



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

<p><i>Unità Funzionale</i> OPERA DI ATTRAVERSAMENTO  <i>Tipo di sistema</i> IMPIANTI TECNOLOGICI  <i>Raggruppamento di opere/attività</i> SISTEMI DI MONITORAGGIO  <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> Monitoraggio strutturale - SHMS  <i>Titolo del documento</i> Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</p>	<p>PI0038_F0</p>
--	------------------

CODICE	C G 1 0 0 0	P	2 S	D	P	I T	M 3	S M	0 0	0 0	0 0	0 1	F0
--------	-------------	---	-----	---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	----

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



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## INDICE

INDICE .....	3
1 Relazione di sintesi .....	13
2 Introduzione .....	21
3 Obiettivi del controllo del ponte .....	23
3.1 Principi Guida .....	23
3.2 Funzionalità del sistema .....	24
3.3 Propositi e obiettivi del sistema .....	25
3.4 Priorità del Sistema .....	26
3.5 Principi operativi .....	28
3.6 Requisiti di controllo .....	30
3.6.1 Geometria del ponte - durante la Costruzione e l'Esercizio .....	30
3.6.2 Risposta quasi-statica del ponte .....	31
3.6.3 Risposta dinamica dell'impalcato .....	41
3.6.4 Risposta Dinamica delle Torri e degli Ammortizzatori di Massa Accordati .....	42
3.6.5 Risposta dinamica dei cavi principali .....	43
3.6.6 Risposta Dinamica dei Pendini .....	44
3.6.7 Fatica dei pendini .....	45
3.6.8 Fatica dei Cassoni dell'Impalcato .....	47
3.6.9 Risposta degli Ammortizzatori .....	49
3.6.10 Comportamento dei Giunti di Dilatazione .....	51
3.6.11 Scivolamento del cavo principale sulle selle .....	53
3.6.12 Carico estremo (non comprendente il Carico Sismico) .....	53
3.6.13 Carico sismico e Risposta .....	55
3.6.14 Ambiente Interno .....	57
3.6.15 Condizione della Strada .....	59
3.6.16 Condizione del Calcestruzzo .....	60
3.6.17 Condizioni del terreno .....	60
4 Disposizione del Sistema .....	61
4.1 Definizione .....	61
4.2 Panoramica Generale .....	61
4.3 Componenti del Sistema .....	62

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

4.4	Moduli di controllo .....	64
4.5	Data Logger .....	65
4.6	Unità di Acquisizione dei dati .....	65
4.7	Nomenclatura per l'Etichettatura dei Sensori .....	67
4.8	Architettura del Hardware .....	70
4.9	Set sensori aggiuntivo.....	93
4.10	Set sensori di deformazione di calibratura .....	94
4.11	Sommario dell' hardware .....	94
4.12	Disegni di Disposizione Generale .....	97
5	Requisiti Minimi dei Sensori .....	98
5.1	Generalità .....	98
5.1.1	Classe di Protezione Minima.....	98
5.1.2	Solidità.....	98
5.1.3	Vibrazione.....	99
5.1.4	Protezione contro gli uccelli .....	99
5.1.5	Protezione elettrica .....	100
5.1.6	Alimentazione elettrica.....	100
5.1.7	Risoluzione del Campionamento dei Dati.....	101
5.1.8	Tassi di Campionatura dei Dati .....	101
5.1.9	Memorizzazione Temporanea dei Dati.....	101
5.1.10	Fissaggi alla Struttura Principale.....	101
5.1.11	Colore.....	102
5.2	Specificità .....	102
5.2.1	Anemometri sonici triassiali .....	102
5.2.2	Anemometro Meccanico Triassiale .....	105
5.2.3	Ricevitore GPS .....	107
5.2.4	Sensore della Temperatura dell'Aria (1).....	109
5.2.5	Sensore della Temperatura dell'Aria (2).....	110
5.2.6	Pirometro .....	110
5.2.7	Igrometro (1).....	112
5.2.8	Igrometro (2).....	112
5.2.9	Sensore dell'umidità relativa a fibre ottiche .....	113
5.2.10	Barometro.....	115



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

5.2.11	Pluviometro.....	116
5.2.12	Igrometro superficiale (1) .....	117
5.2.13	Igrometro superficiale (2) .....	117
5.2.14	Sensore della temperatura del manto stradale.....	118
5.2.15	Accelerometro 1D (1).....	119
5.2.16	Accelerometro 1D (2).....	120
5.2.17	Accelerometro 2D (1).....	121
5.2.18	Accelerometro 2D (2).....	122
5.2.19	Accelerometro 3D (1).....	123
5.2.20	Accelerometro 3D (2).....	124
5.2.21	Inclinometro statico 2D .....	125
5.2.22	Inclinometro dinamico 2D .....	126
5.2.23	Sensore di temperatura a fibre ottiche (1) .....	128
5.2.24	Sensore di temperatura a fibre ottiche (2) .....	129
5.2.25	Sensore di temperatura a fibre ottiche (3) .....	131
5.2.26	Sensore di temperatura a fibre ottiche (4) .....	133
5.2.27	Sensore di Deformazione a Fibre Ottiche (1) .....	134
5.2.28	Sensore di deformazione a fibre ottiche (2).....	136
5.2.29	Sensore di deformazione a fibre ottiche (3).....	137
5.2.30	Sensore di deformazione a fibre ottiche (4).....	139
5.2.31	Sensore di deformazione a fibre ottiche (5).....	141
5.2.32	Sensore di deformazione a fibre ottiche (6).....	143
5.2.33	Sensore di deformazione a fibre ottiche (7).....	144
5.2.34	Sensore di deformazione a fibre ottiche a rosetta con installazione a V .....	145
5.2.35	Sensore di spostamento lineare (1) .....	147
5.2.36	Sensore di spostamento lineare (2) .....	148
5.2.37	Sensore di spostamento lineare (3) .....	149
5.2.38	Sensore di spostamento lineare (4) .....	150
5.2.39	Sensore di spostamento lineare (5) .....	151
5.2.40	Manometro della pressione idraulica (1) .....	151
5.2.41	Manometro della pressione idraulica (2) .....	152
5.2.42	Sensore della temperatura dell'olio .....	152
5.2.43	Sensore della corrosione del calcestruzzo .....	152

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

5.2.44	Sensore di pressione del terreno .....	153
5.2.45	Sensore di pressione interstiziale terreno-acqua.....	154
5.2.46	Sensore video di spostamento.....	155
5.2.47	Potenziometro a semi-cella e perni.....	157
5.2.48	Punti di riferimento.....	158
5.2.49	Sensore di temperatura dei binari ferroviari .....	158
5.2.50	Sensore del tasso di corrosione.....	159
5.2.51	Radar Interferometrico a micro-onde .....	161
5.2.52	Sensore di deformazione di calibratura.....	161
6	Requisiti Minimi del Hardware del Sistema .....	162
6.1	Generale.....	162
6.1.1	Classe di protezione minima.....	162
6.1.2	Durata.....	163
6.1.3	Vibrazione.....	163
6.1.4	Protezione elettrica.....	164
6.1.5	Alimentazione elettrica.....	164
6.1.6	Colore.....	165
6.2	Specificità .....	166
6.2.1	Server Sistemi Centrali SHMS .....	166
6.2.2	Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) .....	168
6.2.3	Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU).....	170
6.2.4	Computer di Controllo Portatili .....	171
6.2.5	Server di controllo portatili .....	172
6.2.6	Sistema di Comunicazione Wireless .....	173
6.3	Requisiti Minimi del Server di Memorizzazione Dati (SHMS DSS) .....	174
7	Requisiti Minimi dei Fissaggi.....	174
7.1	Generale.....	174
7.1.1	Resistenza.....	174
7.1.2	Danni derivanti dall'installazione dei fissaggi.....	174
7.1.3	Variazioni alla Struttura.....	174
7.1.4	Accelerazione della Corrosione .....	175
7.1.5	Tenuta Ambientale Interna.....	175
7.1.6	Vibrazioni.....	175

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

7.1.7	Colore.....	175
8	Requisiti Minimi di Installazione .....	176
8.1	Generale.....	176
8.1.1	Pianificazione dell'Installazione.....	176
8.1.2	Sequenza di Costruzione.....	176
8.1.3	Misure di Protezione .....	177
8.1.4	Collegamento del Sistema .....	177
8.1.5	Gioco dei Cavi .....	177
8.1.6	Taratura dei Sensori di Deformazione a Fibre Ottiche.....	177
8.2	Installazione dei Sensori del Cavo Principale.....	178
8.2.1	Sensori Continui e Multipli a Fibre Ottiche Incassati .....	178
8.2.2	Sensore Singolo a Fibre Ottiche Incassato .....	178
8.2.3	Sensore Multiplo a Fibre Ottiche Montato in Superficie.....	179
8.3	Installazione dei Sensori sui Morsetti del Cavo Principale.....	179
8.3.1	Ricevitori GPS .....	179
8.3.2	Accelerometro .....	179
8.3.3	Sensore di deformazione a fibre ottiche in formazione a V .....	180
8.4	Installazione dei Sensori per Pendini .....	180
8.4.1	Sensore di Deformazione Multiplo a Fibre Ottiche .....	180
8.4.2	Accelerometro .....	180
8.4.3	Bersaglio del Sensore Video di Spostamento .....	180
8.4.4	Fissaggi degli Accelerometri Portatili .....	181
8.5	Installazione dei Sensori dei Sistemi Proprietari.....	181
8.6	Edificio SCADA.....	181
9	Requisiti Minimi del Software .....	181
9.1	Generale.....	181
9.1.1	Sistemi Operativi.....	181
9.1.2	Ambiente di Programmazione.....	182
9.1.3	Software di Interfaccia Grafico .....	182
9.1.4	Aggiornamenti Automatici .....	182
9.1.5	Monitor di Sorveglianza .....	182
10	Requisiti Minimi di Funzionamento dei Sistemi.....	183
10.1	Funzionamento Generale dei Sistemi .....	183

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

10.1.1	Sensori e Registri .....	183
10.1.2	Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) .....	184
10.1.3	Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) .....	186
10.1.4	Flessibilità del Sistema .....	189
10.1.5	Comunicazione dei Dati .....	189
10.2	Elaborazione dei Dati forniti dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) e dal Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS) .....	190
10.3	Dati in Uscita .....	195
10.4	Dati Virtuali .....	199
10.5	Orologio del Sistema.....	200
10.6	Sincronizzazione dei Dati.....	201
10.7	Memorizzazione Provvisoria dei Dati delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) 201	
10.8	Memoria tampone dei Dati delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) 202	
10.9	Memorizzazione dei Dati Provvisori del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ..	203
10.10	Memoria tampone dei dati del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) .....	204
10.11	Condizionamento dei Dati e Rilevazione di Malfunzionamento dei Sensori .....	205
10.12	Filtrazione Anti-alias e Filtrazione Passa-Banda.....	206
10.13	Campionamento dei Dati .....	206
10.13.1	Dati ad Alta Definizione Provvisori.....	207
10.13.2	Dati Storici.....	207
10.13.3	Dati di evento .....	208
10.13.4	Dati degli Eventi Sismici .....	210
10.13.5	Dati del Conteggio a Pioggia.....	211
10.13.6	Dati Statistici .....	211
10.13.7	Dati Supplementari.....	211
10.14	Eventi ed Avvertimenti.....	211
10.15	Segnalazione Eventi sul Ponte .....	217
10.16	Segnalazione della Viabilità (e Manutenzione) .....	219
10.17	Strategia per il Trattamento di Eventi e Segnalazioni Multipli Simultanei .....	221
10.18	Conteggio dei Cicli .....	221
10.19	File Dati e Contenuto dei File .....	222
10.19.1	File Creati dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) .....	222

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

10.19.2	File Creati dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).....	224
10.19.3	Altri File di Funzionamento del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) 226	
10.20	Formato dei File Dati del Sistema.....	228
10.21	Configurazione del Sistema.....	229
10.22	Raggruppamento dei Canali Dati.....	231
10.23	Sommario di Trasferimento delle Informazioni.....	231
10.24	Interfaccia del Sistema .....	234
10.25	Visualizzazione dei Dati.....	237
10.25.1	Particolari generici.....	238
10.25.2	Schermi e sotto-schermi di Riepilogo Generale.....	240
10.25.3	Schermate generiche di Visualizzazione dei Dati .....	240
10.25.4	Schermata dati di evento e di evento sismico.....	256
10.26	Reporting di Sistema .....	257
10.26.1	Report Settimanale .....	258
10.26.2	Report Mensile .....	260
10.26.3	Report Annuo.....	261
10.26.4	Report Sismico.....	261
10.26.5	Report dello Stato di Carico.....	263
10.26.6	Report dello Stato di Fatica .....	264
10.26.7	Report delle Condizioni Atmosferiche.....	264
10.26.8	Report dello Stato dei Giunti di Dilatazione .....	265
10.26.9	Report dello Stato di Log.....	265
10.27	Gestione della Memoria del Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS).....	266
10.28	Interazione tra il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) e il database di SCADA 267	
11	Requisiti Minimi di Sicurezza del Sistema.....	267
12	Requisiti Minimi della Documentazione .....	270
12.1.1	Manuale Operativo .....	270
12.1.2	Manuale di Manutenzione.....	271
12.1.3	Guida all'architettura del Sistema.....	271
12.1.4	Guida al Codice di Origine del Software .....	271
12.1.5	Codice di origine del software stampato .....	271

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

12.1.6	Guida alla Ricerca Guasti .....	272
12.1.7	Schede di Consultazione delle Identificazioni dei Sensori.....	272
12.1.8	Guida alla Diagnosi degli Eventi .....	272
12.1.9	Documenti di Controllo della Qualità .....	272
12.1.10	Piano di Revisione per 25 anni.....	272
13	Requisiti Minimi di Controllo della Qualità.....	273
13.1	Selezione dei Sub-appaltatori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) 273	
13.2	Collaudi.....	273
13.2.1	Certificati.....	274
13.2.2	Collaudi di Accettazione in Fabbrica .....	274
13.2.3	Collaudi di Accettazione in Cantiere.....	274
13.2.4	Collaudo del Sensore Incassato del Cavo Principale .....	275
13.2.5	Collaudo del Carico Strutturale .....	275
13.3	Riparazioni.....	276
13.4	Etichettatura e Identificazione .....	276
14	Requisiti Minimi dei Diritti d'Autore .....	276
15	Requisiti Minimi di Vita Utile e di Garanzia .....	277
16	Manutenzione.....	277
17	Sviluppo della Strategia di Manutenzione .....	277
17.1	Analisi dei Modi, degli Effetti e della Criticità dei Guasti (FMECA).....	277
17.2	Raccomandazioni per l'Ispezione Generale .....	278
17.3	Strategia di Riparazione e Sostituzione delle Apparecchiature .....	279
17.4	Parti di Ricambio.....	279
18	Progetto di Ampliamento .....	280
18.1	Ampliamento Immediato dopo la Consegna.....	280
18.2	Ampliamento Futuro.....	281
19	Esecutivo. Avanzamento Tecnologico Post-Progettazione .....	281
20	Disegni .....	282
21	Requisiti Edificio SCADA (Centro Direzionale) .....	284
21.1	Requisiti di Progetto per l'Edificio SCADA.....	284
21.2	Spazio per il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) in sala SCADA .....	284
21.3	Spazio per le Parti di Ricambio del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

	nell'Edificio Manutenzione .....	284
22	Raccomandazioni per l'Adozione di Altre Tecnologie di Controllo.....	285
23	Log della Fase di Costruzione .....	285
24	Requisiti per il collaudo del Carico Strutturale .....	285
25	Compiti per il Progetto Esecutivo.....	287
26	Commenti sulla Fase di Costruzione .....	292
	Appendice 1 - Esempio di Schermi di visualizzazione .....	293
	Appendice 2 - Discussione relativa ai Sensori a Fibre Ottiche del Cavo Principale e Piano di Collaudo .....	294
	Appendice 3 – Elenco di attrezzatura - Esempio.....	310
	Appendice 4 – Radar Interferometrico a micro-onde – Brochure.....	311
	Appendice 5 - Sensore di Corrosione LPR - Informativa .....	312

