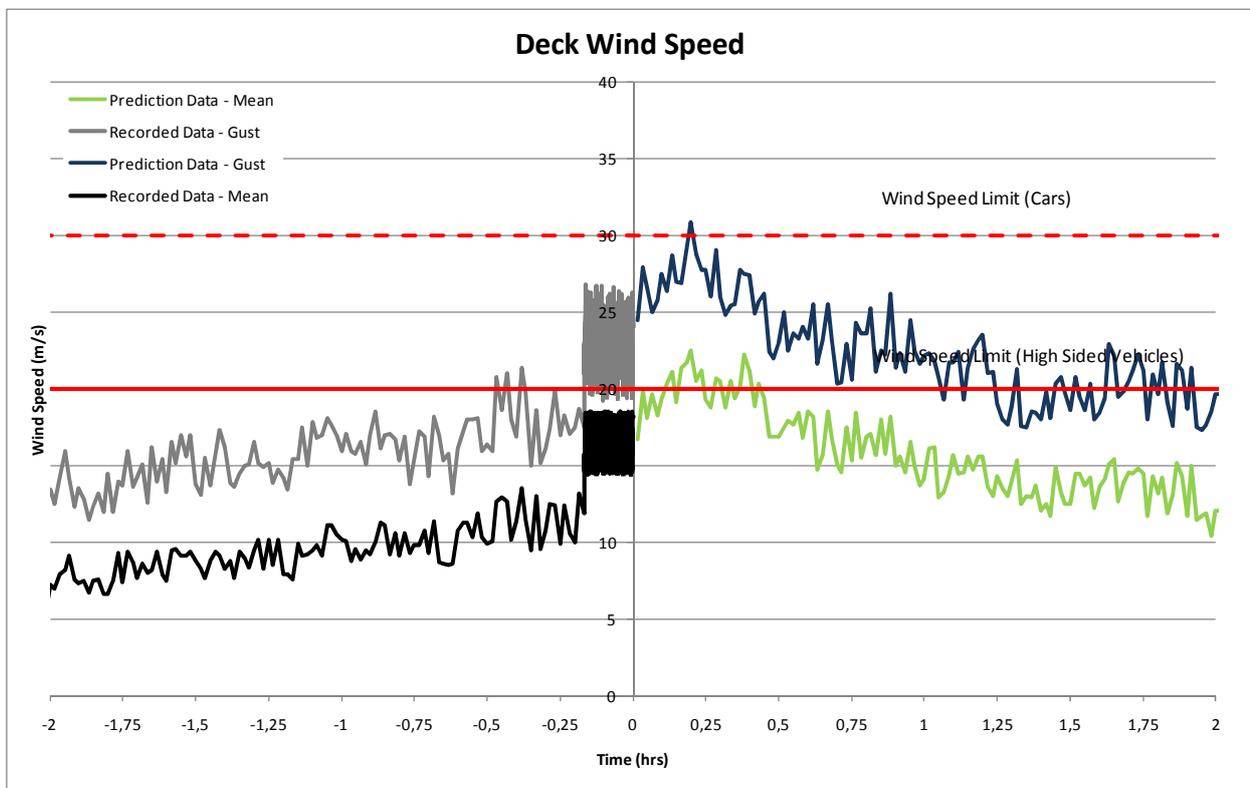
Sui grafici polari del vento dovranno anche essere presentate la velocità delle raffiche di vento e la direzione, nonché la velocità media del vento e la direzione delle raffiche di vento. Per una chiarezza di presentazione, deve essere presentato il punto dei dati ogni minuto. Dovrà essere presentata la massima velocità del vento nell'intervallo di un minuto. Dovrà essere presentata la velocità media del vento nell'intervallo di un minuto. La durata dei dati mostrati sul grafico polare

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

(rosa dei venti) potrà essere definita dall'utente, impostata inizialmente a 10 minuti di dati estratti e 10 minuti di dati previsti. I limiti di percorribilità debbono essere visualizzati sui grafici polari.

Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..20 Grafico di esempio dei dati relativi al vento

presenta un esempio pratico di tali immagini



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20/06/2011
Rev	Data						
F0	20/06/2011						

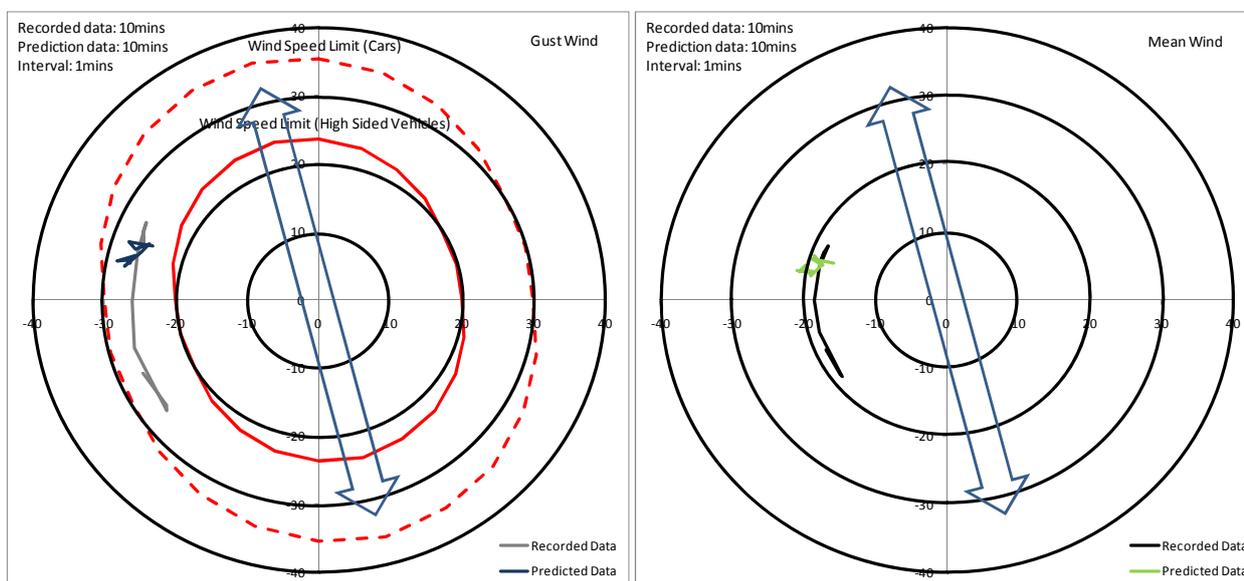


Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..20 Grafico di esempio dei dati relativi al vento

### 6.3 Previsioni del traffico

Le previsioni del traffico debbono essere prodotte dal CSP basandosi sui dati del traffico registrati dal TMS di rete e dal TMS del ponte, e trattati mediante il SHMS, basandosi sulla notifica anticipata del traffico ferroviario fornita da RFI. Un pacchetto software standard, quale SimTraffic 7, Aimsun 6 o similare (da concordarsi prima dell'implementazione) sarà utilizzato per il calcolo di flussi, densità e composizione dei veicoli a breve-medio termine per il traffico ed i potenziali ingorghi di traffico e la loro posizione. Questo software potrà inoltre essere usato per la pianificazione della manutenzione del ponte, dato che è possibile simulare la chiusura delle corsie di transito e vedere come questa si ripercuote sui flussi di traffico ed i tempi di trasporto.

I dati forniti dal SHMS comprendono:

- Carico totale del traffico (veicolare e ferroviario) sul ponte
- Densità del traffico veicolare sul ponte
- Carico totale del traffico veicolare in arrivo al ponte
- Traffico ferroviario totale in arrivo al ponte (quale misurato dal TMS della rete)
- Flusso del traffico veicolare sulle posizioni di monitoraggio delle targhe

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

I dati associati alla notifica anticipata riguardo il traffico ferroviario proveniente da RFI dovranno includere:

- Il peso totale del treno
- La lunghezza totale del treno
- La velocità del treno
- Il tempo di percorrenza

Dovranno essere generate le seguenti previsioni:

- Carico totale del traffico dei veicoli sul ponte
- Carico totale del traffico ferroviario sul ponte
- Carico totale del traffico (veicolare e ferroviario) sul ponte
- Densità del traffico veicolare sul ponte (livelli di congestione)
- Flusso del traffico veicolare sul ponte, composizione dei veicoli (calcolata dai dati dinamici a breve termine provenienti dal SHMS)
- Velocità medie del flusso (calcolate dai dati dinamici a breve termine provenienti dal SHMS e velocità media basata su dati statistici)
- Posizione, durata e lunghezza di possibili code (calcolate dai dati dinamici a breve termine provenienti dal SHMS)
- Carico veicolare per ciascuna sezione del Ponte
- Flusso del traffico veicolare sulla rete
- Flusso del traffico veicolare sulla rete

I dati relativi al traffico veicolare dovranno essere registrati sulla rete viaria di avvicinamento al ponte. Il traffico veicolare viaggerà a velocità da autostrada, oltre ai 90 km/h. I dati dei veicoli in tempo reale potranno essere tracciati solamente lungo la rete e il ponte per minuti, e rimarranno quindi validi per una breve durata. I modelli del traffico veicolare, comunque, sono, per tutti gli intenti e gli scopi, ben regolati e seguono tendenze a 24 ore. Le tendenze dipenderanno da

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

parametri di influenza primari, quali ad esempio il giorno della settimana, lavorativo o festivo, influenze commerciali, ecc. Le tendenze possono variare negli anni, ma sono comunque ripetitive nei mesi. Le tendenze quindi saranno stabilite su dati accumulati per vari giorni che abbiano identici parametri di influenza, e ne sarà fatta una media e una perequazione. Un esempio della tendenza è indicato alla Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..21 Diagramma di flusso per prevedere e produrre cifre e grafici.

mentre la Figura 6.2 mostra un diagramma di flusso utilizzato per produrre la Figura 6.3.