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## Abbreviazioni

BMS	Sistemi di Gestione del Ponte
Bridge	Ponte
Network CMS	Sistema di Controllo e Gestione della Rete delle strutture di accesso
Bridge CMS	Sistema di Controllo e Gestione del Ponte
Constructor	Eurolink
CS	Sistemi di Comunicazione
CSP	Sistema di elaborazione, simulazione e previsionale
DAU	Unità di acquisizione ed elaborazione dei dati
E&M	Sistemi elettrici e meccanici
EDMS	Sistema elettronico di Gestione dei Documenti
ICMS	Sistema di Gestione delle Informazioni e del Coordinamento
IDRU	Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati
LAN	Rete locale LAN
MACS	Sistema di Gestione e Controllo
MMS	Sistema di gestione, manutenzione e simulazione
PMS	Sistema di gestione Potenza
SCADA	Sistema di Supervisione, Controllo e Acquisizione dei Dati
SHMS	Sistema di Controllo dell'integrità Strutturale
SHMS MFS	Server Sistemi Centrali SHMS in SCADA
SHMS DSS	Server di Memorizzazione Dati SHMS in SCADA
TCMS	Sensori Provvisori di Controllo durante la costruzione
Network TMS	Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso
Railway TMS	Sistema di Gestione del Traffico Ferroviario
Bridge TMS	Sistema di Gestione del Traffico sul Ponte
UPS	Gruppo di Continuità
WAN	Rete WAN inclusa la Rete del Ponte
WSMS	Sistema di Gestione del Cantiere di Lavoro



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

# 1 Relazione di sintesi

La progettazione del Ponte è altamente innovativa a causa della campata più lunga al mondo (3300 m) che collega la Sicilia con il continente italiano. Il ponte è di tipo sospeso con 4 cavi principali di sospensione, tre cassoni in acciaio e torri in acciaio alte 399 m. Non solo l'attuale esperienza nel campo della progettazione di ponti viene portata al limite con una struttura considerevolmente più grande dell'attuale campata più lunga del mondo di lunghezza pari a 1991 m (il ponte Akashi Kaikyo), ma la stabilità aerodinamica della struttura dell'impalcato si basa sulle caratteristiche benefiche fornite dalla struttura innovativa dell'impalcato costituito da tre cassoni indipendenti. Per cui si ritiene necessario il controllo strutturale permanente della struttura per garantire che la stessa si comporti come previsto e l'utilizzo in sicurezza della struttura. Inoltre un sistema di controllo permanente si presta al controllo delle condizioni per la programmazione della manutenzione, mantenendo così la struttura in buone condizioni per una lunga vita di esercizio.

Il controllo permanente del ponte sarà effettuato con l'installazione di un Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS). Tale SHMS sarà un componente del Sistema di Supervisione, Controllo e Acquisizione dei Dati (SCADA), che a sua volta fa parte dei Sistemi di Gestione e Controllo (MACS). La Centro di controllo operativo Ufficio Manutenzione

Figura 1.1 illustra la disposizione del Sistema di Gestione e Controllo (MACS) e dei suoi sub componenti.

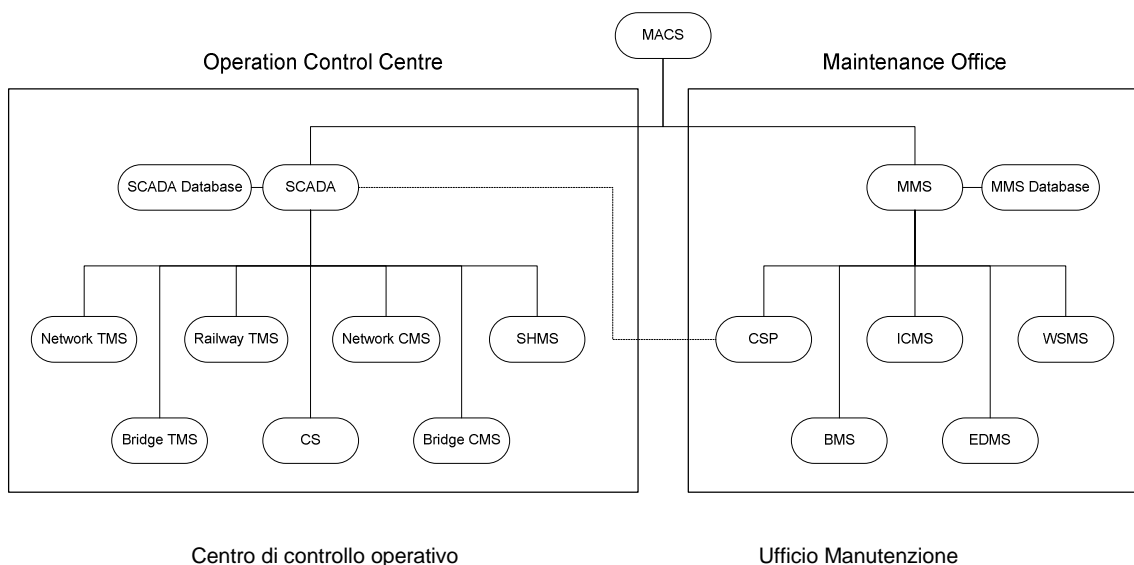


Figura 1.1 Disposizione dei Sistemi di Gestione e Controllo (Management and Control Systems) (MACS)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Un progetto dettagliato del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) è stato sviluppato sulla base delle specifiche tecniche preparate da Stretto di Messina (2004), e sulla base dell'offerta presentata preparata dall'ATI Impregilo (2005). Il piano di controllo è stato aggiornato e raffinato, migliorando la disposizione dei sensori in modo da includere il controllo dei parametri identificati come critici e prendendo in considerazione le modifiche introdotte nel progetto del ponte e gli sviluppi nella tecnologia dei sistemi di controllo.

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) è stato sviluppato in accordo ai seguenti principi:

- Sufficiente flessibilità e robustezza per permettere l'integrazione nel sistema SCADA;
- Sufficiente flessibilità e robustezza per permettere future espansioni e l'integrazione di nuove funzioni;
- Sufficiente flessibilità e robustezza per permettere modifiche durante lo sviluppo per consentire di incorporare appropriate novità tecnologiche;
- Sufficiente robustezza e ridondanza per permettere l'esercizio ininterrotto dei sistemi di gestione e controllo del ponte;

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) è stato sviluppato tenendo conto dei seguenti obiettivi:

- Fornire dati per la progettazione, costruzione e verifica delle prestazioni;
- Fornire dati utili alla revisione dei carichi di progetto e per lo sviluppo della valutazione dei carichi;
- Fornire informazioni sulle condizioni correnti di carico per l'efficace esercizio del ponte;
- Fornire informazioni sulle condizioni correnti dei componenti strutturali;
- Fornire dati per la programmazione della manutenzione;
- Fornire dati per l'individuazione di problemi strutturali imprevisti.

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) fornirà le seguenti funzioni di sistema:

- Controllo dell'ambiente fisico e delle sue azioni;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Controllo del ponte durante la costruzione;
- Controllo del ponte durante l'esercizio;
- Controllo del carico totale del traffico sul ponte;
- Controllo degli eventi di carico;
- Controllo degli eventi di risposta strutturale;
- Fornitura di dati per l'analisi di rischio della sicurezza del ponte;
- Informazioni sullo stato attuale del ponte;

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) fornirà dati di supporto alle seguenti funzioni del sistema SCADA:

- Gestione del traffico stradale e ferroviario;
- Gestione degli eventi;
- Gestione delle emergenze;
- Gestione della sicurezza delle infrastrutture;
- Gestione della sicurezza degli utenti;
- Informazioni sullo stato previsto del ponte;
- Esame dei componenti del ponte che non sono direttamente monitorati.

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà un sistema sofisticato ridondante che fornirà al committente e all'operatore informazioni importanti riguardanti l'integrità strutturale e la sicurezza, nonché le informazioni utili per l'esercizio e per la programmazione della manutenzione. Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà anche uno strumento prezioso per le indagini e la ricerca di comportamenti problematici imprevisti, quali le vibrazioni indotte dal vento. Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà installato prima della costruzione e sarà progressivamente integrato e messo in esercizio con l'avanzamento della costruzione del ponte, fornendo quindi al costruttore importanti informazioni sul comportamento strutturale e sulla sicurezza durante la fase di montaggio.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà un sistema indipendente che, quando in funzione, opererà disgiuntamente da altri sistemi operativi del sistema SCADA, sebbene tutti i sistemi SCADA usino un database comune per memorizzare i dati. Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) è costituito da un server di elaborazione centrale situato nel centro di controllo operativo, 15 unità di acquisizione e di elaborazione dei dati localizzate sulla struttura e da una rete di sensori. I sensori saranno collegati direttamente alle unità di acquisizione dei dati. Le unità di acquisizione trasmetteranno i dati al server di elaborazione centrale tramite una rete generale di comunicazione installata sul ponte, come illustrato in Figura 1.2. La rilevazione del carico ferroviario e stradale mediante pese dinamiche installate vicino alle strutture terminali, farà parte del componente Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle Strutture di Accesso (Network TMS) in SCADA. Il flusso del traffico (stradale) sarà registrato anche in diversi punti della rete e del ponte dai componenti Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle Strutture di Accesso (Network TMS) e Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS) in SCADA. I dati di traffico saranno inviati al Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) per l'elaborazione. Sarà previsto un database comune per tutti i componenti del sistema SCADA; i dati del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) da registrare sul lungo termine saranno memorizzati nel database comune.

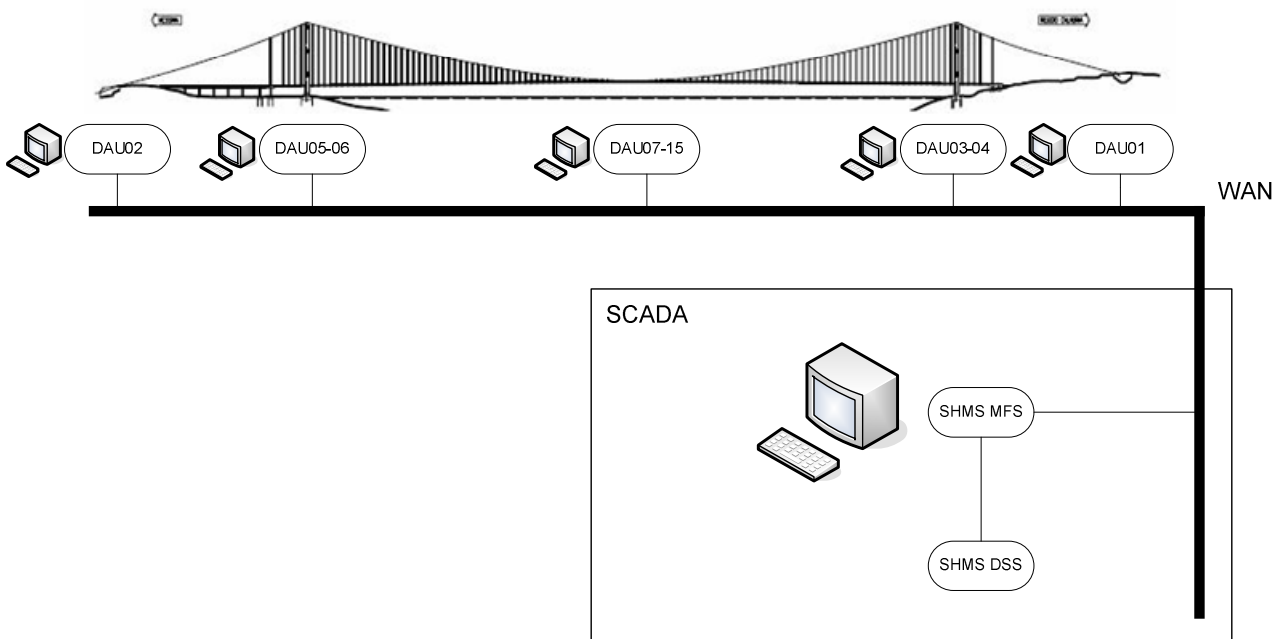


Figura 1.2 Architettura del sistema generale SHMS

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Vi saranno 3301 punti di misura e sensori mobili, di cui 2999 saranno integrati nel sistema permanente di raccolta dei dati del sistema di controllo. 128 ulteriori sensori saranno previsti specificatamente per integrare l'organizzazione primaria. L'installazione di questi sensori aggiuntivi deve essere determinata in seguito alla costruzione del ponte e gli studi di comportamento strutturale. I sensori includono:

- Anemometri;
- Ricevitori GPS;
- Sensori di rilevazione della temperatura dell'aria;
- Pirometri;
- Igrometri;
- Sensori a fibre ottiche di misurazione dell'umidità relativa;
- Barometri;
- Pluviometri;
- Igrometri di superficie;
- Sensori per il rilevamento della temperatura stradale;
- Accelerometri;
- Accelerometri mobili;
- Inclinatori;
- Sensori di temperatura a fibre ottiche;
- Sensori di deformazione a fibre ottiche;
- Sensori di spostamento lineare;
- Manometri idraulici;
- Sensori di temperatura dell'olio;
- Sensori di corrosione del calcestruzzo;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Sensori di pressione del terreno;
- Sensore di rilevazione della pressione dell' acqua interstiziale;
- Sensori video di spostamento mobili;
- Potenzimetri semi-cellulari;
- Sensori di temperatura rotaie ferroviarie
- Sensori di rilevazione del tasso di corrosione
- Radar interferometrico a micro-onde

366 ulteriori sensori di deformazione devono essere previsti alle gambe delle torri e per i cassoni longitudinali dell'impalcato a fini di calibratura. Tali sensori non saranno collegati al sistema di gestione dati SHMS. I sensori di deformazione di calibratura devono permettere ai sensori di deformazione "attivi" di essere calibrati a intervalli regolari e devono permettere la calibratura accurata di sensori di deformazione "attivi" di sostituzione.

La quantità di dati è vasta, ed in funzione di tale mole sono stati progettati degli efficaci processi di gestione dei dati affinché i dati stessi siano presentati in modo idoneo per un'efficiente esercizio e manutenzione del ponte. Le routine di gestione dei dati saranno sviluppate per implementare i processi di gestione dei dati stessi. Il funzionamento base del sistema sarà per quanto possibile automatico, con minima richiesta di input. Il sistema dovrà:

- Visualizzare i dati in tempo reale;
- Elaborare i dati;
- Mantenere una memoria dinamica temporanea dei dati attivi per accesso di altri componenti del sistema SCADA;
- Creare registri storici costituiti da dati con valore puntuale a bassa definizione e dati statistici di base;
- Rilevare (usando data-triggers) e documentare gli eventi;
- Creare registri degli eventi costituiti da dati con valore puntuale ad alta definizione;
- Creare una valutazione automatica iniziale della causa e dell'importanza degli eventi;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Rilevare e comunicare i guasti dei sensori;
- Disattivare i canali dati associati ai sensori malfunzionanti;
- Creare in automatico relazioni sulle prestazioni del sistema e della struttura.

Il funzionamento giornaliero del sistema dovrà essere il più semplice possibile. Il server di controllo centrale del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà posto nel locale operativo SCADA. Un display di interfaccia dedicato visualizzerà continuamente i dati in formato semplice. Le schermate di interfaccia saranno visualizzate sul monitor a parete principale previsto quale parte del sistema SCADA.

Il presente documento va inteso come piano del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS). Si prevede che durante il Progetto Esecutivo questo documento sarà ulteriormente sviluppato a livello di Specifica Tecnica. Il presente piano di controllo include:

- Gli obiettivi di controllo del ponte, inclusi i principi di sviluppo e i requisiti di controllo;
- Il layout del sistema;
- I requisiti minimi dei sensori;
- I requisiti minimi del hardware;
- I requisiti minimi di montaggio;
- I requisiti minimi di installazione;
- I requisiti minimi del software;
- I requisiti minimi di esercizio del sistema;
- I requisiti minimi del sistema di sicurezza;
- I requisiti minimi della documentazione;
- I requisiti minimi del controllo qualità;
- I requisiti minimi di copyright;
- La vita utile di progetto e i requisiti minimi di garanzia;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- I requisiti riguardanti la possibilità di accesso per la manutenzione;
- I requisiti riguardanti lo sviluppo della strategia di manutenzione;
- I requisiti riguardanti la progettazione del sistema per ampliamenti futuri;
- I requisiti riguardanti il processo di adozione di nuove tecnologie in una fase successiva del progetto;
- I requisiti del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) per l'edificio SCADA;
- Le raccomandazioni inviate a Stretto di Messina per l'adozione di nuove tecniche di controllo che vanno oltre lo scopo di questo progetto;
- I requisiti riguardanti la creazione di un registro dei lavori di costruzione;
- La discussione riguardante le prove di carico strutturale;
- Un elenco dei compiti per lo sviluppo della progettazione durante il Progetto Esecutivo;
- La discussione riguardante le responsabilità generali dei diversi partecipanti al progetto durante la fase di costruzione.

Questo documento non tratta i sensori temporanei per il controllo della costruzione che non saranno usati dopo la costruzione. Tali sensori saranno dettagliati durante il Progetto Esecutivo a seguito della pianificazione delle sequenze di costruzione.

Il piano di controllo presenta l'architettura fondamentale del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) che sarà la base dell'ulteriore dettaglio e miglioramento durante il Progetto Esecutivo. A causa dell'evoluzione della progettazione strutturale parallelamente allo sviluppo del piano di controllo, il piano di controllo stesso sarà rivisto all'inizio del Progetto Esecutivo nel contesto della progettazione strutturale completata. Dopo di che, la fase successiva della progettazione riguarderà il dettaglio dell'architettura del sistema, da cui dipende la scelta più efficace di software e hardware. Sono disponibili numerosi metodi per la presentazione dell'architettura di dettaglio; ciascun subcontrattista SHMS avrà un sistema preferito. Si raccomanda quindi che il costruttore scelga un subcontrattista SHMS per lavorare con il progettista SHMS alla preparazione delle specifiche e dei disegni tecnici nel corso del Progetto Esecutivo.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

I cavi a fibre ottiche che saranno inseriti all'interno dei cavi principali, dovranno essere sviluppati per essere durevoli nel tempo e funzionali, in modo tale da evitare danni durante il montaggio del cavo principale. Inoltre, il sensore di umidità relativa a fibra ottica integrato, dovrà essere anch'egli sviluppato per questo sistema. Una fase di sviluppo e collaudo sarà dunque necessaria per assicurare l'adozione di sensori adeguati. Lo sviluppo ed il collaudo saranno completati prima dell'inizio del Progetto Esecutivo.

I sensori a fibre ottiche integrati nel cavo principale richiedono di essere sviluppati al fine di assicurarne una efficiente installazione. I sensori di umidità relativa a fibra ottica dovranno anch'essi essere sviluppati; questi dovranno anche essere collaudati.

Lo sviluppo dettagliato del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) richiede dei contributi che devono essere dati da numerosi e diversi partecipanti al progetto del ponte, poiché il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) coinvolge molte discipline. La lista dei compiti di dettaglio identificati per il Progetto Esecutivo fornisce un'indicazione dei contributi che sono stati identificati, inclusa l'indicazione della tempistica di installazione del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) all'interno del cronoprogramma di costruzione. Con la buona collaborazione dei diversi partecipanti al Progetto Esecutivo e alla fase di costruzione, sarà sviluppato in modo efficiente e di successo un Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) di alto livello, ben integrato con i sistemi di gestione e controllo del ponte.

## 2 Introduzione

Il ponte è un ponte dal progetto altamente innovativo grazie alla campata più lunga esistente al mondo (3300m) che collega la Sicilia al continente italiano. Il ponte è di tipo sospeso costituito da 4 cavi principali, tre cassoni in acciaio e due torri in acciaio alti 399 m. Non solo l'attuale esperienza nel settore della realizzazione di ponti viene portata all'estremo limite con questa struttura che è considerevolmente più grande della campata più lunga attualmente esistente al mondo di 1991 m (ponte Akashi Kaikyo), ma anche la stabilità aerodinamica dell'impalcato trae vantaggio dalle caratteristiche offerte dall'innovativa struttura a tre cassoni. Quindi lo scopo del costante controllo della struttura è quello di garantire che la struttura stessa si comporti secondo quanto previsto dal progetto e continui ad essere sicura durante il suo utilizzo. Inoltre, un sistema di controllo permanente consente di verificare costantemente le condizioni in vista della

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

programmazione degli interventi di manutenzione, mantenendo la struttura in buono stato per una lunga durata di servizio.

Il controllo permanente del ponte sarà effettuato con l'installazione di un Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS), che farà parte del Sistema di Supervisione, Controllo e Acquisizione dei Dati (SCADA), che a sua volta fa parte dei Sistemi di Gestione e Controllo (MACS). La Centro di controllo operativo Ufficio Manutenzione

Figura 1.1 illustra la disposizione del Sistema di Gestione e Controllo (MACS) e dei suoi sub componenti.

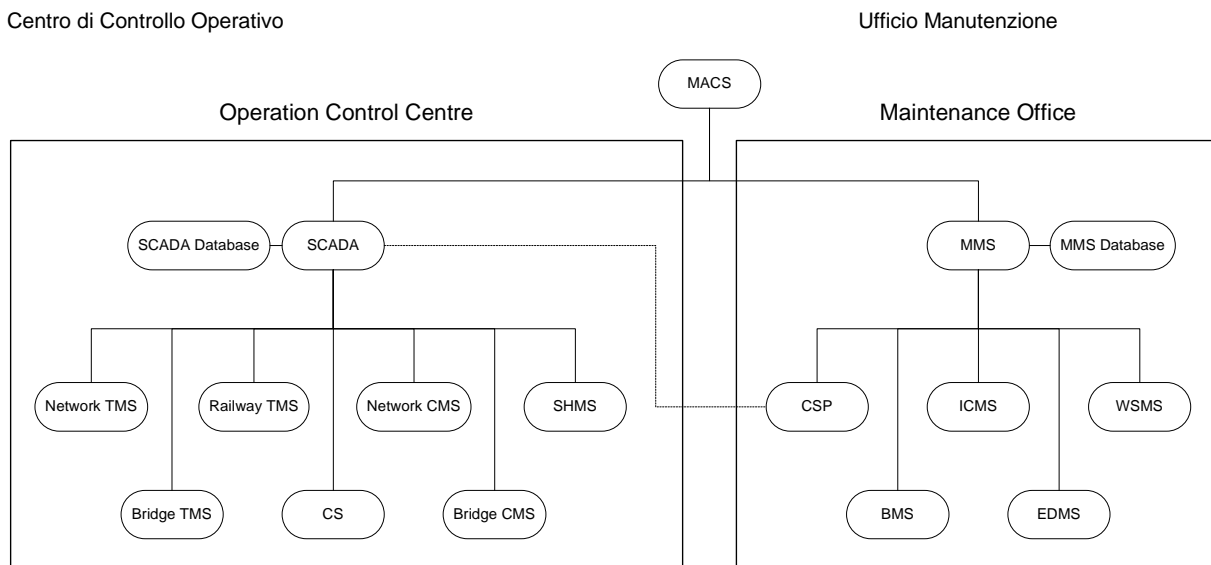


Figura 2.1 Disposizione dei Sistemi di Gestione e Controllo (MACS)

Il presente documento rappresenta un piano di controllo del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS), nel quale vengono presentati la filosofia e l'architettura di base del sistema nonché i requisiti minimi previsti per il sistema con il relativo hardware e software, per l'hardware di sensori e cavi e per l'installazione.

Il presente documento non si occupa dei sensori provvisori installati per il controllo durante la costruzione in quanto questi non verranno più usati al termine della costruzione stessa. Tali sensori verranno indicati con il termine di Sensori Provvisori di Controllo durante la costruzione (TCMS). I Sensori Provvisori di Controllo durante la costruzione (TCMS) verranno dettagliati nel corso del Progetto Esecutivo dopo la pianificazione delle sequenze costruttive.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Il presente documento contiene un elenco di lavori di dettaglio da eseguire nel corso del Progetto Esecutivo onde finalizzare il dettaglio del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS).

La positiva applicazione generale del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) dipenderà dalla collaborazione, dai contributi e dall'impegno offerti dagli altri partecipanti al progetto durante il dettaglio e la costruzione del ponte e dai sistemi di supporto. I ruoli e le responsabilità di altri partecipanti al progetto sono descritti nel presente documento.

Il presente documento non ha valore di documento d'appalto, in quanto si prevede che verrà convertito in una Specifica durante il Progetto Esecutivo.

Il presente documento si basa sui seguenti elaborati:

- GCG F.05.03 rev 1; 22 Oct 2004; Requisiti e linee guida di sviluppo della progettazione; Specifiche tecniche per il progetto definitivo e l'esecuzione dei lavori; Stretto di Messina
- GCG F.06.01 rev 0; 12 Oct 2004; Sistema di gestione e controllo; Specifiche tecniche di ingegneria dei sistemi di gestione della manutenzione e del controllo; Stretto di Messina
- PG\_2D\_BO-106\_5\_N01 to N06; Disegni d'offerta; 20 Apr 2005; ATI Impregilo
- Modifica della Progettazione Tecnica n. 11-02; Mar 2005; Relazione della Modifica della Progettazione Tecnica; Progettazione d'offerta per il Ponte; ATI Impregilo
- Modifica della Progettazione Tecnica n. 11-03; Mar 2005; Relazione della Modifica della Progettazione Tecnica; Progettazione d'offerta per il Ponte; ATI Impregilo

### **3 Obiettivi del controllo del ponte**

#### **3.1 Principi Guida**

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) è stato sviluppato sulla base dei seguenti principi:

- Sufficiente flessibilità e robustezza per permettere l'integrazione nel sistema SCADA;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Sufficiente flessibilità e robustezza per permettere futuri ampliamenti e l'integrazione di nuove funzioni;
- Sufficiente flessibilità e robustezza per permettere modifiche durante lo sviluppo onde consentire l'introduzione di adeguate novità tecnologiche;
- Sufficiente robustezza e ridondanza per permettere il funzionamento ininterrotto dei sistemi di gestione e controllo del ponte;

### 3.2 Funzionalità del sistema

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) fornirà le seguenti funzioni di sistema:

- Controllo dell'ambiente fisico e delle sue azioni;
- Controllo del ponte durante la costruzione;
- Controllo del ponte durante l'esercizio;
- Controllo del carico totale del traffico sul ponte;
- Controllo degli eventi di carico;
- Controllo degli eventi di risposta strutturale;
- Fornitura di dati per l'analisi di rischio della sicurezza del ponte;
- Informazioni sullo stato attuale del ponte;

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) fornirà dati di supporto alle seguenti funzioni del sistema SCADA:

- Gestione del traffico stradale e ferroviario;
- Gestione degli eventi;
- Gestione delle emergenze;
- Gestione della sicurezza delle infrastrutture;
- Gestione della sicurezza degli utenti;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Informazioni sullo stato previsto del ponte;
- Esame dei componenti del ponte che non sono direttamente monitorati.

### 3.3 Propositi e obiettivi del sistema

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) è stato sviluppato tenendo conto dei seguenti obiettivi:

- monitorare il ponte durante la fase di costruzione
- monitorare il ponte durante la fase operativa
- monitorare la struttura del ponte (ivi inclusi stato di tensione e geometria), ambiente fisico, condizioni atmosferiche, traffico e qualsiasi altro evento che potrebbe influenzare l'esercizio, la sicurezza e la vita utile del ponte
- monitorare lo sviluppo della condizione di carico permanente
- fornire dati in tempo reale all'operatore
- fornire l'accesso diretto a tutti i dati registrati con un sistema di visualizzazione facile da usare e da capire
- fornire un resoconto storico dei dati con una risoluzione adeguata per la memorizzazione a lungo termine degli stessi
- monitorare eventi che influiscono sull'esercizio, sulla sicurezza e sulla vita utile del ponte e portarli all'attenzione del gestore del ponte
- registrare i dati relativi a eventi di carico e strutturali ivi inclusi i dati che permettono di risalire all'evento, con una risoluzione adeguata per l'esame dell'evento stesso
- fornire l'accesso diretto ai dati relativi a eventi di carico e strutturali con un sistema di visualizzazione facile da usare e capire
- produrre delle valutazioni iniziali delle implicazioni derivanti da eventi di carico e strutturali
- fornire relazioni riassuntive sul sistema tali da mettere in risalto gli eventi di carico e strutturali

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- fornire dei dati che consentiranno di determinare il livello di servizio attuale e quello previsto
- fornire dei dati che consentiranno di determinare le condizioni di traffico, le prestazioni strutturali e l'ambiente fisico sul breve, medio e lungo termine
- fornire una memoria dati tale da creare un database storico del ponte
- garantire il funzionamento continuo (in funzione e comunicazione) durante gli eventi di carico comprendenti eventi atmosferici, sismici e di carico del traffico

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) è stato sviluppato tenendo conto dei seguenti obiettivi:

- Fornire dati per la progettazione, costruzione e verifica delle prestazioni;
- Fornire dati utili alla revisione dei carichi di progetto e per lo sviluppo della valutazione dei carichi;
- Fornire informazioni sulle condizioni correnti di carico per l'efficace esercizio del ponte;
- Fornire informazioni sulle condizioni correnti dei componenti strutturali;
- Fornire dati per la programmazione della manutenzione;
- Fornire dati per l'individuazione di problemi strutturali imprevisti.