La Figura 6.2 e la Figura 6.3 mostrano la procedura per calcolare e riportare su grafico il flusso di traffico previsto ed effettivo, espresso come percentili dai dati statistici basati sui limiti del ponte. Questa sarà la stessa procedura utilizzata per calcolare:

- Densità del traffico
- Composizione veicolare
- Limiti di congestione
- Velocità media dei flussi
- Carico veicolare per ciascuna sezione del Ponte

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

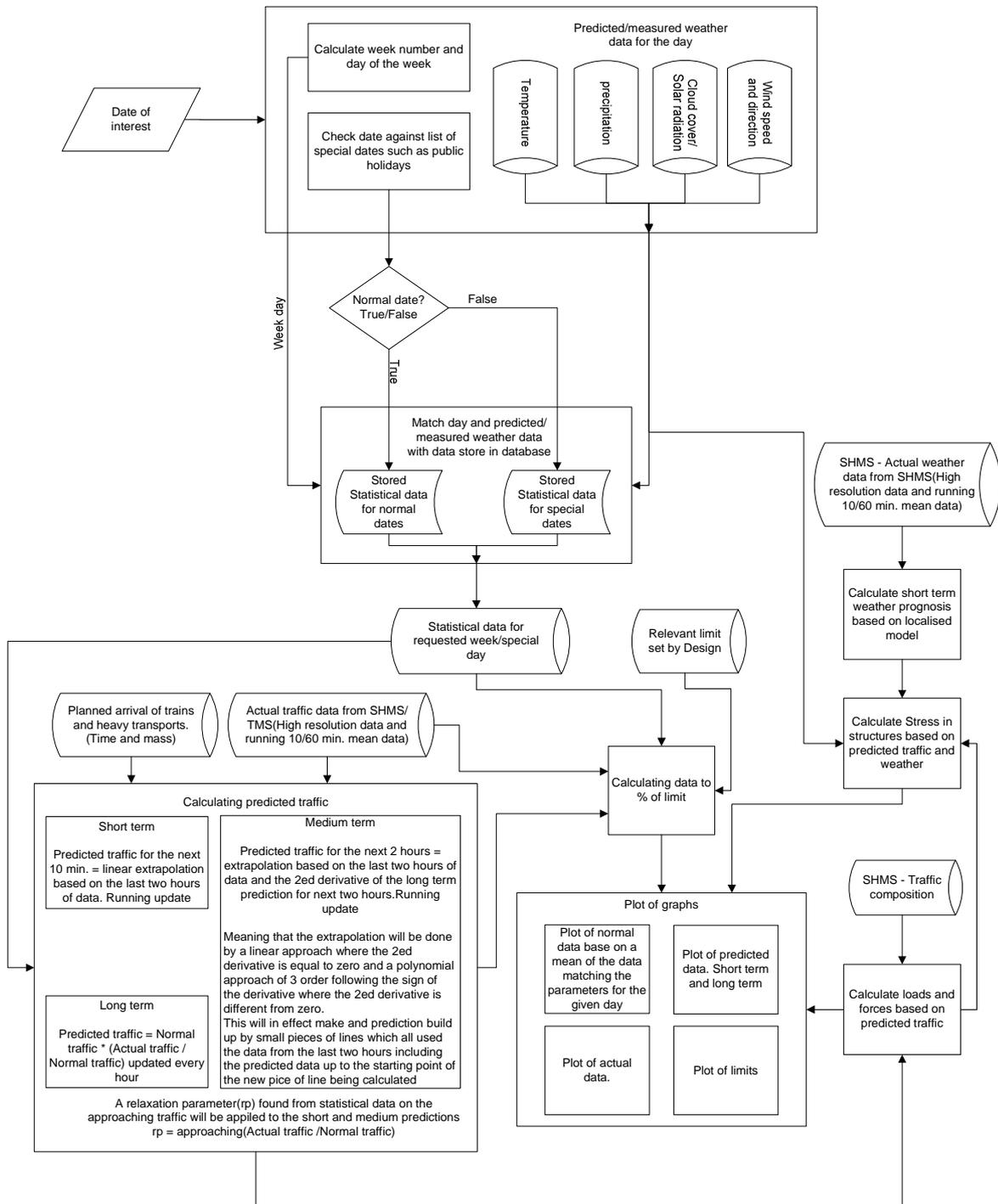


Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..21 Diagramma di flusso per prevedere e produrre cifre e grafici.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

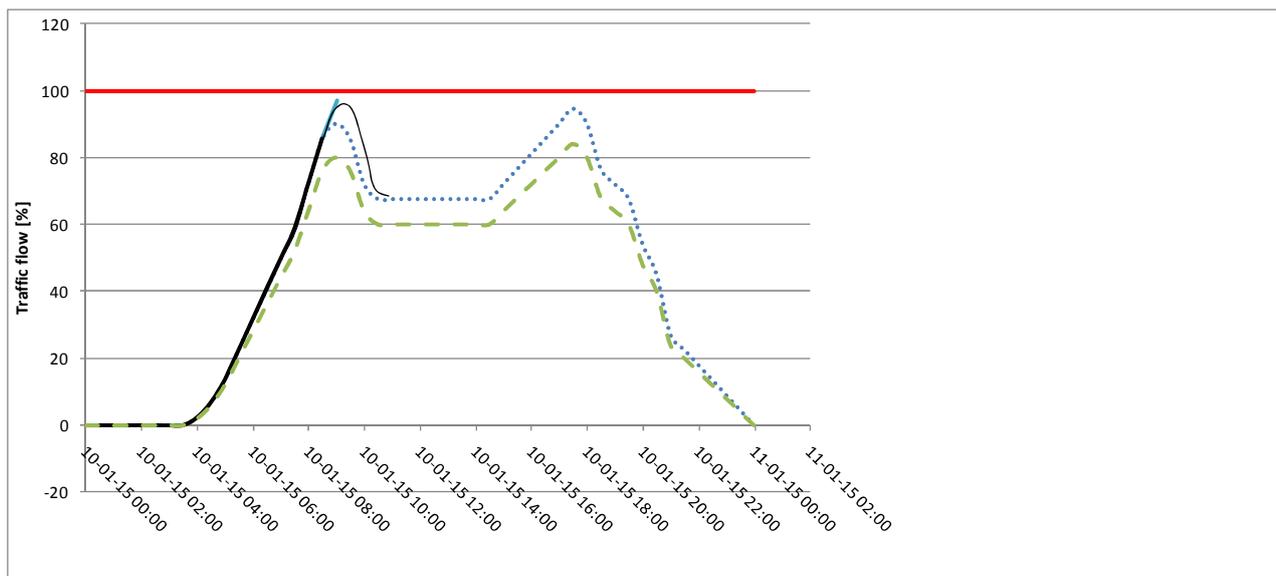


Figura 6.3 Grafico di esempio di previsione del traffico per una giornata

Le previsioni del traffico veicolare saranno sviluppate sulla base di una revisione statistica dei modelli di traffico preventivamente registrati in modo da stabilire trend del traffico veicolare affidabili, che possono essere regolati in modo preciso sulla base delle condizioni del flusso di traffico esistenti

Le previsioni prodotte regolarmente ed automaticamente saranno basate su tendenze tipiche nell'isolamento di eventi straordinari, come ad esempio incidenti, misure di controllo applicate. Le previsioni relative ad eventi straordinari debbono essere iniziate dall'operatore mediante input manuale sul CSP, servendosi del relativo pacchetto software, quale la Simulazione Traffico succitata o di un software di simulazione strutturale.

Le previsioni a breve termine del flusso del traffico lungo la rete e il ponte saranno eseguite a partire dal flusso di traffico veicolare misurato sui punti di monitoraggio del traffico, estrapolati sulla base della velocità del flusso e mediante l'uso del software di simulazione traffico suindicato.

Le previsioni a medio termine del flusso di traffico veicolare lungo la rete e il ponte saranno eseguite su tendenze di traffico veicolare statistiche, adattate il più possibile a seconda dei dati del traffico veicolare misurati e mediante l'uso del software di simulazione traffico suindicato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Le previsioni a lungo termine del flusso veicolare del traffico lungo la rete e il ponte verranno effettuate sulle tendenze statistiche del traffico veicolare.