### **3.4 Priorità del Sistema**

Il seguente Piano del Sistema di controllo dell'integrità strutturale ( SHMS) tiene conto di tutta una serie di problemi connessi con il controllo, ma le sue priorità sono le seguenti:

- Controllo delle condizioni del vento durante la costruzione a conferma della sicurezza dell'ambiente operativo
- Controllo durante la costruzione a conferma delle ipotesi sviluppate per le fasi di costruzione ed il comportamento strutturale in condizioni di installazione provvisorie

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Controllo dello sviluppo "dello stato di tensione" in presenza di carichi statici per la registrazione di precisione delle condizioni in presenza di carichi statici e l'impostazione di precisione dei parametri iniziali del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS)
- Controllo al termine della costruzione a conferma delle ipotesi di geometria finale e di progettazione
- Controllo delle condizioni del vento e stradali a conferma dell'ambiente di sicurezza del traffico che utilizza la struttura
- Controllo dei carichi a conferma della sicurezza del traffico che utilizza la struttura
- Controllo a conferma della geometria e delle prestazioni del ponte durante eventi di carico normali e estremi
- Controllo della posizione delle fondazioni delle torri, dei blocchi di ancoraggio e delle fondazioni di pilastri di tie-down per verificare il movimento e la stabilità delle fondazioni
- Controllo per la fornitura di dati per la futura analisi statistica e il riesame dei carichi di progetto
- Studio della risposta al vento della struttura del ponte a conferma della concordanza con le previsioni di progetto e le prove nel tunnel del vento
- Studio della risposta strutturale del ponte al traffico ferroviario e stradale a conferma delle previsioni di progetto
- Studio della risposta al vento dei pendini a conferma della concordanza con le ipotesi di progetto e le prove nel tunnel del vento ed a verifica della necessità di un ulteriore smorzamento al fine di prevenire lo sviluppo di effetti aerodinamici eccessivi
- Studio della risposta dei pendini al traffico ferroviario e stradale a conferma di livelli di vibrazioni accettabili
- Controllo della risposta strutturale durante l'evento sismico
- Reporting rapido delle condizioni del ponte dopo l'evento sismico od il carico dovuto a vento di tempesta

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Controllo della tensione dei cavi principali alle estremità laterali di ciascun cavo al fine di monitorare lo sviluppo di sollecitazioni a flessione dovute allo spostamento laterale dei cavi principali ed al fissaggio rigido di coppie di cavi.
- Controllo della tensione dei pendini a metà campata al fine di monitorare l'efficacia degli appoggi sferici dei pendini verificando lo sviluppo di sollecitazioni a flessione dovute allo spostamento differenziale longitudinale e laterale dell'impalcato rispetto ai cavi principali
- Controllo delle variazioni nelle tensioni dei pendini per una valutazione aggiornata della resistenza alla fatica
- Controllo delle variazioni nelle tensioni dell'impalcato ortotropico per una valutazione aggiornata della resistenza alla fatica
- Controllo delle condizioni a supporto di un'efficace programmazione della manutenzione comprendenti le prestazioni dei giunti di dilatazione, dei respingenti e degli ammortizzatori di massa accordati delle torri
- Controllo delle condizioni ambientali interne con controllo efficace del sistema di deumidificazione e controllo dello sviluppo di condizioni anomale

### **3.5 Principi operativi**

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà un sistema sofisticato ridondante che fornirà al committente e all'operatore informazioni importanti riguardanti l'integrità strutturale e la sicurezza, nonché le informazioni utili per l'esercizio e per la programmazione della manutenzione. Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà anche uno strumento prezioso per le indagini e la ricerca di comportamenti problematici impreveduti, quali le vibrazioni indotte dal vento. Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà installato prima della costruzione e sarà progressivamente integrato e messo in esercizio con l'avanzamento della costruzione del ponte, fornendo quindi al costruttore importanti informazioni sul comportamento strutturale e sulla sicurezza durante la fase di montaggio.

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà un sistema indipendente che, quando in funzione, opererà disgiuntamente da altri sistemi operativi del sistema SCADA. Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) visualizzerà dati attivi e dati innescati da eventi (ivi inclusi quelli innescati da eventi sismici) a supporto dell'esercizio e della manutenzione del ponte. Sarà



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

previsto un registro con l'interfaccia degli eventi per la loro categorizzazione. Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) fornirà i dati in un database al quale potranno accedere altri sistemi operativi del sistema SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS). I dati verranno trasmessi da sensori locali facenti parte della rete del Sistema di controllo dell'integrità strutturale e da altri componenti del sistema SCADA.

Ai fini dell'installazione e del funzionamento del sistema, i componenti SHMS in SCADA comprenderanno la rilevazione di tutti i parametri fisici previsti dal progetto, ad eccezione della rilevazione del carico ferroviario e stradale che verrà effettuata mediante pese dinamiche installate vicino alle strutture terminali, che faranno parte del componente Sistema di Controllo del Traffico di rete delle Strutture di Accesso (Network TMS) in SCADA, ulteriormente descritto alla Componente n. 45. Il flusso del traffico (stradale) sarà registrato anche in diversi punti della rete e del ponte dai componenti Sistema di Controllo del Traffico di Rete delle Strutture di Accesso (Network TMS) e Sistema di Controllo del Traffico del Ponte (Bridge TMS) in SCADA. I dati di traffico saranno inviati al Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) per l'elaborazione.

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) faciliterà l'elaborazione dei dati provenienti da quasi 3000 rilevatori situati in modo strategico attorno alla struttura. In considerazione dell'enorme quantità dei dati rilevati, sono stati progettati degli efficaci processi di gestione degli stessi onde poterli presentare in maniera reale per un'efficace gestione e manutenzione del ponte. Verranno sviluppati dei programmi di gestione dei dati in grado di consentire l'attuazione dei relativi processi. Il funzionamento di base del sistema sarà per quanto possibile automatico con immissioni minime. Il sistema:

- Visualizzerà i dati attivi
- Elaborerà i dati
- Manterrà una memoria di servizio temporanea dei dati attivi dinamici per l'accesso da parte di altri componenti del sistema SCADA
- Creerà registri storici costituiti da dati con valore puntuale a bassa definizione e dati statistici di base
- Rileverà gli eventi (mediante dei data trigger) fornendo contemporaneamente il relativo report

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Creerà dei registri degli eventi costituiti da dati con valore puntuale ad alta definizione
- Fornirà una valutazione iniziale automatica della causa e dell'importanza degli eventi
- Rileverà e farà un rapporto sul malfunzionamento dei rilevatori
- Disattiverà i canali dati associati ai rilevatori mal funzionanti
- Creerà dei rapporti automatici sulle prestazioni del sistema e della struttura

Il funzionamento giornaliero del sistema sarà il più semplice possibile. Il controllo sistemi centrali del Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) sarà localizzato nella sala operativa SCADA. Un display di interfaccia dedicato presenterà i dati in formato semplice su base continua. Sarà prevista una struttura per la visualizzazione di display di interfaccia sullo schermo a parete principale facente parte del sistema SCADA.

### 3.6 Requisiti di controllo

Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale (SHMS) fornirà al gestore del ponte delle informazioni di ritorno attive sui carichi, sulle condizioni ambientali e sulle reazioni strutturali. Il Sistema di controllo dell'integrità strutturale sarà progressivamente integrato e messo in esercizio con l'avanzamento della costruzione del ponte e fornirà al costruttore le informazioni attive necessarie per la gestione della fase costruttiva e per garantire la sicurezza della struttura e del personale nonchè per verificare che la struttura venga realizzata nell'ambito delle tolleranze di costruzione.

#### 3.6.1 Geometria del ponte - durante la Costruzione e l'Esercizio

L'attività di progettazione si basa per sua natura sulle ipotesi di geometria finale del ponte. Le azioni costruttive quali i temporanei casi di carico o gli effetti delle saldature durante il montaggio influenzeranno inevitabilmente la geometria; il team di costruzione dovrà applicare delle tecniche tali da compensare gli effetti residui delle azioni costruttive sulla geometria. Le tolleranze di costruzione sono state stabilite per consentire che il ponte venga realizzato con una geometria accettabile in linea con le ipotesi di progetto. Il controllo a lungo termine della posizione fornisce non solo le caratteristiche di reazione strutturale ai carichi, ma anche una segnalazione precoce dello sviluppo di movimenti imprevisti del ponte che possono essere correlati a meccanismi di cedimento.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## CONTROLLO DELLA FRECCIA

### **Nodi:**

Sulle strutture della grandezza di questo ponte, i ricevitori GPS offrono la massima efficienza nel controllo delle posizioni dei nodi in quanto offrono una pianta e le coordinate verticali di ciascun nodo oggetto di controllo. La *Geometria del Ponte* verrà monitorata durante la costruzione e sul lungo termine attraverso una rete di ricevitori GPS installati in corrispondenza di nodi strutturali importanti:

- Ancoraggi
- basi dei pilastri
- basi delle torri
- livello intermedio delle torri
- testate delle torri
- posizioni intermedie lungo ciascun lato dell'impalcato
- posizioni intermedie lungo ciascuna coppia di cavi principali

Per migliorare la precisione dei dati GPS, sarà inoltre richiesto un riferimento a terra statico, che potrà essere localizzato in cima all'edificio SCADA. L'edificio SCADA dovrà essere progettato in termini di assestamento dai progettisti strutturali dell'edificio stesso onde mantenere il riferimento ad un livello di maggiore precisione delle misure verticali da parte della rete GPS. La posizione della stazione di riferimento GPS dovrà essere sorvegliata ad intervalli regolari e dopo eventi significativi.

La precisione può essere ridotta fino alle 24 ore in caso di perdita di segnale da un ricevitore GPS.

### **3.6.2 Risposta quasi-statica del ponte**

Le strutture reagiscono ai carichi trasferendo la forza e la freccia. L'attività di progetto comporta lo sviluppo di modelli di percorso dei carichi usati per sviluppare i requisiti di resistenza e di previsioni di flessione per verificare che non siano eccessive. Il controllo della *Risposta quasi-statica del Ponte* consente di verificare le ipotesi di progetto e di monitorare la freccia a fronte di limiti operativi quali ad es. garantire la zona libera del canale navigabile o mantenere

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

un'inclinazione accettabile per l'esercizio ferroviario. Per monitorare la risposta statica del ponte è necessario monitorare le frecce ed i carichi applicati. Per verificare le ipotesi di percorso dei carichi si potranno anche monitorare le tensioni presenti nei pendini, nel cavo principale, sull'impalcato e nelle torri. I casi di carico quasi-statico sovrapposti importanti per la progettazione dell'armamento sono il vento, il traffico (stradale e ferroviario), la temperatura (effettiva e differenziale) e l'assestamento differenziale delle fondazioni.

### CONTROLLO DELLA FRECCIA

#### **Nodi:**

La rete GPS prevista per il controllo della *Geometria del Ponte* indicherà la reazione di freccia ai carichi ad es. freccia verticale dell'impalcato a seguito del carico del traffico applicato o freccia laterale dell'impalcato a seguito del carico del vento applicato.

#### **Giunti di dilatazione:**

Un altro dato utile per il controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte* è il dato della freccia in corrispondenza dei giunti di dilatazione. I giunti di dilatazione si fletteranno a seguito delle condizioni di carico generali applicate ed i relativi dati verranno rilevati da sensori previsti per il controllo del *Comportamento dei Giunti di Dilatazione*.

### CONTROLLO DEL CARICO APPLICATO

#### **Vento:**

Il carico del vento non può essere misurato direttamente. La velocità e la direzione del vento verranno registrate da una serie di anemometri installati nei seguenti punti:

- Posizioni intermedie lungo l'impalcato
- Posizioni intermedie sulla sommità delle torri

Gli anemometri verranno installati su bracci rigidi dall'una e dall'altra parte delle torri e in cima allo schermo antivento sull'uno e sull'altro lato dell'impalcato. Gli anemometri verranno posizionati in campo libero, lontani dal flusso interessato dalla struttura. Il carico del vento sarà rappresentato dalla pressione del vento, calcolata dalla velocità del vento. La maggior parte degli anemometri sarà del tipo ad ultrasuoni, tuttavia, considerato il possibile sviluppo di errori in condizioni di umidità e al fine di ottenere dati sul vento affidabili in tutte le condizioni, gli anemometri in corrispondenza

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

dei terzi punti saranno di tipo meccanico con l'aggiunta di un anemometro meccanico in cima a ciascuna torre.

**Traffico (stradale):**

Il carico del traffico (stradale) può essere misurato direttamente per ciascun veicolo di passaggio. Tuttavia la presentazione sul Sistema di controllo dell'integrità strutturale di una distribuzione accurata del carico attraverso la struttura è complessa e di valore limitato. La distribuzione del traffico può essere stabilita, se necessario, sulla base di registrazioni fotografiche. Il carico del traffico (stradale) verrà misurato attraverso sistemi di pese dinamiche ad alta velocità (WiM) installate su ciascuna corsia, in corrispondenza di ciascuna estremità del ponte. I sistemi di pese dinamiche ad alta velocità (WiM) faranno parte del componente Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione di Rete in SCADA. Il flusso del traffico (stradale) verrà pure rilevato in varie posizioni della rete e del ponte per mezzo delle componenti Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione di Rete e del Ponte in SCADA. I dati saranno disponibili sul Sistema di controllo dell'integrità strutturale per il calcolo del carico complessivo del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte.

**Traffico (Ferroviario):**

Il carico del traffico (ferroviario) può essere misurato direttamente per ciascuna asse di treno passante. Tuttavia la presentazione sul Sistema di controllo dell'integrità strutturale di una distribuzione accurata del carico attraverso la struttura è complessa e di valore limitato. La distribuzione del traffico può essere stabilita, se necessario, sulla base di registrazioni fotografiche. Il carico del traffico (ferroviario) verrà misurato attraverso sistemi di pese dinamiche ad alta velocità (WiM) installate sul binario dei treni in ingresso al ponte, in corrispondenza di ciascuna estremità del ponte. Le strutture di rilevamento dei treni saranno previste sul binario dei treni in uscita dal ponte, in corrispondenza di ciascuna estremità del ponte. Le strutture di rilevazione RWiM e treni faranno parte del componente Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) in SCADA. I dati saranno disponibili sul Sistema di controllo dell'integrità strutturale per il calcolo del carico complessivo del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte.