I dati relativi ai treni saranno forniti da RFI in anticipo rispetto all'arrivo dei treni. I dati relativi ai treni saranno altresì registrati non appena i treni si accostano al ponte, operando un miglioramento delle cifre fornite da RFI. Il traffico dei treni sarà ben regolato, e quindi sarà prevedibile la tempistica dei treni. Il traffico ferroviario deve essere rivisto nel contesto del carico totale sul ponte. Il carico di traffico ferroviario può quindi essere aggiunto come un input manuale alle previsioni su una durata che copra l'ora in cui ci si attende l'arrivo del treno sul ponte, compresa la disposizione per l'errore

I processi di dettaglio per fare le previsioni del traffico dovranno essere stabiliti nella fase di dettaglio del progetto, quando saranno note le posizioni del monitoraggio delle targhe e quando saranno stati approvati i processi per il ricevimento delle informazioni da parte di RFI.

L'intervallo di previsione per le previsioni a corto e medio termine debbono essere di 1 minuto. Per le previsioni a lungo termine, si dovrà adottare un intervallo di 10 minuti.

I dati debbono essere forniti in colonne, con la colonna-guida contenente la marcatura oraria.

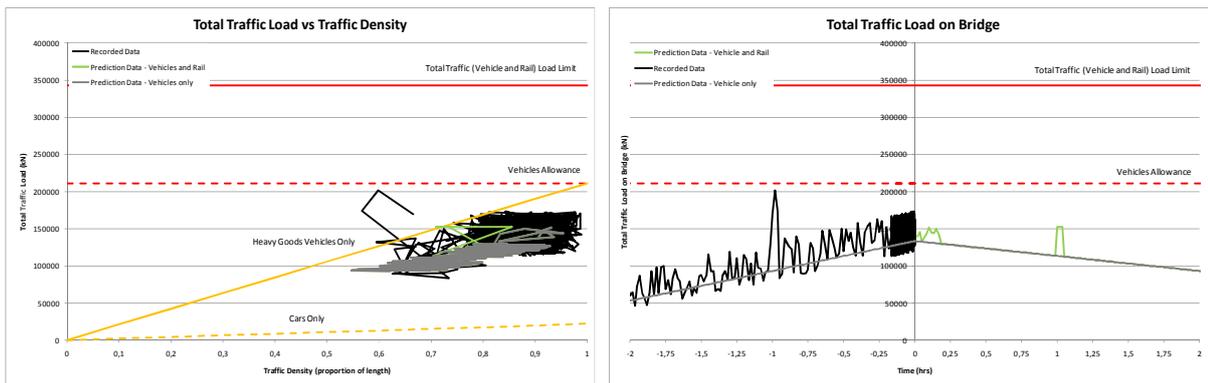
Il CSP deve visualizzare i dati in modo grafico. Tutti i dati di previsione debbono essere presentati confrontati con il tempo. Le previsioni a breve, medio e lungo termine debbono essere visualizzate sullo stesso grafico. I dati estratti dal SHMS debbono anch'essi essere mostrati sui grafici. I limiti di percorribilità debbono essere visualizzati sui grafici. Deve altresì essere visualizzato, allo scopo della revisione delle previsioni generali del passaggio dei treni, un limite di percorribilità per il traffico veicolare, limitato da una tolleranza virtuale per i treni sul ponte.

Il carico veicolare totale sul ponte e il carico del traffico totale (veicolare e ferroviario) sul ponte sarà messo su un grafico a confronto con la densità del traffico veicolare sul ponte. La durata dei dati mostrati potrà essere definita dall'utente, impostata inizialmente a 10 minuti di dati estratti e 10 minuti di dati previsti. I limiti di percorribilità debbono essere visualizzati sul grafico. Deve altresì essere visualizzato, allo scopo della revisione delle previsioni generali del passaggio dei treni, un limite di percorribilità per il traffico veicolare, limitato da una tolleranza virtuale per i treni sul ponte. Si dovranno fornire due linee teoriche, le quali indichino la correlazione attesa di 1) solo automobili e 2) solo veicoli merci pesanti. Ci si attende anche che tali linee teoriche aiutino a formulare la revisione delle previsioni generali.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20/06/2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20/06/2011						

La **Figura Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..4 Grafici illustrativi del carico del ponte confrontato con l'intensità del traffico e con il tempo.

rappresenta un esempio pratico di tali immagini



**Figura Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..4 Grafici illustrativi del carico del ponte confrontato con l'intensità del traffico e con il tempo.

Le previsioni possono anche essere richieste per la revisione dell'impatto di un evento, ad esempio un incidente che chiuda una corsia, o una procedura di controllo del traffico che riduca i limiti di velocità. I dati contenuti nelle tendenze del flusso del traffico possono essere utilizzati come rappresentazione del traffico atteso e possono quindi essere applicati come flussi di dati a tempo variabile che viene manipolato mediante la previsione sulla base delle regole stabilite per i vari scenari, definite nel manuale E&O. Si può stabilire un database delle cause e degli effetti per permettere le previsioni da migliorare basate su dati reali. Un esempio di tale procedura può essere:

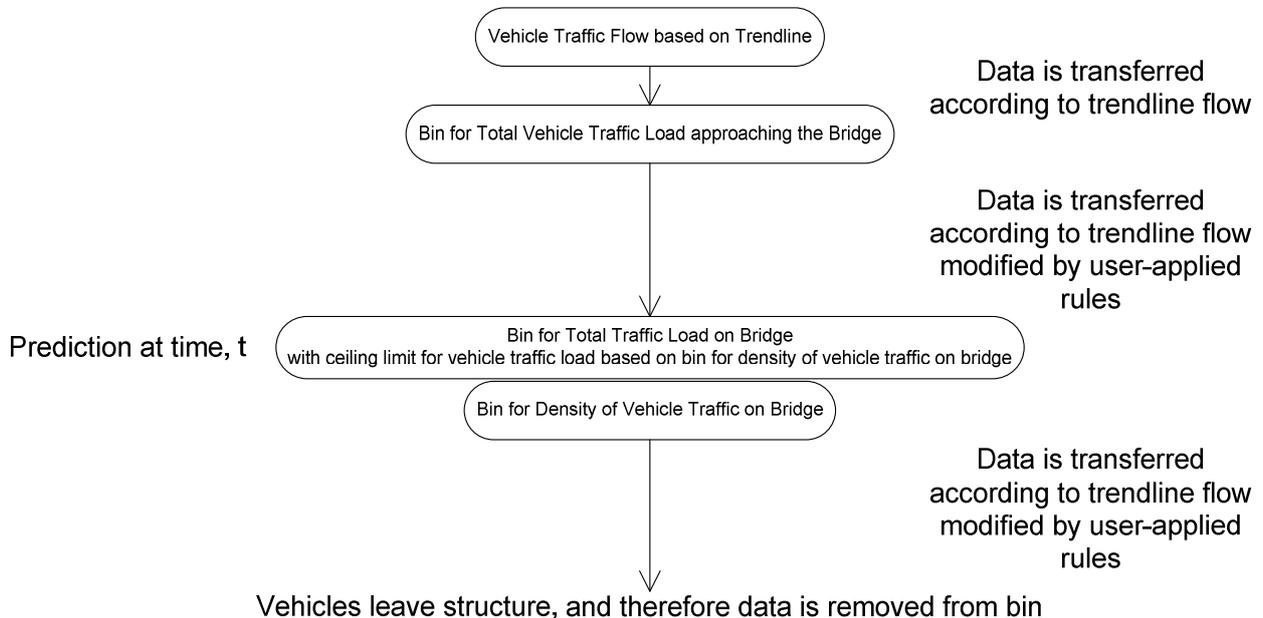
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Current Status at  $t=0$  as recorded by the SHMS

Event has been identified and inputted into CSP for prediction – event is considered from  $t=0$

Trend-line data from  $t=0$  to act as a rolling prediction of traffic flow

With each increment of time,  $t$ , in the prediction data flows between bins:



Il processo dettagliato per eseguire le previsioni del traffico deve essere stabilito nella fase di dettaglio del progetto, quando siano note le posizioni del monitoraggio delle targhe.

#### 6.4 Previsioni della temperatura strutturale.

Le previsioni della temperatura strutturale debbono essere prodotte dal CSP utilizzando le previsioni meteo prodotte dall'istituto meteorologico prescelto e i dati misurati generati dal SHMS.