**Temperatura (Reale e Differenziale):**

La mancanza di un controllo dettagliato della temperatura delle strutture metalliche è storica ed ha comportato una comprensione relativa degli effetti della temperatura stessa. Le strutture si riscaldano in parte per effetto della temperatura dell'aria, ma più significativamente per effetto delle radiazioni solari. Anche il manto nero applicato sulla sommità dei cassoni del ponte contribuisce a

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

intensificare l'immissione di calore dovuta alla radiazione solare che, venendo applicata da una sola direzione, fa sì che il calore si sviluppi e si distribuisca attraverso la struttura che subirà quindi una variazione di temperatura attraverso la sua sezione.

Per profilo della temperatura si intende una temperatura reale uniforme sulla quale si sovrappone la distribuzione di una temperatura differenziale. La temperatura reale uniforme genera una variazione della lunghezza della struttura che a sua volta genera il movimento dei giunti dell'impalcato. Quanto più lunga è la struttura continua, tanto maggiore è la variazione della lunghezza associata ad una particolare variazione della temperatura. Quindi, in presenza di una campata di 3300m, si avrà una significativa movimentazione dei giunti. La distribuzione della temperatura differenziale serve a far flettere la struttura. Poiché i ponti sospesi hanno bassi livelli di vincoli intermedi rispetto all'impalcato ed alle torri, non si prevede che la temperatura differenziale possa rappresentare un caso di carico critico.

Il cavo principale è un cavo in acciaio pesante con una superficie minima rispetto al volume di acciaio, per cui si riscalda e si raffredda lentamente. La temperatura reale del cavo principale tende ad essere inferiore alla temperatura reale dell'impalcato. La diversa temperatura reale che può svilupparsi tra il cavo principale e l'impalcato può essere rilevante per le strutture che presentano un vincolo longitudinale tra l'impalcato ed il cavo principale, ma non essendo questo il caso del ponte, non si prevede che la differenza di temperatura possa rappresentare un caso di carico importante.

La distribuzione della temperatura attraverso le strutture dei cassoni metallici dell'impalcato e delle torri può essere controllata mediante rilevatori termici a contatto posizionati attorno alla sezione. Poiché questa struttura lunga ed alta può sperimentare delle condizioni termiche che differiscono a seconda dei diversi punti della struttura, i profili di temperatura verranno controllati in corrispondenza di un numero di sezioni poste lungo l'impalcato ed in cima alla torre. Un rilevatore di temperatura verrà installato su ciascun quadrante dei cassoni dell'impalcato stradale e ferroviario, sulle traverse dell'impalcato, sulle traverse delle torri e su ciascun lato delle gambe multi-facce delle torri. Per il controllo della temperatura con una maggiore definizione, altri rilevatori di temperatura verranno installati in un punto di ciascuna gamba della torre e in due punti di ciascun cassone dell'impalcato. La temperatura dei binari della ferrovia sarà anch'essa monitorata in 4 punti lungo il ponte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

La distribuzione della temperatura attraverso il cavo principale può essere inoltre monitorata con l'aiuto di sensori termici distribuiti attraverso la sezione. L'installazione della strumentazione all'interno dei cavi principali rappresenta già di per sé una sfida in quanto, una volta installata, non è più possibile accedervi per la manutenzione. Considerato che la durata di tale strumentazione è breve rispetto alla vita utile del ponte, è stata adottata una strategia di maggiore ridondanza dei rilevatori interni e di quelli accessibili montati in superficie. Grazie alla compattezza dei cavi principali, i fili in acciaio scorreranno l'uno sull'altro formando una densa matrice. Tale processo di compattazione potrebbe danneggiare i cavi dati leggeri che attraversano il percorso dei fili paralleli, infatti l'esperienza derivante dall'installazione di nodi locali di rilevatori termici interni con cavi dati alimentati attraverso l'allargamento dei cavi in corrispondenza delle selle ha dimostrato la possibilità di danneggiamento di una certa percentuale di rilevatori. Per ridurre il rischio di perdere tutte le misurazioni interne verrà adottata una serie di tecniche di installazione.

La rete dei rilevatori principali sarà formata da cavi a fibre ottiche che corrono paralleli ai fili del cavo principale, riducendo il rischio che il cavo venga tagliato durante la compattazione. I cavi a fibre ottiche verranno dotati di un rivestimento duraturo e saranno realizzati in modo tale da avere lo stesso diametro dei fili standard del cavo principale. Questi verranno inseriti all'interno del trefolo del cavo principale durante la fabbricazione diventandone parte integrante e posizionati sullo strato esterno del trefolo sul lato che si troverà in cima al trefolo stesso al momento del passaggio al di sopra delle selle, cosa questa che ridurrà le sollecitazioni radiali alle quali saranno soggetti. Gli stessi usciranno dal cavo principale in corrispondenza dell'allargamento dei trefoli nel punto in cui entrano nelle selle di ancoraggio. L'installazione di cavi a fibre ottiche all'interno del cavo principale rappresenta un avanzamento dell'attuale tecnologia. Il cavo a fibre ottiche dovrà essere sviluppato in termini di durata ed essere testato a fronte del processo di compattazione. La temperatura in corrispondenza di un particolare raggio del cavo principale non varierà in modo significativo per parecchi metri di lunghezza e quindi le misurazioni verranno effettuate usando le tecniche di distribuzione. La variazione di temperatura del cavo principale verrà controllata usando delle basse velocità di campionamento dove i dati verranno registrati sull'intera lunghezza dei cavi principali e innanzitutto sulle sezioni da monitorare. Solo i dati convertiti per una selezione delle sezioni da monitorare verranno aggiunti al database del Sistema di Controllo dell'integrità Strutturale. I dati rimanenti verranno conservati nella memoria dati. Una volta installati, i cavi a fibre ottiche non saranno accessibili per la manutenzione. Il verificarsi di una rottura nel cavo a fibre ottiche può interrompere il funzionamento dell'intera lunghezza del cavo stesso.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

A causa delle dure condizioni che si prevede di dover affrontare durante l'installazione e l'esercizio e della mancanza di accesso per la manutenzione, nei cavi principali della campata principale adiacenti alla torre Sicilia verranno installati degli altri rilevatori discreti. Subito dopo l'installazione dei trefoli del cavo principale, in quest'ultimo verranno inseriti i sensori al di là del primo morsetto. Cavi dati duraturi verranno alimentati dal cavo principale in corrispondenza dell'allargamento dei trefoli sulle selle delle torri. Sulle torri in Sicilia ed a metà campata verranno pure installati dei sensori completamente accessibili da montare in superficie. Sulle sommità delle torri, e a metà campata, dei portelli di accesso attraverso il filo di avvolgimento del cavo principale saranno dettagliati da parte dei progettisti strutturali del ponte.

L'adozione delle tecniche succitate, siano esse di carattere innovativo che già testate, ridurrà il rischio di perdita di tutto il flusso continuo dei dati delle temperature del cavo principale per l'intera durata in servizio della struttura.

***Cedimento differenziale (Movimento delle Fondazioni):***

La rete GPS prevista per il controllo della *Geometria del Ponte* fornirà i dati di controllo del cedimento differenziale. In particolare, i ricevitori GPS installati sui blocchi di ancoraggio indicheranno i movimenti longitudinali e verticali dei blocchi stessi, mentre quelli installati sulle torri indicheranno i movimenti verticali ed il movimento rotatorio complessivo attorno alla base delle torri.

I ricevitori GPS verranno installati alla base delle torri ed alla base dei pilastri di tie-down. La presenza delle torri e dei pilastri potrebbe indebolire la ricezione dei segnali dal satellite.

Su ciascun lato di ciascun blocco di ancoraggio, alla base delle torri e sul pilastro di tie-down verrà installato un ricevitore GPS in grado di fornire informazioni sul cedimento differenziale di un lato della fondazione rispetto all'altro. Ciò è particolarmente importante per il collegamento della base delle torri che risulta considerevolmente influenzato da questo aspetto.

**CONTROLLO DELLA FORZA/TENSIONE**

***Impalcato del ponte:***

La tensione può essere misurata in corrispondenza di punti discreti con l'aiuto di sensori di deformazione con compensazione della temperatura. I cassoni dell'impalcato del ponte e le traverse sono costituiti da profilati scatolari in acciaio regolarmente intervallati da diaframmi. Il sistema combinato di cassoni è supportato da un sistema a sospensione mediante cavi flessibili.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Non si prevede che i profilati scatolari siano sottoposti a significativi effetti di sforzo di taglio. Le sollecitazioni sono ben distribuite tra le forze ed i momenti applicati e le efficaci caratteristiche trasversali. I sensori di deformazione con compensazione della temperatura saranno posizionati sulle piastre rigide longitudinali vicino alle assi delle assi neutrali di ciascun profilato monitorato in modo tale che la variazione delle sollecitazioni causata dai diversi effetti di carico (verticali e trasversali) possa essere separata tramite l'analisi di post elaborazione. Localmente, i sensori di deformazione con compensazione della temperatura verranno posizionati sull'asse neutrale del profilato rigido calcolato per ridurre gli effetti secondari derivanti dalla flessione fuori piano locale. La tensione verrà monitorata in una serie di punti comprendenti il cassone ferroviario che si estende al di là dei giunti di dilatazione del cassone stradale in corrispondenza delle torri e delle strutture terminali.

**Torri:**

La tensione può essere misurata in corrispondenza di punti discreti con l'aiuto di sensori di deformazione con compensazione della temperatura. Le gambe delle torri e le traverse sono realizzate con profilati scatolari in acciaio regolarmente intervalli da diaframmi per mantenere la forma dello scatolato. Non si prevede che i profilati scatolari siano sottoposti a significativi effetti di sforzo di taglio. Le sollecitazioni sono ben distribuite tra le forze ed i momenti applicati e le efficaci caratteristiche trasversali. I sensori di deformazione con compensazione della temperatura saranno posizionati sulle piastre rigide longitudinali vicino alle assi delle assi neutrali di ciascun profilato monitorato in modo tale che la variazione delle sollecitazioni causata dai diversi effetti di carico (assiali, longitudinali e trasversali) possa essere separata tramite l'analisi di post elaborazione. Localmente, i sensori di deformazione con compensazione della temperatura verranno posizionati sull'asse neutrale del profilato rigido calcolato per ridurre gli effetti secondari derivanti dalla flessione fuori piano locale. La tensione verrà monitorata sulle gambe delle torri e al di sotto di ciascun portale, in corrispondenza del livello dell'impalcato e della base delle torri. La tensione verrà pure monitorata alle estremità dei portali.

Il controllo riguarderà anche una certa serie di barre di ancoraggio delle base delle torri. Il controllo delle barre di ancoraggio è particolarmente importante durante le fasi di installazione quando si prevede che si verifichino delle condizioni di tensionamento applicate derivanti dal pull-back temporaneo delle torri necessario a facilitare l'installazione dei cavi principali.

**Cavi principali:**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

I cavi principali sono formati da fili paralleli compattati e fissati mediante morsetti in un fascio stretto. In genere, la forza dei cavi principali può essere misurata partendo dalla deformazione del filo a compensazione di temperatura, ma su questo ponte i cavi principali saranno formati da due cavi collegati in modo intermittente con dei morsetti rigidi a formare una disposizione a scala, per effetto della quale lo spostamento laterale del cavo principale determinerà ulteriori sollecitazioni dovute alla flessione laterale. Il controllo riguarderà queste sollecitazioni a flessione nonché lo stato di tensione assiale generale associato alla forza del cavo principale. Storicamente, quando il Controllo dell'Integrità Strutturale venne progettato dopo la costruzione, non fu possibile monitorare nel dettaglio la deformazione del cavo principale per le difficoltà di accesso per l'installazione. La deformazione con compensazione della temperatura verrà misurata in una serie di punti all'interno e sulla superficie del cavo principale. La deformazione con compensazione della temperatura verrà pure misurata sui morsetti cavi adiacenti alle torri.

L'installazione della strumentazione all'interno dei cavi principali rappresenta già di per sé una sfida in quanto, una volta installata, non è più possibile accedervi per la manutenzione. Considerato che la durata di tale strumentazione è breve rispetto alla vita utile del ponte, è stata adottata una strategia di maggiore ridondanza dei rilevatori interni e di quelli accessibili montati in superficie. Grazie alla compattezza dei cavi principali, i fili in acciaio scorreranno l'uno sull'altro formando una densa matrice. Tale processo di compattazione potrebbe danneggiare i cavi dati leggeri che attraversano il tracciato dei fili paralleli e l'esperienza derivante dall'installazione di nodi locali di rilevatori termici interni con cavi dati alimentati attraverso l'allargamento dei cavi in corrispondenza delle selle ha dimostrato la possibilità di danneggiamento di una certa percentuale di rilevatori. Per ridurre il rischio di perdere tutte le misurazioni interne verrà adottata una serie di tecniche di installazione.

Il piano di controllo non prevede l'installazione di cavi interni a fibra ottica che corrano paralleli ai fili dei cavi principali per l'intera loro lunghezza, in quanto i cavi a fibra ottica "legati" verranno deformati dai fili dei cavi principali creando notevoli problemi nell'ottenimento di dati affidabili. L'esperienza e la tecnologia attuali, i costi di sviluppo e le incertezze residue sconsigliano il perseguimento di tale metodo di controllo. La fattibilità di tale metodo potrebbe essere riconsiderata all'inizio del Progetto Esecutivo tenuto conto dei miglioramenti tecnologici che saranno sopravvenuti a quel momento.

I sensori di deformazione con compensazione della temperatura verranno installati sui cavi principali della campata laterale e centrale di ciascuna torre, dove la forza nei cavi principali è

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

massima, e sui cavi principali di ciascun blocco di ancoraggio. I sensori verranno installati al centro di ciascun quadrante della sezione onde rilevare le variazioni delle sollecitazioni a flessione. Al termine dell'installazione dei trefoli dei cavi principali, i sensori verranno posizionati all'interno del e fisicamente collegati al cavo principale, al di là del primo morsetto a partire dalla sella adiacente. Cavi dati duraturi verranno alimentati dal cavo principale in corrispondenza dell'allargamento dei trefoli sulle selle delle torri. L'installazione di cavi a fibre ottiche all'interno del cavo principale rappresenta un avanzamento dell'attuale tecnologia. Il cavo a fibre ottiche dovrà essere sviluppato in termini di durata ed essere testato a fronte del processo di compattazione. Una volta installati, i cavi a fibre ottiche non saranno accessibili per la manutenzione. Il verificarsi di una rottura nel cavo a fibre ottiche interromperà il funzionamento del sensore. A causa delle difficili condizioni che si incontreranno durante l'installazione e l'esercizio e del mancato accesso per la manutenzione verrà installata una serie di sensori montati in superficie e totalmente accessibili per creare una ridondanza del sistema. Tali sensori verranno montati su ciascun lato della passerella del cavo principale delimitata da corrimani e sulla parte inferiore del cavo principale e la loro distribuzione permetterà il rilevamento delle variazioni della tensione a flessione. Da parte dei progettisti strutturali del ponte saranno previsti dei portelli di accesso attraverso il filo di avvolgimento del cavo principale. Il controllo della tensione del cavo principale viene trattato con maggior dettaglio nell'Appendice 2.