Dovranno essere generate le seguenti previsioni:

- Temperatura globale dell'acciaio strutturale
- La differenza di temperatura fra il cavo principale e la temperatura strutturale globale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La temperatura strutturale si sviluppa come risultato delle condizioni della temperatura dell'aria e dell'irraggiamento solare; viene cioè assorbito il calore del sole. Le previsioni della temperatura dell'aria saranno rese disponibili dal centro meteorologico nazionale. L'irraggiamento solare è invece più difficile da quantificare. Esso dipende dalle condizioni meteo generali, quali la copertura nuvolosa (sereno o nuvoloso), l'ora del giorno e cioè l'intensità della radiazione solare è maggiore a metà giornata, e il periodo dell'anno; ossia l'intensità dell'irraggiamento solare è maggiore in estate. La temperatura che si sviluppa in quanto risultato dell'irraggiamento dipende anche dal modello di schermatura durante il giorno. L'irraggiamento solare, in isolamento di ombreggiatura, sarà ben condizionato e seguirà una tendenza di 24 ore che dipenderà dalla data. Le previsioni dell'irraggiamento solare quindi verranno stabilite a partire da linee di tendenza di base in isolamento di ombreggiatura, e potranno essere modificate sulla base delle previsioni della copertura nuvolosa prodotte dal centro meteorologico nazionale. Una combinazione della revisione dei dati statistici che mostrano l'influenza della temperatura dell'aria e dell'irraggiamento solare permetterà quindi di prevedere la temperatura globale strutturale e la differenza di temperatura fra il cavo principale e la temperatura globale strutturale da prevedere. Lo stesso metodo deve essere adottato per le previsioni a breve, medio e lungo termine. Queste previsioni saranno eseguite applicando la stessa procedura illustrata alla Figura 6.2.

L'intervallo di previsione per le previsioni a corto e medio termine debbono essere di 1 minuto. Per le previsioni a lungo termine, si dovrà adottare un intervallo di 10 minuti. Le previsioni dovranno essere aggiornate automaticamente ogni 30 minuti.

I dati debbono essere forniti in colonne, con la colonna principale contenente la marcatura oraria.

Il CSP deve visualizzare i dati in modo grafico. Tutti i dati di previsione debbono essere presentati confrontati con il tempo. Le previsioni a breve, medio e lungo termine debbono essere visualizzate sullo stesso grafico. I dati estratti dal SHMS debbono anch'essi essere mostrati sui grafici.

## **6.5 Altre visualizzazioni correlate**

### **6.5.1 Carico del vento nei confronti del carico del traffico (veicolare o ferroviario)**

I dati relativi alla velocità del vento debbono essere convertiti alla pressione del vento, la quale è una rappresentazione diretta del carico del vento. I dati della pressione trasversale del vento debbono essere messi sul grafico a confronto con il carico del traffico totale (veicolare e ferroviario) sul ponte. Per una chiarezza di presentazione, deve essere presentato il punto dei dati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

ogni minuto. Dovrà essere presentata la massima velocità del vento nell'intervallo di un minuto. Debbono essere mostrati entrambi i dati di previsione e i dati estratti. La durata dei dati mostrati potrà essere definita dall'utente, impostata inizialmente a 10 minuti di dati estratti e 10 minuti di dati previsti. I limiti debbono essere visualizzati.

### 6.5.2 Spostamento e momenti

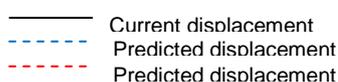
Debbono essere stabilite linee di influenza per i casi elencati qui in seguito, che saranno utilizzate congiuntamente ai carichi previsti elencati al capitolo 6:

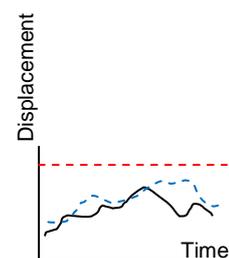
- Momento della base delle torre in direzione longitudinale al ponte e trasversale al ponte, dovuto alla velocità del vento ed alla direzione del vento
- Momento della base delle torre in direzione longitudinale al ponte e trasversale al ponte, dovuto al traffico
- Spostamento trasversale dell'impalcato in funzione della velocità del vento e della direzione del vento
- Spostamento verticale dell'impalcato dovuto al carico del traffico (veicolare e ferroviario)
- Spostamento verticale dell'impalcato dovuto alla variazione della temperatura globale strutturale
- Spostamento verticale dell'impalcato dovuto alla variazione nella differenza di temperatura fra il cavo principale e la temperatura globale strutturale.

I dati relativi allo spostamento debbono essere stabiliti a partire dai dati registrati e previsti, come applicato alle linee di influenza. I dati devono essere messi sul grafico a confronto con il tempo. I limiti di percorribilità debbono essere aggiunti ai grafici.

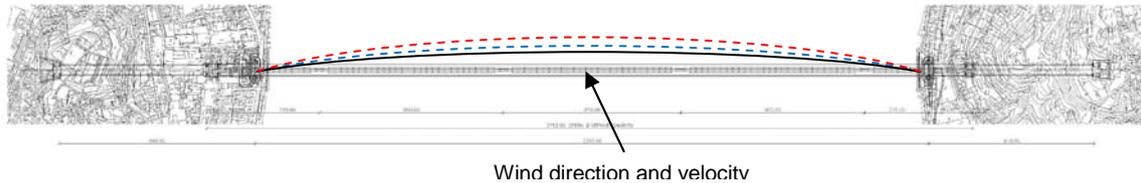
La Figura **Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..5** Grafico illustrativo dell'inflessione prevista dell'impalcato del ponte

rappresenta un esempio di tale tipo di grafico.


  
 — Current displacement  
 - - - Predicted displacement  
 - - - Predicted displacement



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011



**Figura *Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..5*** Grafico illustrativo dell'inflessione prevista dell'impalcato del ponte

- Spostamenti delle torri rispetto alla pressione del vento: l'aggiornamento avverrà con la stessa frequenza con cui vengono prodotte le previsioni del tempo.
- Spostamenti dei giunti di dilatazione rispetto al vento e alla temperatura; l'aggiornamento avverrà con la stessa frequenza con cui vengono prodotte le previsioni del tempo.

Queste linee di influenza saranno utilizzate dal CSP per stimare lo spostamento di tutti i casi sopra citati. Le linee di influenza saranno prodotte partendo dal modello FE, che costituisce parte del sistema CSP e dovrà essere aggiornato ogni volta che il modello FE sarà stato calibrato sulle misurazioni del SHMS, al fine di garantire le migliori previsioni possibili. Parimenti la linea di influenza avrà l'opzione di calibratura rispetto ai dati registrati provenienti dal SHMS, vale a dire che potrà essere effettuato il confronto fra lo spostamento previsto e quello registrato, al fine di calibrare manualmente la linea di influenza.

### 6.5.3 Sollecitazione dei cavi

La previsione della sollecitazione dei cavi sarà trattata separatamente per il cavo principale ed i pendini.

La sollecitazione sul cavo principale sarà rilevata servendosi di una massa distribuita uniformemente insieme ad una linea di influenza. La massa distribuita uniformemente sarà calcolata nel CSP in base al carico del traffico e del vento.

La sollecitazione dei pendini sarà calcolata in base all'equazione seguente

$$\text{Hanger stress} = \frac{\frac{\text{Uniformly distribute force}}{\text{Number of hangers}} + \text{Point force}}{\text{Cable area}}$$

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> P10006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

In cui Point force (forza di punta) è un carico immediato dovuto a treni programmati e mezzi pesanti. Questa forza di punta sarà applicata nel lasso di tempo usato nella previsione, vale a dire che la forza di punta è applicata a ciascun pendino in un momento diverso della previsione, secondo la posizione del carico di punta calcolato partendo dal limite di velocità per treni e mezzi pesanti.

## 7 Previsioni per la manutenzione

Il seguente capitolo descrive le previsioni di manutenzione disponibili nel CSP, e la visualizzazione delle previsioni di manutenzione sul CSP. Le previsioni di manutenzione debbono essere preparate per essere di aiuto alla pianificazione e manutenzione del ponte. Le previsioni richieste includono:

- Fatica dell'impalcato a struttura ortotropica (dati relativi alla fatica)
- Fatica delle aperture sul diaframma dell'impalcato (dati relativi alla fatica)
- Fatica degli angolari della lamiera dell'impalcato sul traverso (dati relativi alla fatica)
- Fatica dei cavi dei pendini dovuta a fluttuazioni delle sollecitazioni assiali (dati relativi alla fatica)
- Fatica dei cavi dei pendini dovuta a sollecitazioni di insellamento e alle fluttuazioni delle sollecitazioni assiali (dati relativi alla fatica)
- Condizione di manutenzione dei giunti di dilatazione (dati di manutenzione del giunto di dilatazione)

Le previsioni di manutenzione debbono stabilire una vita residua del componente sottoposto a monitoraggio.

### 7.1 Previsioni di fatica

Le previsioni di fatica debbono essere prodotte dal CSP basandosi sui dati del conteggio rainflow (registrati dal SHMS) insieme all'uso della somma di Palmgren-Miner per calcolare gli utilizzi.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

L'ipotesi di Palmgren-Miner afferma che laddove il componente di interesse è soggetto a cicli di sollecitazione diversi  $k$ , il guasto avviene quando:

$$\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} = 1$$

In cui  $n$  è un ciclo che contribuisce alla sollecitazione e  $N_i$  è il numero di cicli fino al guasto.  $N_i$  è funzione delle curve S-N come indicato alla Figura 5.9. Considerando il tempo utilizzato per registrare  $i$  dati usati nella sommatoria  $\sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i} = 1$  è possibile prevedere la vita residua mediante la seguente espressione:

$$\text{Residual life} = \frac{\text{Time used for logging data}}{\text{Palmgren - Miner sum}}$$

La relazione suddetta assume che i dati siano stati registrati dal momento in cui la struttura di interesse è stata aperta per l'uso.