La tensione del cavo principale in corrispondenza dei pendini di tie-down verrà pure monitorata per mezzo di sensori montati in superficie, per i quali saranno richiesti dei portelli di accesso. L'aspetto di maggiore interesse in questo punto è la flessione verticale del cavo principale indotta dal vincolo dei pendini di tie-down. Sempre in questo punto la forza assiale non è massima. I sensori montati in superficie offriranno un'efficiente strategia di controllo. I sensori interni richiederebbero l'installazione di lunghi tratti di cavo durante il montaggio dei trefoli. Senza un'installazione meno che attenta dei sensori, dei cavi e dei successivi trefoli, i sensori non potranno sopravvivere al processo di montaggio dei trefoli. Quindi, in vista dei limitati vantaggi derivanti dalla misurazione interna della tensione in corrispondenza dei pendini di tie-down e dell'impatto devastante sul processo di costruzione connesso con il rischio della perdita dei sensori per danno, non verranno installati sensori interni in corrispondenza dei pendini di tie-down.

Le misurazioni della tensione del cavo principale saranno integrate dal controllo di un certo numero di barre di ancoraggio dei trefoli del cavo principale mediante sensori di deformazione con compensazione della temperatura.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Le sollecitazioni all'interno dei morsetti del cavo principale adiacenti alle torri insieme all'oscillazione laterale del cavo principale verranno monitorati per mezzo dei sensori di deformazione con compensazione della temperatura. I punti esatti di controllo dovranno essere identificati dai progettisti strutturali del ponte durante il Progetto Esecutivo.

**Pendini:**

I pendini sono costituiti da fili paralleli. In genere, la forza dei pendini può essere misurata dalla deformazione del filo con compensazione della temperatura, ma i pendini subiscono altre sollecitazioni a flessione dovute alla vibrazione (nel caso di pendini lunghi) ed al cavo principale rispetto allo spostamento differenziale dell'impalcato (pendini corti della campata di centro). Il controllo riguarderà queste sollecitazioni a flessione e lo stato di tensione assiale generale associato alla forza dei pendini. I sensori di deformazione con compensazione della temperatura verranno installati nei fili sullo strato esterno appena al di sopra del capocorda a livello di impalcato e resi accessibili per la manutenzione. I sensori di deformazione verranno installati a coppie sui lati diametralmente opposti del cavo. I pendini lunghi adiacenti alle torri e quelli della campata centrale saranno dotati di due paia di sensori di deformazione per il controllo delle sollecitazioni in ciascun quadrante. Altri pendini verranno dotati solo di una coppia di sensori. La forza dei pendini sarà ottenuta dalla media delle letture dei sensori onde eliminare eventuali oscillazioni di misura connesse con la vibrazione dei pendini e la flessione locale. Le forze dei pendini calcolate durante la progettazione mostrano un'uniforme distribuzione dei valori massimi lungo la campata principale con valori in aumento nelle immediate vicinanze delle torri (pendini 5, 6, 114 e 115) e nel collegamento al pilastro di tie-down (pendini 1 e 119). La progettazione tiene conto dei valori maggiorati e dei requisiti addizionali di rigidità aumentando la dimensione dei pendini da 1 a 8 e da 112 a 119. Il controllo riguarderà la forza dei pendini 1, 5, 6, 114, 115 e 119 che vanno a formare i cavi nonché una serie di gruppi di pendini posizionati altrove, inclusa la campata centrale. Ciascun gruppo di pendini monitorati sarà costituito da 2 o 3 pendini adiacenti per verificare la distribuzione del carico tra pendini adiacenti. I pendini sono formati da una coppia di cavi separati longitudinalmente invece che da un singolo cavo che genera un grado di vincolo locale. Queste coppie di cavi subiranno quindi delle variazioni locali della forza assiale derivanti dal passaggio di singoli veicoli o treni. Le forze nei cavi a coppie possono inoltre essere interessate da tolleranze sulla lunghezza dei pendini, in particolare in corrispondenza della campata centrale. Questo comporterà che tutti i cavi che formano un pendino monitorato siano dotati di strumentazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Per valutare la forza di tutti i pendini si potranno usare degli accelerometri mobili e dei sensori video di spostamento previsti per il controllo della *Risposta Dinamica dei Pendini*.

### 3.6.3 Risposta dinamica dell'impalcato

I ponti a lunga campata sono delle strutture leggere flessibili intrinsecamente sensibili al carico variabile e mostrano una notevole risposta dinamica. La risposta dinamica può svilupparsi per effetto del vento e del traffico nonché per l'azione sismica che verrà trattata a parte. La progettazione tiene conto della risposta dinamica. In particolare, la progettazione tiene conto in modo dettagliato della risposta dinamica indotta dal vento supportata da prove eseguite nel tunnel del vento, infatti una serie di meccanismi aerodinamici può portare ad un crollo catastrofico. L'innovativo progetto del ponte a tre cassoni è più stabile rispetto a quello convenzionale con un solo cassone e le prove nel tunnel del vento ne hanno dimostrato la stabilità in presenza di una velocità critica locale. E' tuttavia da notare che le prove nel tunnel del vento si basano su modelli in scala, i cui limiti e la cui precisione sono risaputi. Verrà quindi monitorata la risposta dinamica del ponte e in particolare la risposta aerodinamica. Per comprendere la causa e lo sviluppo della risposta dinamica del ponte si dovrà monitorare la struttura locale del vento.

#### CONTROLLO DELLA RISPOSTA DINAMICA

La risposta dinamica del ponte verrà monitorata per mezzo di accelerometri posizionati strategicamente lungo l'impalcato per la registrazione di tutte le caratteristiche modali importanti. In corrispondenza di ciascuna posizione di controllo verranno installati due accelerometri tridirezionali da collocare a ciascuna estremità delle traverse rigide dell'impalcato in modo che venga registrata solo la risposta globale e che i componenti della risposta vengano registrati direttamente senza la necessità di una eccessiva manipolazione dei dati ad es.

- La risposta verticale verrà registrata dall'asse verticale degli accelerometri
- La risposta laterale verrà registrata dall'asse trasversale degli accelerometri
- La risposta longitudinale verrà registrata dall'asse longitudinale degli accelerometri
- La risposta alla torsione verrà registrata dalla differenza delle accelerazioni proveniente dall'asse verticale degli accelerometri

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

La risposta dinamica locale del cassone dell'impalcato con campate locali di 30 m tra le traverse non verrà monitorata in quanto giudicata non preoccupante.

#### **CONTROLLO DELLA STRUTTURA DEL VENTO**

Le caratteristiche generali del vento verranno monitorate dalla serie di anemometri previsti per il controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte*. Una serie supplementare di anemometri installati a metà campata eseguiranno le misure della correlazione incrociata del vento.

#### **3.6.4 Risposta Dinamica delle Torri e degli Ammortizzatori di Massa Accordati**

Le torri del ponte sono delle strutture alte. Sono in fase di indagine i requisiti per l'aggiunta di Ammortizzatori di massa accordati a ciascuna gamba della torre a livello mediano del portale per il controllo delle vibrazioni indotte dal vento. Se aggiunti, è probabile che gli ammortizzatori di massa accordati abbiano una forma a pendolo. Gli ammortizzatori di massa accordati sono efficaci nel controllo delle vibrazioni strutturali alla frequenza naturale dell'unità smorzatori. Le prestazioni degli ammortizzatori di massa accordati dipendono dal movimento della massa relativamente alla struttura da smorzare. I respingenti verranno installati per limitare i movimenti della massa ed evitare danni alla struttura, anche se l'impatto della massa con i respingenti può provocare delle vibrazioni locali che possono danneggiare l'unità. E' previsto il controllo del funzionamento continuo degli ammortizzatori di massa accordati trattandosi di componenti importanti per il controllo delle vibrazioni delle torri., che verranno pure monitorate. Per indagare ulteriormente lo sviluppo della risposta dinamica delle torri, si dovranno misurare sia la risposta sia la struttura del vento.

#### **CONTROLLO DELLA RISPOSTA DINAMICA**

La risposta dinamica delle torri verrà monitorata per mezzo di accelerometri posizionati strategicamente sulla sommità delle torri per la registrazione di tutte le caratteristiche modali importanti. In corrispondenza di ciascuna posizione di controllo verranno installati due accelerometri tridirezionali da collocare su ciascuna gamba delle torri adiacente alle traverse rigide in modo che venga registrata solo la risposta globale delle torri e che i componenti della risposta vengano registrati direttamente senza la necessità di una eccessiva manipolazione dei dati ad es.

- La risposta verticale verrà registrata dall'asse verticale degli accelerometri

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- La risposta orizzontale trasversalmente all'allineamento del ponte verrà registrata dall'asse degli accelerometri allineati trasversalmente all'allineamento del ponte
- La risposta orizzontale longitudinalmente all'allineamento del ponte verrà registrata dall'asse degli accelerometri allineati longitudinalmente all'allineamento del ponte
- La risposta alla torsione verrà registrata dalla differenza delle accelerazioni dell'asse degli accelerometri allineati longitudinalmente all'allineamento del ponte

#### **CONTROLLO DELLA RISPOSTA DEGLI AMMORTIZZATORI DI MASSA ACCORDATI**

Il controllo riguarderà la risposta di ciascuno degli ammortizzatori di massa accordati. La risposta verrà monitorata misurando lo spostamento relativo della massa degli ammortizzatori di massa accordati rispetto alla struttura con dei misuratori dello spostamento lineare.

#### **CONTROLLO DELLA STRUTTURA DEL VENTO**

Le caratteristiche generali del vento verranno monitorate dalla serie di anemometri previsti per il controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte*. Una serie supplementare di anemometri installati a metà campata eseguiranno le misure della correlazione incrociata del vento.

#### **3.6.5 Risposta dinamica dei cavi principali**

I cavi principali dei ponti sospesi a lunga campata sono lunghe strutture flessibili soggette ad una significativa risposta dinamica, indipendentemente da o in connessione con la risposta modale del ponte. Inoltre, poiché i cavi principali sono formati da coppie di cavi con morsetti posti in modo intermittente e con un vincolo rispetto all'impalcato creato da pendini posizionati centralmente, i cavi principali possono essere soggetti alla risposta a torsione. La risposta dei cavi principali potrebbe svilupparsi direttamente per effetto del vento o per effetto delle vibrazioni dell'impalcato del ponte. E' quindi necessario monitorare la *Risposta Dinamica dei Cavi Principali*.

#### **CONTROLLO DELLA RISPOSTA DINAMICA**

La risposta dinamica dei cavi principali verrà monitorata per mezzo di accelerometri posizionati strategicamente per la registrazione di tutte le caratteristiche modali importanti. In corrispondenza di ciascuna posizione di controllo verranno installati due accelerometri tridirezionali. Gli



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

accelerometri verranno posizionati su morsetti cavi rigidi, adiacenti a ciascun cavo in modo che venga registrata solo la risposta globale dei cavi principali e che i componenti della risposta vengano registrati direttamente senza la necessità di una eccessiva manipolazione dei dati ad es.

- La risposta verticale fuori piano verrà registrata dall'asse verticale degli accelerometri
- La risposta fuori piano trasversalmente all'allineamento del ponte verrà registrata dall'asse degli accelerometri allineata trasversalmente rispetto all'allineamento del ponte
- La risposta lungo il cavo verrà registrata dall'asse degli accelerometri allineata con l'asse longitudinale dei cavi principali
- La risposta alla torsione verrà registrata dalla differenza delle accelerazioni dell'asse verticale degli accelerometri

#### **CONTROLLO DELLA STRUTTURA DEL VENTO**

Le informazioni sulla struttura del vento verranno fornite da una serie di anemometri previsti per monitorare la *Risposta Quasi-Statica del Ponte* e la *Risposta Dinamica dell'Impalcato*.

#### **3.6.6 Risposta Dinamica dei Pendini**

I pendini tendono a rispondere alla vibrazione di fondo applicata al ponte nonché all'immissione dell'energia del vento. La risposta aerodinamica può essere significativa nel caso in cui si sviluppino delle vibrazioni con grosse ampiezze. Spesso la risposta aerodinamica dei pendini peggiora in prossimità delle torri dove la significativa variazione del flusso viene indotta dal flusso attorno alle gambe delle torri. La risposta aerodinamica non è inusuale per i pendini lunghi e viene considerata nella progettazione prevedendo degli smorzatori supplementari. Con l'accorciarsi della lunghezza dei pendini aumentano la rigidità degli stessi e le loro frequenze naturali con una tendenza ad una minore risposta agli effetti aerodinamici. E' quindi usuale che la progettazione dello smorzamento interessi una gamma limitata dei pendini e non tutti i pendini. E' quindi possibile identificare i pendini che sono maggiormente soggetti al rischio di sviluppare una significativa risposta aerodinamica: si tratta dei pendini più lunghi con un livello di smorzamento citato.

I pendini collegati ai pilastri di tie-down (pendini 1 e 119) servono ad irrigidire il sistema strutturale del ponte attorno alle torri limitando il movimento verticale dei cavi principali. Questi pendini sono



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

quindi i primi pendini adiacenti alla lunghezza libera estesa del cavo principale della campata laterale. I pendini possono quindi rispondere agli effetti parassiti dovuti ai cavi principali rimanendo aerodinamicamente sensibili a causa della loro lunghezza.

Per capire la causa e l'importanza dei meccanismi dinamici registrati è necessario misurare la risposta e la struttura del vento.

### **CONTROLLO DELLA RISPOSTA DINAMICA**

La risposta dinamica dei pendini viene monitorata nella maniera più efficiente con accelerometri bidirezionali che registrano le accelerazioni trasversali. Gli accelerometri devono essere installati ad una distanza sufficiente dai capicorda dei pendini per registrare efficacemente la risposta dinamica. Gli accelerometri verranno posizionati sui pendini il più in alto possibile (ma all'interno del terzo inferiore della lunghezza dei pendini) restando comunque alla portata di comuni piattaforme aeree in modo da consentire l'accesso per la futura manutenzione.

Verrà monitorata la risposta dei pendini più lunghi adiacenti alle torri (pendini 5, 6, 114 e 115) e di quelli che formano i pendini di tie-down (pendini 1 e 119). Verranno inoltre monitorati i pendini più lunghi che non hanno uno smorzamento supplementare.

Saranno inoltre previsti degli accelerometri mobili e dei sensori video di spostamento supportati da computer e server di controllo mobili. Su tutti i pendini dovranno essere installate delle staffe di montaggio con targhe di identificazione univoche. Ciò consentirà il controllo di tutti i pendini qualora si osservi una risposta dinamica significativa.

### **CONTROLLO DELLA STRUTTURA DEL VENTO**

Le informazioni sulla struttura del vento verranno fornite da una serie di anemometri previsti per monitorare la *Risposta Quasi-Statica* e la *Risposta Dinamica del Ponte* .

Il flusso locale del vento attorno ai pendini più lunghi della campata principale adiacenti alle torri verrà monitorato con degli anemometri posizionati tra i pendini installati su intelaiature ad hoc.

#### **3.6.7 Fatica dei pendini**

I pendini sono formati da fili paralleli che terminano a ciascuna estremità con capicorda rigidi fissati mediante perni alle piastre di invito dei fondelli e dei morsetti. Comunemente i capicorda fissati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

mediante perni agiscono come dei collegamenti con estremità semi-rigida o rigida, particolarmente per la rotazione perpendicolarmente all'asse del perno. Il pendino tende a flettere localmente attorno all'estremità del capocorda dal quale fuoriesce presentando un punto sensibile alla fatica. I pendini soggetti a vibrazione di lunga durata, dovuta per esempio alla risposta aerodinamica, sono quindi soggetti a fatica causata dalle sollecitazioni a flessione locali. Non è inusuale che i pendini debbano essere sostituiti durante la loro vita utile.

I pendini corti sono i più sensibili allo sviluppo delle sollecitazioni a flessione locali nel cavo adiacente al capocorda. I pendini corti sono meno soggetti di quelli lunghi alla risposta aerodinamica di lunga durata, ma sono soggetti ai movimenti differenziali longitudinali e trasversali tra i cavi principali e la struttura dell'impalcato. I pendini della campata di centro (pendini da 41 a 79) saranno dotati di appoggi sferici che miglioreranno significativamente la prestazione dell'interfaccia cavo/capocorda. I pendini da 21 a 40 e da 80 a 99 saranno dotati di limitatori di flessione.

Le oscillazioni delle sollecitazioni assiali saranno causate dal carico del traffico e in particolare dal passaggio locale dei veicoli. La separazione longitudinale dei cavi che formano il pendino comporterà un vincolo di momento locale che può provocare una fluttuazione amplificata della tensione assiale locale con il passaggio locale dei veicoli. Ciò costituisce un contributo supplementare al carico da fatica.

Il controllo delle sollecitazioni dei pendini causate dai fili sulla superficie dei pendini fornirà una buona indicazione delle esigenze di manutenzione.

## **CONTROLLO DELLA TENSIONE**

Le variazioni della deformazione con compensazione della temperatura e quindi le variazioni della tensione verranno misurate con l'ausilio di sensori di deformazione con compensazione di temperatura installati per la *Risposta Quasi-Statica del Ponte*. In particolare, verranno installati 2 sensori di deformazione con compensazione di temperatura su ciascun pendino monitorato. 4 sensori di deformazione con compensazione della temperatura verranno installati su quei pendini monitorati che sono maggiormente sensibili ad una risposta aerodinamica significativa (pendini 1, 5, 6, 114, 115, e 119) per monitorare le sollecitazioni a flessione provocate da vibrazioni in piano e fuori piano. 4 sensori di deformazione con compensazione della temperatura verranno installati su quei pendini monitorati che sono maggiormente sensibili ai movimenti differenziali longitudinali e

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

trasversali tra i cavi principali e la struttura dell'impalcato (pendini da 59 a 61) per monitorare le sollecitazioni a flessione. Le variazioni delle sollecitazioni verranno elaborate mediante il conteggio a pioggia e le routine di somma algebrica per facilitare un riesame automatico della fatica.

### 3.6.8 Fatica dei Cassoni dell'Impalcato

Le strutture metalliche sono sensibili alla fatica. Gli impalcato ortotropici sono stati da sempre particolarmente sensibili alla fatica in quanto sperimentano significative variazioni delle sollecitazioni locali causate dal passaggio di ciascuna ruota. I particolari che storicamente sono stati interessati dallo sviluppo della rottura a fatica sono:

- saldatura longitudinale del cassone alla piastra
- saldatura cassone con cassone nella giuntura di connessione
- saldatura del cassone al diaframma
- foro frontale dei diaframmi

Le travi delle rotaie sono sensibili alla fatica per effetto del collegamento diretto delle rotaie all'impalcato, della pesantezza degli assi dei treni, del notevole numero degli assi dei treni e dell'allineamento definito degli assi risultante dai binari.

La fatica locale della lamiera dell'impalcato verrà monitorata in due punti lungo il ponte:

- punto remoto rappresentativo della prestazione a fatica generale del ponte. Un punto di incrocio regolare per i treni che viaggiano su ciascun binario sarebbe il migliore per il controllo della fatica. Tuttavia, non esistendo al momento un programma definito per i treni, non si conosce un punto di incrocio definito. E' stato individuato un punto remoto sensibile per il controllo, anche se la posizione finale può variare nelle fasi terminali del progetto del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.
- In prossimità del giunto del ponte soggetto ad un maggior carico dinamico del traffico stradale a causa del giunto rappresentando in generale un punto estremamente sensibile alla rottura da fatica

Le sollecitazioni longitudinali e trasversali dei cassoni verranno monitorate al di sotto di ciascuna corsia . Le sollecitazioni longitudinali e trasversali delle travi delle rotaie verranno monitorate al di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

sotto di ciascuna rotaia di ciascun binario. Verranno pure monitorate le sollecitazioni al bordo dei fori frontali nei diaframmi associate a cassoni e a travi di rotaie monitorati.

Gli impalcati ortotropici sono avvantaggiati dalla rigidità supplementare offerta dalla superficie stradale che riduce le sollecitazioni applicate migliorando in tal modo le caratteristiche di resistenza alla fatica. La rigidità della superficie stradale dipende dalla temperatura, il cui aumento produce una riduzione della rigidità. La temperatura della superficie stradale in corrispondenza dell'interfaccia metallica verrà monitorata per fornire dati supplementari in grado di aiutare l'interpretazione dei casi pregressi di fatica.

La struttura dell'impalcato lunga e flessibile può subire una variazione della tensione globale a seguito della variazione del carico applicato (vento e traffico) e possibilmente della risposta dinamica del ponte. Le sollecitazioni longitudinali generali che interessano i cassoni e le travi trasversali verranno monitorate in una serie di punti ivi incluso il cassone ferroviario che si estende al di là dei giunti di dilatazione del cassone stradale in corrispondenza delle torri e delle strutture terminali. Sarà resa disponibile la possibilità di monitorare le variazioni delle sollecitazioni per l'eventuale analisi della fatica.

E' stata individuata una serie di dettagli locali presumibilmente sensibili alla fatica provocata da una variazione globale della tensione che necessitano di essere monitorati:

- Transizione angolare della lamiera dell'impalcato tra i cassoni e la traversa (da monitorare nello stesso punto in cui viene monitorata localmente la fatica della lamiera dell'impalcato)

Nonostante l'attenta considerazione prestata nel progetto ai problemi della fatica, è importante monitorare la casistica reale delle sollecitazioni e confrontarla con la casistica di progetto. I mutamenti nel tempo dei volumi di traffico e dei tipi di veicoli possono modificare in modo significativo la casistica delle sollecitazioni sperimentata. Il controllo della casistica delle sollecitazioni fornirà quindi una buona indicazione dei requisiti di manutenzione confermando inoltre le ipotesi assunte per la progettazione.

## **CONTROLLO DELLA TENSIONE**

La variazione locale della deformazione della lamiera dell'impalcato verrà elaborata mediante compensazione della temperatura e quindi la variazione della tensione verrà tenuta sotto controllo mediante dei sensori di deformazione con compensazione della temperatura. Le sollecitazioni

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

longitudinali verranno controllate sull'estremità dei cassoni, dove le sollecitazioni sono massime, e in prossimità dei giunti dei cassoni, dove i cassoni sono sensibilissimi alla fatica. Le sollecitazioni trasversali verranno controllate nella lamiera dell'impalcato, nei cassoni e nelle travi di rotaie. I rilevamenti verranno eseguiti in posizione mediana tra i diaframmi. I sensori di deformazione con compensazione della temperatura verranno disassati dal cassone rispetto alle saldature longitudinali della lamiera, nominalmente di 15mm; tale disassamento è necessario per fornire una tensione di riferimento standard per la classificazione della fatica. La variazione locale della deformazione della lamiera dell'impalcato avverrà rapidamente a causa delle brevi linee di influenza combinate al transito stradale veloce. Il controllo della variazione locale della deformazione della lamiera dell'impalcato necessiterà quindi di un campionamento della frequenza molto elevata (dell'ordine di 500Hz).

La variazione complessiva della deformazione longitudinale con compensazione della temperatura e quindi la variazione della tensione verrà misurata mediante misuratori della deformazione con compensazione della temperatura installati per la *Risposta Quasi-Statica del Ponte*.

I dettagli locali sensibili alla fatica ulteriormente identificati verranno controllati mediante sensori della deformazione con compensazione della temperatura.

Le variazioni della tensione verranno elaborate mediante conteggio a pioggia e routine di somma algebrica onde facilitare un riesame automatico della fatica.

### **CONTROLLO DELLA TEMPERATURA DELLA STRADA**

La temperatura della superficie stradale verrà rilevata in cinque punti lungo la careggiata mediante sensori della temperatura installati nell'interfaccia asfalto/acciaio.

#### **3.6.9 Risposta degli Ammortizzatori**

Gli ammortizzatori sono installati tra l'impalcato e le torri e tra le strutture terminali (strutture intermedie che collegano il ponte alle parti di accesso) ed i pilastri di supporto. Gli ammortizzatori giocano un ruolo importante nel controllo della prestazione della struttura. Essi modificano i vincoli della struttura dipendentemente dalle condizioni di carico presenti. Gli ammortizzatori agiscono in due condizioni: rigida ed elastica. Normalmente, gli ammortizzatori agiscono sotto forma di un collegamento rigido e in alcune condizioni di carico essi attivano e modificano il loro stato diventando elastici scaricando efficacemente l'impalcato del ponte. Tutti gli ammortizzatori devono

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

attivarsi durante i terremoti. Gli ammortizzatori longitudinali in corrispondenza delle torri devono inoltre attivarsi negli eventi di carico di breve durata quali il traffico ed il vento . Gli ammortizzatori sono caratterizzati dalla forza prescritta per le curve di risposta allo spostamento.

Gli ammortizzatori sono dei dispositivi meccanici attivi che richiedono un'attenzione costante per garantire la prestazione prevista e che devono essere mantenuti in maniera adeguata per un buon funzionamento. Inoltre, i meccanismi di controllo meccanici degli ammortizzatori li lasceranno in una posizione che richiede la reimpostazione dopo il funzionamento. Ciò rappresenta una richiesta supplementare di manutenzione da monitorare.

La struttura dell'impalcato ferroviario passante attraverso le torri è continua. Tra l'impalcato e le torri esiste un vincolo trasversale dotato di ammortizzatore. Per effetto dell'azione termica, l'impalcato si sposterà in modo considerevole rispetto alle torri lungo l'asse longitudinale del ponte. Il vincolo trasversale dotato di ammortizzatore è stato progettato come un'asta pura terminata da cerniere onde consentire tale movimento. Un'estremità dell'asta è un perno vero e proprio. L'altra estremità è formata da una coppia di ammortizzatori con appoggi sferici, che si spostano e ruotano in modo tale da funzionare come un terminale a perno. Il dettaglio di tale collegamento è attualmente in fase di riesame. E' necessario che gli appoggi sferici e gli ammortizzatori trasversali funzionino liberamente per evitare un vincolo di momento che potrebbe portare ad un eccesso di tensione del vincolo trasversale dotato di ammortizzatore. Si dovranno quindi monitorare le sollecitazioni nell'asta per individuare eventuali mutamenti del vincolo degli appoggi.

I perni degli ammortizzatori, particolarmente in corrispondenza delle torri, saranno soggetti a significative variazioni del carico. I perni o piastre porta perni possono usurarsi in seguito a tali variazioni del carico con conseguente movimento dei perni rispetto alle piastre porta perni. Si dovrà monitorare il movimento di un certo numero di perni rispetto alle piastre porta perni .

#### **CONTROLLO DELLA RISPOSTA DEGLI AMMORTIZZATORI**

Sarà necessario monitorare la risposta di tutti gli ammortizzatori, la cui forza verrà misurata monitorando la pressione idraulica di ciascuna delle due camere dell'ammortizzatore e la temperatura dell'olio. Lo spostamento dei pistoni verrà monitorato mediante misuratori dello spostamento lineare. Verrà altresì monitorata la pressione idraulica di ciascuno dei serbatoi di accumulo. I sensori necessari per il controllo della *Risposta degli Ammortizzatori* verranno forniti ed installati dal produttore degli ammortizzatori.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## CONTROLLO DELLA TENSIONE

Lo stato di tensione dell'asta del vincolo trasversale dotato di ammortizzatore tra l'impalcato e le torri verrà monitorato mediante sensori di deformazione con compensazione della temperatura installati in prossimità del collegamento degli ammortizzatori.

## CONTROLLO DEL MOVIMENTO DEI PERNI DEGLI AMMORTIZZATORI

Con l'ausilio di misuratori dello spostamento lineare verrà monitorato un certo numero di perni rappresentativi degli ammortizzatori in corrispondenza delle torri per verificare il movimento rispetto alle piastre porta perni.

### 3.6.10 Comportamento dei Giunti di Dilatazione

E' necessario misurare il movimento dell'impalcato in corrispondenza dei giunti di dilatazione onde registrare il movimento regolare dell'impalcato del ponte per la correlazione della temperatura, misurare il percorso dei giunti di dilatazione e confermare che stanno lavorando liberamente. La misurazione prima, durante e dopo importanti eventi eolici e sismici è determinante per la valutazione del danno potenziale alla struttura. Il movimento accumulato dei giunti di dilatazione verrà monitorato sul lungo termine per indicare l'uso dei giunti di dilatazione. Anche le vibrazioni dei giunti di dilatazione verranno monitorati sul lungo termine in corrispondenza del giunto stradale e dell'appoggio. Le variazioni dei modelli di movimento e vibrazione dei giunti stanno ad indicare lo sviluppo dell'usura dei componenti del giunto di dilatazione e servono a programmare e ad elaborare il budget delle sostituzioni.

## CONTROLLO DEL MOVIMENTO DEI GIUNTI DI DILATAZIONE

Il movimento dei giunti di dilatazione verrà monitorato utilizzando dei misuratori di spostamento lineare. Il range di dilatazione dei giunti primari alle estremità del ponte è significativo: fino a +/-2m del movimento. Il range di dilatazione dei giunti nel cassone stradale in corrispondenza delle torri varia tra +/-0,8m (campata principale) e +/-0,1m (campata laterale). Si useranno quindi la misurazione elettronica della distanza (EDM) o la misurazione laser della distanza con la possibilità di proporre delle tecniche alternative al sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale. La misurazione della distanza con l'uso di EDM o di laser si basa sull'emissione del segnale direzionale che viene riflesso da un target ricevuto e tradotto in una



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

misura di distanza. Uno svantaggio connesso con l'uso di sensori EDM o laser dello spostamento è la possibile registrazione di letture false in mancanza di ricevimento del segnale direzionale emesso. A seguito delle rotazioni dell'impalcato, il segnale direzionale emesso può essere deviato dal ricevitore con la conseguenza di falsi segnali intermittenti. In caso di utilizzo di sensori EDM o laser dello spostamento, le tecniche correnti definite per l'utilizzo di tali sensori dovranno essere ulteriormente sviluppate per minimizzare le punte di perdite di dati. Ciononostante, le punte di perdite di dati possono essere facilmente differenziati dai reali dati in uscita utilizzando dei processi di condizionamento dei dati sviluppati per eliminare i picchi di dati dal flusso dei dati.