Lo sviluppo degli utilizzi della fatica deve essere calcolato a partire da tutti i conteggi di rainflow seguenti alle procedure presentate nella base di progetto. La classe di fatica deve poter essere definita dall'utente. I bin più piccoli conterranno le fluttuazioni che non sono reali, ma sono dovute al disturbo. L'utente deve essere in grado di definire quali bins non verranno utilizzati nel calcolo degli utilizzi di fatica. I parametri definibili dall'utente debbono inizialmente essere impostati ai valori adottati nel SHMS

Le previsioni della vita residua debbono essere calcolate basandosi sulla modifica dell'utilizzo.

- nelle 24 ore precedenti
- nel mese precedente

Le previsioni della fatica dovranno essere prodotte ogni 24 ore.

Le previsioni della vita residua, così come lo sviluppo degli utilizzi della fatica registrati dal SHMS debbono essere inseriti sul grafico a confronto con il tempo. Gli utilizzi debbono essere rappresentati mediante la vita residua, ovvero un utilizzo pari a 0 è equivalente alla vita residua di 200 anni, un utilizzo pari a 1 è equivalente ad una vita residua di 0 anni. Le previsioni della vita residua debbono essere presentate come estensioni a partire dal momento attuale ad una vita

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

residua di 0. Gli utilizzi esplicitamente calcolati dal SHMS debbono anch'essi essere messi su grafico, in modo da comparire come riferimento.

Figura Errore. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..22 Grafici illustrativi del tempo di *vita residua previsto di un componente non specificato del ponte*

mostra un esempio di grafico del tempo di vita residua presentato sul grafico in rapporto agli anni di utilizzo.

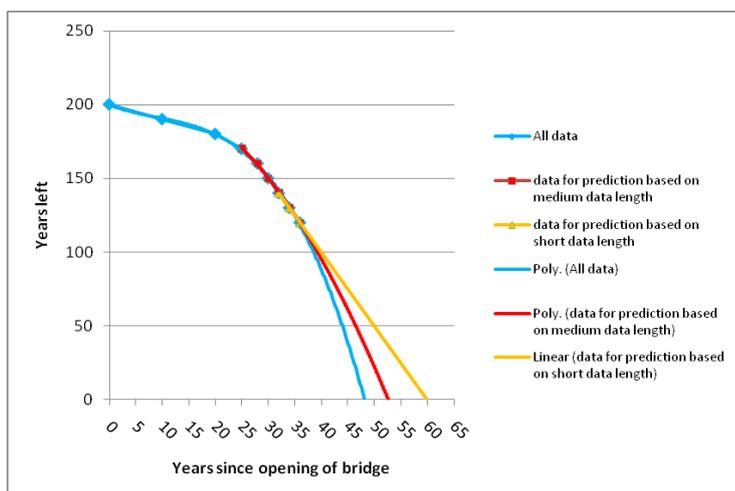


Figura **Errore**. Nel documento non esiste testo dello stile specificato..22 Grafici illustrativi del tempo di *vita residua previsto di un componente non specificato del ponte*

## 8 Comunicazioni fra il CSP ed altri sistemi

Il seguente capitolo elenca i vari sistemi secondari ai quali il CSP invierà (e dai quali riceverà) i dati. In genere, i dati necessari al CSP saranno posizionati nei database che si trovano nello SCADA e nel MMS.

Tutte le previsioni effettuate dal CSP saranno salvate nel database dello SCADA per poter essere utilizzate in altri sistemi secondari sotto MACS, salvo ove specificato diversamente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

## 8.1 Database comuni in SCADA e nel MMS

Il CSP avrà accesso ai database nello SCADA e nel MMS, da dove il CSP sarà in grado di ricevere i dati salvati dal MMS, SHMS, BMS, ICMS e da altri sistemi corrispondenti e sistemi secondari

## 8.2 MMS

Il CSP avrà la funzione di fornire al MMS i dati dei grafici. I dati necessari al MMS sono elencati al capitolo 8.5. I dati del grafico forniti al MMS saranno salvati in modo permanente nel database MMS, ma cancellati dal CSP dopo che il MMS avrà confermato che i dati sono stati ricevuti

## 8.3 SHMS

Il CSP avrà accesso al database situato nello SCADA in cui vengono memorizzati i dati storici provenienti dal SHMS L'SHMS, inoltre, fornirà i dati provenienti dall'ultima introduzione nel database fino al momento attuale, in cui gli ultimi 10 minuti saranno di dati ad alta risoluzione.

### 8.3.1 Dati di uscita per il SHMS

Tutte le previsioni fatte dal CPS saranno disponibili nel database del MMS, da cui il SHMS raccoglie tutti i dati di previsione relativi ad un dato sensore o setup di sensore.

## 8.4 BMS

Utilizzando i dati provenienti dal SHMS, i carichi e le previsioni calcolate dal CSP saranno utilizzate per le interpretazioni ed i confronti con limiti dati dai progettisti, in modo da classificare un componente del ponte nel sistema di classificazione per punti del BMS. Il CSP si interfacerà con il BMS e recupererà la classificazione corrente del componente del ponte in questione. Il grado calcolato dal CSP sarà quindi assimilato con il grado corrente del BMS in modo da ottenere una nuova graduatoria totale. Sulla base dei calcoli e dell'assimilazione dei vari gradi verrà generata una relazione da utilizzare nel BMS.

### 8.4.1 Dati di uscita per il BMS

Il sistema di classificazione utilizzato del CSP sarà stabilito in collaborazione con il BMS, in modo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> <i>PI0006_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

da trovare il corretto dimensionamento per i valori calcolati di fatica/utilizzo/carico, ecc. in relazione allo schema di classificazione a 6 punti utilizzato dal BMS (da 0 a 5) Come standard, la classificazione sarà equamente suddivisa su tutto il campo di fatica/utilizzo/carico, ecc. Ciò significa ad esempio che la fatica sarà classificata come mostrato qui sotto, ed il resto in maniera analoga

$$\text{CSP grade} = 5 - 0.025 * \text{residual life in years}$$

Come standard, l'assimilazione di classi di eccitazione dal sistema BMS fino ad una classe totale basata sulla classe BMS e la classe CPS calcolata, funzionerà come illustrato qui sotto. Ci sarà un'opzione di modifica di questa relazione in un secondo momento, se si rivelerà vantaggiosa sulla base dell'esperienza.

$$\text{Total BMS grade} = \frac{(\text{BMS grade}) + (\text{CSP grade}) * 1.2}{2}$$

Sulla classe CSP calcolata viene applicato un fattore di sicurezza 1.2. E' possibile modificare questo valore per il singolo componente strutturale in base alle raccomandazioni delle ispezioni BMS.

Altre forme di dati includeranno, ad esempio, valori di dati come le curve di inflessione e i valori delle sollecitazioni di picco, nonché illustrazioni semplici, per esempio in formato pdf.

Altri esempi sono costituiti dalle curve che indicano, per un determinato periodo, i carichi di traffico, i movimenti dei giunti di dilatazione e le variazioni delle sollecitazioni. Il CSP è in grado di generare rapporti per presentare i risultati elaborati. A tale scopo il CSP utilizza le funzioni di generazione dei rapporti messe a disposizione dal MACS. In tal modo il CSP effettua una valutazione, orientata alla simulazione e alla previsione, delle registrazioni acquisite dal SHMS.

## 8.5 ICMS

Il sistema CSP avrà la funzione di raccogliere e di creare un elenco di eventi, a partire dal ICMS, che raccoglierà tutti gli eventi che si verificano nel MACS, compresi quelli esterni al sistema del ponte che avranno un effetto sul ponte. Sarà possibile calcolare la correlazione a diversi effetti,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> P10006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

quali il traffico e il vento ed altri effetti mediante l'uso dell'elenco degli eventi ICMS e la posizione degli stessi. Un altro esempio, oltre al calcolo per correlazione, è la possibilità di mettere su un grafico la quantità di eventi relativamente alla posizione.

## 9 Dati dei grafici disponibili per altri sistemi

Di seguito, un elenco dei sistemi che necessitano dei dati provenienti dal CSP. Le varie sezioni secondarie per ognuno dei sistemi contengono anche una descrizione del modo in cui i dati sono prodotti per quel sistema particolare.

### 9.1 Generalità

Il CSP avrà la funzione di generare canali virtuali. Per esempio, si potrà impostare che l'integrazione dell'accelerazione e dello spostamento venga effettuata ogni volta che un utente lo desideri. Così, invece di chiedere l'integrazione, l'utente potrà creare un nuovo canale virtuale permanente che fornirà all'utente lo spostamento invece dell'accelerazione.

Un altro esempio può essere quello di un ingegnere che desidera ispezionare la differenza di movimento in due sensori di spostamento. Qui, l'ingegnere può definire un nuovo canale virtuale che sottragga i due set di dati fornendo la differenza fra due sensori di spostamento desiderati.

Se il nuovo canale virtuale diventa obsoleto, ad un certo punto, sarà possibile cancellarlo dal CSP.

Bisogna concordare la quantità di canali virtuali disponibili nel CSP, basata sulla specifica hardware al momento di programmazione del CSP.

In genere, tutti i canali non virtuali saranno disponibili per gli altri sistemi. Il canale virtuale avrà un'opzione per essere un canale privato/condiviso, il che significa che i canali virtuali saranno disponibili solo se il creatore del canale sceglierà di farlo diventare un canale condiviso. Il fatto di renderlo canale condiviso lo renderà disponibile a tutti i sistemi che hanno accesso al CSP.

### 9.2 Dati di uscita generali provenienti dal CSP

Il seguente capitolo enumera i dati esempio necessari al MMS. Tutti i dati avranno una marcatura oraria. Da notare che la tabella seguente illustra solamente il tipo dei dati necessari, e non già la

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		Codice documento PI0006_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

quantità dei dati. L'elenco dei dati della temperatura, ad esempio, riguarda i dati delle temperature provenienti da tutti i sensori della temperatura.

### 9.2.1 Dati relativi alla temperatura

Ora:	Posizione /WBS	Temperatura [°C]
------	----------------	------------------

### 9.2.2 Dati relativi al vento

Ora:	Posizione /WBS	Velocità del vento [m/s] (10 min. media)	Direzione del vento [°] (10 min. media)	Velocità delle raffiche di vento [m/s]	Pressione del vento [Pa]	Velocità prevista del vento [m/s]
------	----------------	---	--	--	--------------------------	-----------------------------------

### 9.2.3 Dati relativi al carico

Ora:	Posizione /WBS	Carico totale del ponte [%]	Totale attese/previsione ponte [%]
------	----------------	-----------------------------	------------------------------------

### 9.2.4 Dati relativi alle sollecitazioni

Ora:	Posizione /WBS	Sollecitazione impalcato [MPa]	Sollecitazione e torre [%]	Sollecitazione e pendini [%]	Sollecitazioni del cavo principale [%]
------	----------------	--------------------------------	----------------------------	------------------------------	--

### 9.2.5 Dati relativi agli eventi

Ora:	Posizione /WBS	Allerte (Carico)	Allerte (Spostamento)	Allarmi: (Carico)	Allarmi: (Spostamento)	Posizione dei vari eventi (Coordinate sul
------	----------------	------------------	-----------------------	-------------------	------------------------	--



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 9.2.10 Dati relativi al canale virtuale

Sarà possibile rendere disponibile un canale virtuale per l'MMS qualora i nuovi report standard richiedessero dati ottenuti da una nuova combinazione dei canali fisici.

Ora:	Canale virtuale 1	Canale virtuale 2	...
------	-------------------	-------------------	-----

## 10 Lista del software proposto

La tabella seguente riporta l'elenco del software standard proposto per l'applicazione nell'ambito del sistema CSP.

Analisi	Simulazione	Traffico:	Simtraffic7 o similare.
		Struttural e:	ADINA, Bentley RM 2000, SAP 2000 o similare.
		Meteo:	Modelli prodotti da istituti meteorologici accreditati
	Gestione dati	Tutti:	Esempi: Labview, Matlab, Matematica o similare.

Oltre a questo software standard, dovranno essere realizzate alcune funzioni customizzate, che si possono creare in Matlab, C++ o linguaggio di programmazione similare.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 11 Grafici disponibili nel CSP

Oltre ai grafici sopra riportati, il CPS sarà anche in grado di produrre tutti i grafici citati nel documento CG1000-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-00-01\_A\_MACS\_ANX . Inoltre tutti i dati generati da SHMS, TMS ed altri sistemi pertinenti nei database SCADA e MMS saranno disponibili per un'analisi più approfondita mediante gli strumenti di analisi indicati al capitolo 5.1.

## 12 Lista dei requisiti

Qui in seguito una lista dei requisiti raccolti da:

- La specifica tecnica dello Stretto di Messina

ID	Requisito	Riferimento al requisito
1.	Determinare il livello di servizio del giorno corrente	Il livello di servizio del giorno corrente rispetto al carico sul ponte potrà essere rilevato dai grafici nel MMS/SHMS in cui sono riportati i grafici del carico totale in rapporto al limite SLS

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

2.	Stimare/simulare	Il livello di servizio previsto	Il livello di servizio previsto può essere rilevato dai grafici nel MMS/CSP, che visualizzano dati prodotti nel CSP, che mostra grafici della configurazione a breve, medio e lungo termine di vari casi previsti di carico di traffico veicolare e ferroviario, carico totale, densità del flusso ecc., vedere capitolo 6.3
3.		Gli effetti di eventi su traffico, struttura e ambiente	<p>L'effetto localizzato sul traffico in relazione al ponte può essere calcolato con l'utilizzo del software di simulazione traffico, vedere capitolo 6.3</p> <p>Gli effetti evidenti sulla struttura si possono rilevare con i dati prodotti dal SHMS, mentre gli effetti a lungo termini devono essere simulati dal modello FE, vedere capitolo 4.5</p>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

4.		Condizioni effettive di traffico, struttura e ambiente fisico	<p>Il traffico effettivo e previsto può essere rilevato dai grafici nel MMS/SHMS/CSP, che visualizzano dati prodotti nel CSP, che mostra grafici della configurazione a breve, medio e lungo termine di vari casi previsti di carico di traffico veicolare e ferroviario, carico totale, densità del flusso ecc., vedere capitolo 6.3</p> <p>I dati della struttura effettivi e previsti possono essere rilevati nel MMS/SHMS/CSP, che visualizzano dati prodotti nel SHMS e CSP. Gli spostamenti previsti sono elencati al capitolo 6.5.2, mentre le previsioni su fatica e vita residua sono elencate ai capitoli 5.3.3 e 7.1.</p> <p>La previsione dell'ambiente fisico, in questo caso il meteo, sarà eseguita come descritto al Capitolo 6.2</p>
5.		Informazioni sullo stato corrente e previsto del ponte al concessionario del Ponte	Persona in SCADA /SHMS/MMS/CSP

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

6.	I dati raccolti saranno anche utilizzati per creare modelli precisi dello stato del momento e stato previsto del Ponte.	SHMS (al momento)/CSP(previsto). Nel CSP verrà calibrato il modello FE (capitolo 4.5) in relazione ai dati registrati dal SHMS. Le linee di influenza utilizzate per prevedere gli spostamenti dei vari elementi strutturali (capitolo 6.5.2) saranno quindi riviste dal modello FE calibrato per garantire una previsione precisa.
7.	Tutte le informazioni disponibili (misurazioni, stime, comprendenti qui quelle meteorologiche, sismico-tettoniche e del traffico, segnalazione allarmi eventuali, ecc.) saranno utilizzate dal sistema di gestione e controllo per valutare lo stato effettivo del ponte e per valutare lo stato previsto entro il breve termine (ca. 10 minuti), medio termine (1 o 2 ore) e lungo termine (uno o più giorni)	I dati effettivi possono essere rilevati nel MMS/SHMS, mentre i dati previsti possono essere rilevati nel MMS/CSP. Si possono vedere esempi di grafico ai capitoli 5.2.2, 5.3, 6 e 7. Con la possibilità di canali virtuali, si possono generare grafici customizzati, vedere capitolo 5.1.
8.	In base a queste valutazioni e stime, dovrà essere valutato il livello massimo di servizio del ponte effettivo ed ammissibile a medio e lungo termine.	SHMS/CSP, ved. capitolo 6.3

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

9.	<p>Il livello di servizio sarà valutato anche secondo le condizioni delle ferrovie e autostrade collegate, quali ad esempio le condizioni in cui queste non sono più in grado di garantire un adeguato flusso del traffico proveniente dal ponte, o anche lo stato in cui il flusso di traffico in entrata al ponte potrebbe causare eccessivi disturbi ai veicoli che viaggiano sul ponte.</p>	<p>CSP:          E' necessario creare un'interfaccia al TMS per il sistema stradale che circonda il ponte; i dati saranno salvati in un database comune con il resto dei dati TSM. Il CSP prenderà quindi in considerazione questi dati esterni al momento di eseguire la previsione riportata al capitolo 6.3.</p>
10.	<p>Basandosi sul livello di servizio effettivo e previsto ammissibile, il sistema regolerà il traffico veicolare sul Ponte ed eventualmente interverrà per regolare i flussi in arrivo, al fine di garantire la sicurezza, la fluidità del traffico e, se necessario, prevenire o limitare la formazione di code sul Ponte</p>	<p>Il CPS produrrà eventi di allarme se le previsioni raggiungono i limiti pertinenti. Gli allarmi dovranno essere riconosciuti dall'operatore nel SCADA, che trasmetterà quindi al sistema TSM una richiesta di regolazione del flusso di traffico in base ad una valutazione della previsione proveniente dal CSP, vedere capitolo 4.2.</p>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

11.	Il sistema visualizzerà in tempo reale tutte le informazioni relative agli eventi, nel modo più atto ad ottenere una rappresentazione immediata ed efficace (mappe, tavole, video) e consentirà la ricerca, visualizzazione ed elaborazione necessaria relative a periodi o eventi specificati dall'utente.	ICMS/MMS/CSP: Nel log evento dovranno essere inclusi link a feed video, dati di posizione e dati di sensori. Il CPS presenterà la posizione degli eventi su mappe e potrà anche essere mostrato un grafico di correlazione di eventi e parametri pertinenti prescelti, vedere capitolo 5.2.2 e capitolo 5.3.1
12.	Il sistema considererà come Evento qualsiasi segnalazione di anomalia, guasto, incidente, evento imprevisto, intrusione, sabotaggio che generano un allarme, come anche tutte le attività programmate che influiscono sulla sicurezza, il traffico e la resistenza del Ponte	Per il CSP vedere capitolo 4.2
13.	Ciascun evento sarà monitorato dal sistema per tutta la sua durata. Le informazioni relative all'evolversi dell'evento potranno essere acquisite monitorando il Ponte, i cantieri di manutenzione, gli incidenti ed anche mediante il coordinamento con i gestori della rete viaria/autostradale e ferroviaria e/o potranno essere inserite dall'operatore. Dovranno essere registrate tutte le informazioni raccolte sugli eventi, compresa posizione, data ed ora e sull'evolversi degli eventi.	Per il CSP un evento comprende la previsione di raggiungimento o superamento del limite pertinente, vedere capitolo 4.2 per le azioni relative.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> P10006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

14.	<p>I dati raccolti ed elaborati saranno visualizzati in forma di report (tabelle, grafici) e su mappa georeferenziata. Saranno visualizzati tutti i dati critici e tutti i dati utili o essenziali per la valutazione dello stato del Ponte e saranno anche rappresentati scenari diversi (del momento, previsti, storici) attraverso un'interfaccia GIS; fra questi:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lo stato del momento e lo stato previsto del Ponte, con visualizzazione degli eventi (chiusura di corsie di transito, stato dei segnali del traffico, cantieri di manutenzione, incidenti, ecc.)</li> <li>2. Stato del momento e stato previsto del traffico veicolare, con visualizzazione dei parametri del traffico (flusso, velocità media, congestione, code e relativa lunghezza e tempo di attesa previsto)</li> <li>3. Traffico ferroviario del momento e previsto (posizione delle vetture)</li> <li>4. Stato del momento e stato previsto della struttura</li> <li>5. Condizioni meteo del momento e previste.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Può essere visualizzato mediante il software di simulazione del traffico, capitolo 4.4</li> <li>2. Vedere SHMS e capitolo 6.3</li> <li>3. Nella previsione saranno utilizzati tutti i dati nel database originati da SHMS, TSM ed altre fonti esterne, vedere capitolo</li> <li>4. 6.5.2 e capitolo 7.1</li> <li>5. vedere capitolo 6.5.2</li> </ol>
15.	<p>Inoltre l'interfaccia utente consentirà l'analisi spazio temporale dei dati disponibili, mediante la ricostruzione, anche tridimensionale, di versi scenari e della loro evoluzione; questo sarà fatto allo scopo di supportare le attività di gestione, manutenzione e pianificazione.</p>	<p>CSP:          Creare canali virtuali con lo strumento descritto dovrà rendere possibile l'esecuzione di tutte le analisi necessarie, vedere capitolo 5.1 e capitolo 9.1.</p>
16.	<p>Gli utenti del sistemi saranno in grado di definire situazioni ipotetiche per simulare le condizioni correlate ed osservare le reazioni del Ponte. Tali attività sono importanti ai fini del monitoraggio e della gestione e pianificazione</p>	<p>CSP: Con l'uso del software indicato al capitolo 4.4 e dei dati statistici è possibile creare una previsione locale di situazioni ipotetiche.</p>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

17.	La simulazione del comportamento della struttura, fornirà: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. l'analisi e valutazione dei fenomeni che influiscono sull'integrità, sicurezza e resistenza della struttura</li> <li>2. la valutazione e previsione del comportamento del ponte, anche in correlazione con il verificarsi di eventi</li> <li>3. la simulazione e valutazione di strategie di manutenzione e gestione della struttura</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capitolo 4.5</li> <li>2. Capitolo 4.5 e capitolo 6.5.2</li> <li>3. Capitolo 4.5 e BMS</li> </ol>
18.	La simulazione dell'ambiente fisico consentirà: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. L'analisi e valutazione dei fenomeni meteo-climatici e tettonico-sismici che influiscono sul funzionamento, comportamento, integrità, sicurezza e resistenza dell'Opera.</li> <li>2. La previsione e valutazione degli eventi meteo-climatici e tettonico-sismici che influiscono sul funzionamento, comportamento, integrità, sicurezza e resistenza dell'Opera.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capitolo 6.5 e capitolo 4.5</li> <li>2. Capitolo 6.2, 6.4, 6.5 e capitolo 4.5</li> </ol>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

19.	<b>Gestione degli eventi</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rilevazione degli eventi</li> <li>2. Monitoraggio degli eventi</li> <li>3. Valutazione dell'impatto</li> <li>4. Sviluppo di strategie di intervento</li> <li>5. Stima degli effetti degli interventi</li> <li>6. Scelta dell'intervento da adottare</li> <li>7. Gestione del traffico</li> <li>8. Diffusione delle informazioni</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gli eventi dal CSP comprenderanno i limiti prefissati di superamento nella previsione fatta dal CSP Capitoli 6 e 7</li> <li>2. Il monitoraggio di eventi originati dalla previsione sarà effettuato dall'operatore in SCADA Capitolo 4.2</li> <li>3. L'impatto di eventi originati dalla previsione sarà effettuato dall'operatore in SCADA con l'aiuto del ICMS. Capitolo 4.2</li> <li>4. O&amp;M manuale</li> <li>5. Un intervento quali il blocco di una corsia di traffico sarà immesso nel sistema CSP.</li> <li>6. Operatore/gestori SCADA</li> <li>7. TMS</li> <li>8. ICMS</li> </ol>
20.	Combinazione di condizioni di traffico, meteorologiche e strutturali che limitano o impediscono il transito.	Capitoli 4.5, 6.2, 6.3 e 6.5.2

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

21.	Gli eventi saranno localizzati nel tempo e nello spazio. Gli eventi segnalati saranno localizzati su una mappa georeferenziata e saranno visualizzate tutte le informazioni correlate (o sarà data la possibilità di visualizzarle). Le mappe potranno essere usate dai sottosistemi di gestione traffico e gestione emergenza allo scopo di gestire gli eventi.	Capitolo 5.2.2
-----	--	----------------

## 13 Requisiti minimi della documentazione

Con il CPS sarà fornita la documentazione seguente:

- Manuale d'uso
- Manuale di manutenzione
- Guida all'architettura del sistema
- Guida ai codici sorgenti del software per il software sviluppato appositamente
- Codice sorgente del software stampato per il software sviluppato appositamente
- Guida alla individuazione e risoluzione dei guasti
- Guida alla diagnostica di eventi
- Documenti di controllo qualità

Verranno fornite tre copie di ciascun documento. I documenti saranno forniti in lingua italiana e inglese.

Si raccomanda che il proprietario o operatore del ponte dia disposizioni per la creazione di un ulteriore manuale, dopo tre anni di esercizio del ponte, che riporti il comportamento tipico del sistema.

### 13.1.1 Manuale d'uso

Il manuale d'uso descriverà l'interfaccia completa di funzionamento del sistema.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 13.1.2 Manuale di manutenzione

Il manuale di manutenzione illustrerà tutte le attività di manutenzione richieste per mantenere il sistema funzionale per 10 anni. Le attività di manutenzione saranno suddivise nelle categorie seguenti:

- Manutenzione periodica generale
- Manutenzione specifica per un evento

Il manuale di manutenzione descriverà le attività di manutenzione e gli intervalli di manutenzione richiesti, le modalità di esecuzione delle attività di manutenzione, quali utensili sono richiesti e quali ricambi sono richiesti. Il manuale di manutenzione presenterà anche un modulo di ispezione.

Il manuale di manutenzione individuerà anche gli interventi di manutenzione richiesti durante gli eventi che richiedono delle attività di manutenzione, ad esempio l'ispezione delle apparecchiature.

### 13.1.3 Guida all'architettura del sistema

La guida all'architettura del sistema presenterà la disposizione completa dell'hardware del sistema. Fornirà anche fotografie ed identificazione di tutti i terminali e di tutto l'hardware.

### 13.1.4 Guida al codice sorgente del software

La guida al codice sorgente del software non disponibile in commercio illustrerà sufficienti dettagli del codice sorgente del software affinché un tecnico informatico competente sia in grado di comprendere e modificare il sistema.

### 13.1.5 Codice sorgente del software stampato

Lo stampato del codice sorgente del software non disponibile in commercio, compresa una guida al codice sorgente, sarà fornito per conversione dati, consegna e query layer del SHMS.

### 13.1.6 Guida alla individuazione e risoluzione dei guasti

La guida alla individuazione e risoluzione dei guasti illustrerà gli interventi da eseguire per risolvere problemi di base nel sistema, comprendenti: blocco del sistema, arresto del sistema, perdita di dati del canale dati, ecc.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 13.1.7 Guida alla diagnostica di eventi

La guida alla diagnostica degli eventi verrà redatta dal Progettista di Sistema e riporterà le cause che precedono gli eventi registrati, nonché i consigli sulle azioni da intraprendere successivamente. La guida alla diagnostica degli eventi verrà messa a punto sulla scorta della matrice dei risultati di anticipazione della valutazione automatica delle Allerte Eventi Ponte.

### 13.1.8 Documenti di controllo qualità

I documenti del controllo qualità saranno presentati in un file o documento organizzato con indice dei riferimenti.

## 14 Requisiti minimi del controllo qualità

### 14.1 Selezione dei subappaltatori

I candidati ai subappalti esibiranno documenti comprovanti che essi operano secondo un sistema qualità approvato (ad esempio ISO 9001). I candidati presenteranno prove della loro esperienza dei sistemi di controllo Gestione e Informazioni e la dimostrazione di installazioni di alta qualità andate a buon fine, che saranno come minimo in forma di referenze rilasciate dai clienti, curriculum vita delle esperienze fatte e dimostrazioni di sistema. La valutazione delle offerte dei subappalti comprenderà una valutazione dell'esperienza e qualità.

### 14.2 Collaudi

In concomitanza con gli stadi chiave del progetto verranno richiesti il collaudo di sensori, cavi, hardware, software e routine di elaborazione dati. I collaudi comprenderanno prove funzionali e test di accuratezza. Tutti i collaudi saranno accompagnati da documentazione sulla qualità. Tutti i collaudi saranno concordati con il progettista.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 14.2.1 Certificati

Tutte le apparecchiature, comprese quelle di collaudo, saranno provviste di certificato di funzionamento e certificato di garanzia. Tutti i sensori e le apparecchiature di collaudo (se pertinente) saranno provviste di certificati di taratura.

### 14.2.2 Collaudo di accettazione in officina

Tutte le routine di elaborazione e manipolazione dati saranno testati da un ente indipendente ed approvati dal progettista prima della consegna al sito.

Tutto il software sarà testato da un ente indipendente ed approvato dal progettista prima della consegna al sito. Il processo di collaudo comprenderà una simulazione completa del funzionamento dell'intera rete, compresi i test dei segnali e i test di guasto.

Il funzionamento di tutti componenti del sistema sarà testato da un ente indipendente e questi saranno approvati dal Progettista prima della consegna per l'installazione. I componenti corredati di certificazione di un primario organismo di accreditamento europeo (ad es. UKAS) potranno essere esonerati dal collaudo, fatta salva l'approvazione del Progettista.

### 14.2.3 Test di accettazione sul sito

Immediatamente dopo l'installazione, tutti i componenti del sistema, compresi gli schermi di visualizzazione, saranno testati per accertarne il buon funzionamento e saranno approvati dal Progettista prima della consegna al sito del componente strutturale interessato.

Prima che il ponte venga aperto al pubblico e dopo il completamento dell'installazione del Sistema, verranno effettuati i test di collaudo del Sistema. Tali test di collaudo dovranno dimostrare che il Sistema funziona senza generare errori. Il test consisterà nel funzionamento continuo del Sistema, compresa l'esecuzione dei task operativi di progetto. Il test sarà eseguito per un periodo minimo di 30 giorni continuativi. Se viene rilevato un errore, questo sarà corretto immediatamente. Il test dovrà dimostrare un funzionamento senza errori per un periodo minimo di 15 giorni continuativi. La durata del test verrà prolungata, se richiesto per tale dimostrazione. Al subappaltatore verrà richiesto di eseguire il test di collaudo con un sufficiente anticipo, in modo da assicurare che il sistema sia certificato prima dell'apertura del ponte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 14.3 Riparazioni

Tutti i difetti individuati durante i collaudi saranno riparati. I componenti che presentano difetti saranno testati dopo le riparazioni. La procedura verrà ripetuta fino a che venga dimostrato che la funzionalità del Sistema è conforme ai requisiti di monitoraggio e fino al momento dell'approvazione del progettista. Tutti i difetti individuati e riparati saranno formalmente registrati ed inseriti nei documenti di controllo qualità.

### 14.4 Etichettatura ed identificazione

Tutto l'hardware sarà provvisto di una etichettatura univoca e sarà associato ad idonei riferimenti agli elementi, come verrà descritto nel manuale di ispezione e manutenzione del ponte. I cavi saranno etichettati su ciascuna estremità e ad intervalli regolari. Tutte le etichette saranno applicate alle apparecchiature prima dell'installazione. Tutta l'etichettatura sarà soggetta all'approvazione del progettista. Se opportuno e fattibile, sarà marcato l'allineamento degli assi dei sensori sulle strutture adiacenti in acciaio. Le etichette e marcature saranno permanenti, ma non danneggeranno la struttura o il sistema di protezione (ad esempio la pittura o protezione analoga).

Tutto l'hardware sarà identificato nella Guida all'Architettura del Sistema. Nella Guida all'Architettura del Sistema saranno presentate fotografie che registrano la posizione di ciascun componente hardware, compresa la posizione ed orientamento di ciascun sensore. Le fotografie saranno annotate con idonea etichettatura. Le fotografie saranno di qualità e impaginazione sufficientemente buone e dovrà essere possibile verificare i cambiamenti a partire dall'installazione.

## 15 Requisiti minimi di copyright

Il proprietario del Ponte condividerà tutti i diritti d'autore sul codice sorgente di tutto il software customizzato e personalizzato e della documentazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni	<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 16 Requisiti minimi della durata di vita di progetto e della garanzia

La durata di vita di progetto del Sistema sarà di 10 anni. Il Sistema funzionerà per 10 anni, purché vengano eseguite le attività di manutenzione specificate nel manuale di manutenzione. Durante questo periodo di 10 anni sarà mantenuto in atto un piano di aggiornamento costante del sistema, comprendente l'aggiornamento completo del sistema al termine della durata di vita del servizio.

La garanzia minima su tutti i componenti del sistema sarà di 1 anno, fatte salve le esclusioni riportate qui in seguito.

La garanzia per tutti i componenti del Sistema sarà di 5 anni, purché il SHMS sia mantenuto secondo quanto prescritto dal manuale di manutenzione.

## 17 Sviluppo della strategia di manutenzione

### 17.1 Analisi dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti (FMECA)

Sul sistema verrà eseguita un'analisi dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti (analisi FMECA). Questa analisi prenderà in considerazione:

- La funzione del sistema in generale
- La funzione del sistema nella fornitura dei requisiti di monitoraggio
- I componenti
- L'importanza dei componenti nel contesto dell'importanza dei requisiti di monitoraggio, compresa l'importanza dei sensori per il funzionamento e la manutenzione del ponte, ad esempio l'individuazione dei sensori ad alta priorità che risultano critici per la sicurezza

L'analisi FMECA guiderà lo sviluppo di:

- raccomandazioni per l'ispezione generale
- strategia di riparazione e sostituzione delle apparecchiature
- distinta dei ricambi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Elaborazione numerica delle simulazioni e delle previsioni		<i>Codice documento</i> PI0006_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

La FMECA sarà oggetto di revisione:

- dopo la costruzione del ponte
- dopo 5 anni di operatività del ponte

I cambiamenti identificati saranno recepiti nelle raccomandazioni per l'ispezione, la strategia di riparazione e sostituzione delle apparecchiature e nella distinta dei ricambi.

## 17.2 Raccomandazioni per l'ispezione generale

Sulla base dei risultati dell'analisi FMECA, saranno messe a punto le raccomandazioni per l'ispezione generale di tutti i componenti del sistema.

Una FMECA preliminare ha individuato le seguenti raccomandazioni per le ispezioni:

- Eseguire regolari controlli funzionali del sistema in standby ad intervalli di 3 mesi
- Verificare regolarmente ad intervalli di 3 mesi che sia stato eseguito il backup dei dati del sistema provenienti dal database MMS
- Effettuare l'ispezione a risposta veloce entro 48 ore dei fusibili antifulmini dopo la caduta di un fulmine

## 17.3 Strategia di riparazione e sostituzione delle apparecchiature

Sulla base dei risultati dell'analisi FMECA sarà messa a punto una strategia di riparazione e sostituzione delle apparecchiature. La strategia comprenderà l'identificazione dell'importanza dei sensori, la prioritizzazione dei sensori per assistere l'operatore nel mettere a punto e revisionare programmi di riparazione strategici, e i tempi di risposta ammessi in caso di guasto.