L'usura dei giunti di dilatazione è correlata al movimento totale dei giunti di dilatazione e, in particolare, all'azione di sfregamento. Il movimento complessivo dei giunti di dilatazione unito alle osservazioni sulla velocità di usura può essere usato dal gestore del ponte per la preparazione dei piani di manutenzione. Il semplice accumulo dei dati registrati con l'uso dei sensori pone tuttavia un problema. Tutti i sensori mostrano un rumore di fondo nel flusso dei dati che non è rappresentativo del reale movimento dei giunti. Anche l'entità del movimento dei giunti può avere un impatto diverso sull'usura, per cui il semplice accumulo diretto del movimento può non essere rappresentativo dell'usura dei giunti di dilatazione. Questi problemi verranno gestiti elaborando le variazioni di movimento registrate con l'ausilio di programmi di conta dei cicli per la produzione di dati sulla velocità del movimento rispetto al numero di cicli eseguiti. Per l'ottenimento di un indicatore di usura verranno quindi applicate ai dati le routine di somma algebrica. Il processo di sviluppo dell'indicatore verrà eseguito dal gestore del ponte durante il servizio utilizzando i dati ottenuti dalle ispezioni.

#### **CONTROLLO DELLA VIBRAZIONE DEI GIUNTI DI DILATAZIONE**

Un aumento delle vibrazioni di fondo dei giunti di dilatazione stradali durante il passaggio dei veicoli ed il funzionamento dei giunti stessi può essere indicativo della formazione di usura nei giunti stradali. Le vibrazioni di fondo dei principali giunti di dilatazione interessati da un grosso movimento dell'impalcato stradale e posti alle estremità del ponte ed in corrispondenza delle torri verranno tenute sotto controllo mediante accelerometri ad orientamento verticale installati nei carrelli a ponticello dei giunti di dilatazione.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### **CONTROLLO DELLE VIBRAZIONI DEI GIUNTI DI DILATAZIONE IN CORRISPONDENZA DELL'APPOGGIO**

Un aumento delle vibrazioni in prossimità del giunto di dilatazione principale in funzione può essere indicativo dello sviluppo di condizioni di incollamento e quindi dell'usura degli appoggi dei giunti di dilatazione. Le vibrazioni provenienti dai pali verticali al di sopra degli appoggi alle estremità del ponte verranno monitorate per mezzo di accelerometri ad orientamento longitudinale installati sui pali adiacenti agli appoggi.

#### **3.6.11 Scivolamento del cavo principale sulle selle**

Le selle sulla sommità delle torri e le selle dei blocchi di ancoraggio sono progettate in modo tale che il cavo principale non scivoli sulle selle. Lo scivolamento del cavo principale non è un problema usuale per i ponti a sospensione completa, ma la condizione critica si verifica durante il montaggio. La notevole dimensione di questo ponte suggerisce di monitorare lo scivolamento del cavo principale durante il montaggio e successivamente per controllare che non vi sia alcun scivolamento.

### **CONTROLLO DELLO SPOSTAMENTO DEL CAVO PRINCIPALE RISPETTO ALLE SELLE**

I trefoli del cavo principale si allargano per passare tra i distanziatori nei cassoni delle selle, in corrispondenza delle quali verrà monitorato per mezzo di misuratori di spostamento laterale lo spostamento di un trefolo inferiore rappresentativo del cavo principale rispetto al blocco delle selle.

#### **3.6.12 Carico estremo (non comprendente il Carico Sismico)**

Gli eventi di carico estremo sono per definizione rari e quindi esiste una bassa probabilità di dover misurare eventi di questi tipo durante la vita utile di una struttura. Si possono tuttavia verificare parecchie occasioni di eventi di elevata entità che, anche se inferiore rispetto al carico di progetto, forniranno indicazioni sulla capacità della struttura di supportare i carichi di progetto stabiliti. La risposta del ponte ai carichi di elevata entità verrà registrata attraverso il controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte* e della *Risposta Dinamica dell'Impalcato* ed altre attività di controllo.

I carichi di progetto vengono pure sviluppati sulla base di una revisione statistica delle condizioni e delle situazioni di carico. Il controllo delle condizioni di carico e la memorizzazione dei relativi dati avranno come scopo l'esecuzione di future revisioni statistiche dei carichi.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### **CONTROLLO DEL CARICO EOLICO ESTREMO**

I ponti sospesi a lunga campata possono essere vulnerabili ai venti forti per effetto del sovraccarico degli elementi di supporto laterale (innanzitutto le torri) o dell'eccitazione aerodinamica.

Le informazioni sulla struttura del vento verranno raccolte dalla serie di anemometri previsti per il controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte* e della *Risposta Dinamica dell'Impalcato* ivi compresa la serie supplementare di anemometri installati a metà campata per il controllo della correlazione del vento.

### **CONTROLLO DEL CARICO DI TRAFFICO ESTREMO (STRADALE E FERROVIARIO)**

Le condizioni di traffico possono nel tempo andare al di là delle ipotesi di progetto originarie. Non è inusuale per i ponti di grosse dimensioni osservare significativi aumenti del volume di traffico e del peso dei veicoli durante la vita utile della struttura. L'aumento progressivo del carico del traffico comporta l'emissione successiva di codici di procedura per la progettazione di ponti che tengano conto dell'aumento dei pesi dei veicoli consentiti. La maggior parte degli elementi del ponte può quindi essere considerata potenzialmente vulnerabile al sovraccarico derivante da un aumento del carico del traffico.

Il carico del traffico (stradale) verrà rilevato per mezzo di sistemi di pese dinamiche (WiM) ad alta velocità che fanno parte del componente Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) in SCADA. Il carico del traffico (ferroviario) verrà misurato per mezzo di sistemi di pese dinamiche ferroviarie (RWiM) ad alta velocità che fanno parte del componente Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) in SCADA. Wim e RWiM sono ulteriormente descritti alla Componente n.45.

### **CONTROLLO DEL CARICO DI TEMPERATURA ESTREMO**

I carichi termici (ad es. dilatazione del ponte dovuta a variazioni della temperatura) non sono particolarmente significativi per il controllo delle condizioni di carico critiche dei ponti con giunti di dilatazione, anche se contribuiscono alla creazione di tali condizioni di carico critiche. Scarso è il vantaggio che si ricava in genere dallo studio degli effetti del carico termico, a meno che non vi sia un elevato grado di vincolo nella struttura. Il progetto degli ammortizzatori tra l'impalcato e le torri tiene conto di un vincolo che resisterà ai carichi termici applicati all'impalcato. Questi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

ammortizzatori sono tuttavia progettati per limitare il carico a un limite superiore in modo da evitare di sovrasollecitare il ponte. Al ponte viene pure applicato un vincolo supplementare dipendente dalla prestazione degli ammortizzatori e dei giunti di dilatazione.

Nonostante gli studi di base sugli effetti della temperatura per la progettazione dei normali casi di carico presentati, poco si sa della correlazione esistente tra la temperatura ambiente, la radiazione solare e la temperatura media dei cavi nei ponti sospesi. Inoltre, in precedenza, l'indagine delle variazioni di temperatura dovute alla variazione dei microclimi lungo le significative distanze rappresentate dalla lunghezza e dall'altezza di questo ponte non è stata condotta in modo accurato. Il controllo dei dati della temperatura fornirà l'occasione di meglio comprendere le condizioni di temperatura cui sono soggetti i ponti a lunghissima campata.

Le informazioni sulla temperatura strutturale verranno fornite dalla serie di sensori della temperatura a contatto previsti per il controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte*. Le informazioni sulla radiazione solare e la temperatura dell'aria verranno raccolte in una serie di punti selezionati lungo l'impalcato del ponte e sulle torri.

### 3.6.13 Carico sismico e Risposta

Il ponte è situato in una zona a sismicità nota. Il ponte è l'unico collegamento fisso ad elevata capacità disponibile tra la Sicilia ed il continente. Quindi, la struttura può essere considerata come una struttura di comunicazione vitale in grado di garantire un livello più elevato di protezione sismica rispetto ad altre strutture locali e di facilitare le azioni di salvataggio in particolare dopo il verificarsi di un evento sismico importante. Nel caso di un evento sismico, sarà importante poter eseguire una valutazione rapida dell'effetto di tale evento sulla struttura e confermare che la struttura può continuare a funzionare in sicurezza.

E' stato sviluppato un mezzo rapido di misurazione della risposta della struttura al terremoto in grado di fornire una conferma iniziale dell'operatività del ponte nel giro di pochi minuti dal verificarsi dell'evento. Ciò sarà possibile dal confronto tra i dati registrati con l'ausilio di sensori specifici ed il comportamento previsto del ponte durante un terremoto valutato a livello progettuale ed i relativi limiti ammessi. I programmi verranno applicati agli accelerometri di terra registrati per confrontare lo spettro di risposta al terremoto con uno spettro di progetto equivalente. La prestazione del ponte può essere ritenuta accettabile, se ciascuno dei sensori specifici indica il non-superamento di un valore di progetto predeterminato (derivante dalle azioni sismiche). Il non-

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

superamento dello spettro di progetto fornirà un certo livello di confidenza iniziale circa il fatto che la struttura ha sperimentato un terremoto che era stato previsto nel progetto ed è quindi in grado di resistere. La valutazione iniziale ottenuta dal Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale può quindi essere usata a supporto dei controlli visivi del ponte previsti che permetteranno al gestore di stabilire la riapertura o meno del ponte senza un ulteriore riesame dell'ingegneria.

L'installazione degli accelerometri secondo un modello di disposizione a dispersione nella zona circostante il ponte consentirà il rilevamento di movimenti di traslatori liberi in un certo numero di punti, che, una volta analizzati, forniranno un'indicazione della variazione spaziale del movimento del terreno man mano che l'onda sismica si propaga dall'ipocentro alle varie fondazioni del ponte. Queste informazioni unitamente alla reazione strutturale possono essere usate per calibrare il modello di ponte.

#### **CONTROLLO DELLA FRECCIA**

La freccia della struttura verrà monitorata mediante dei ricevitori GPS previsti per il controllo della *Geometria del Ponte*. Una differenza di posizione prima e dopo un evento sismico sarà indicativa della condizione del ponte. Tuttavia, poiché le letture GPS dipendono dalla posizione della stazione GPS di riferimento, quest'ultima dovrà essere sorvegliata dopo importanti eventi sismici. Anche gli inclinometri installati sulle gambe delle torri forniranno indicazioni sulla mutata geometria conseguente ad un evento sismico. I movimenti massimi registrati in corrispondenza dei giunti di dilatazione per mezzo di sensori di spostamento lineare previsti per il controllo del *Comportamento dei Giunti di Dilatazione* forniranno un'indicazione delle prestazioni della struttura e dei giunti durante l'evento sismico ed una valutazione del danno qualora i movimenti registrati superino la corsa prevista.

#### **CONTROLLO DEGLI AMMORTIZZATORI**

Gli ammortizzatori sono dei dispositivi espressamente inclusi nel progetto per variare le caratteristiche del ponte riducendo il rischio di danno alla struttura durante un evento sismico. Il controllo mediante confronto con il comportamento previsto delle caratteristiche della forza rispetto allo spostamento, stabilite con il controllo della *Risposta degli Ammortizzatori*, indicherà se gli ammortizzatori hanno reagito come previsto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### CONTROLLO DELLA FORZA/TENSIONE

I sensori installati per il controllo della forza e della tensione facenti parte del controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte* indicheranno se i limiti siano stati superati o meno durante l'evento sismico.

### CONTROLLO DEL CARICO

Il *Carico Sismico* verrà controllato da una serie di accelerometri ad alta definizione sismicamente compatibili installati nel terreno circostante e sulle fondazioni del ponte (blocchi di ancoraggio, basi delle torri e pilastri di tie down). I dati saranno integrati da inclinometri dinamici installati sulle fondazioni del ponte e sulle scarpate sottomarine. Verrà attivato un processo automatico grazie al quale le accelerazioni del terreno registrate verranno elaborate usando un'integrale di Duhamel in grado di produrre uno spettro sismico da confrontare con uno spettro di progetto equivalente.

### CONTROLLO DEI MOVIMENTI DEL TERRENO

L'indagine dei movimenti del terreno conseguenti ai terremoti verrà facilitata dall'aggiunta di punti di riferimento per l'indagine solidi e robusti installati sulle scarpate sottomarine.

La variazione dell'inclinazione delle scarpate verrà controllata mediante degli inclinometri dinamici installati sulle strutture di riferimento. Il movimento di posizione delle fondazioni del ponte (e quindi indicativamente delle scarpate) verrà registrato dai ricevitori GPS previsti sulle fondazioni del ponte per il controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte*. Poiché però le letture GPS dipendono dalla posizione della stazione di riferimento GPS, quest'ultima dovrà essere sorvegliata dopo il verificarsi di eventi sismici.

#### 3.6.14 Ambiente Interno

Un sistema di deumidificazione a tecnologia avanzata verrà installato sul ponte con lo scopo di mantenere il livello di umidità relativa al di sotto di quello che provoca le corrosioni. La deumidificazione interesserà tutti gli spazi interni incluso l'interno del cavo principale. Il sistema di deumidificazione è una componente importante della strategia di manutenzione del ponte. Il controllo dell'*Ambiente Interno* è necessario per un controllo efficiente ed efficace del sistema di deumidificazione e per la verifica delle sue prestazioni.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

## CONTROLLO DELL'AMBIENTE INTERNO

L'umidità relativa e la temperatura dell'aria verranno misurate in punti rappresentativi dei cassoni dell'impalcato, delle traverse, delle gambe delle torri, dei portali e dei blocchi di ancoraggio. Tali misure verranno convertite in temperature di rugiada a fronte delle quali verranno confrontate le misure delle temperature minime dell'acciaio prese per il controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte*. All'interno dei cassoni dell'impalcato e delle traverse verranno rilevate pure le misure di umidità superficiale (condensa).

L'umidità relativa nei cavi principali verrà controllata utilizzando cavi a fibre ottiche, contenenti reticoli di Bragg in fibra, che corrono paralleli ai fili dei cavi principali in modo da ridurre il rischio di taglio del cavo durante la compattazione. I cavi a fibre ottiche saranno dotati di un rivestimento duraturo, come il kevlar, ed avranno la dimensione standard dei fili del cavo principale. Durante la fabbricazione dei trefoli essi verranno incorporati nel trefolo del cavo principale diventandone parte integrante e posizionati sullo strato esterno del trefolo sul lato che si trova in cima al trefolo stesso quando passa sulle selle in modo da ridurre le sollecitazioni radiali alle quali saranno soggetti. Essi usciranno dal cavo principale in corrispondenza dell'allargamento dei trefoli quando questi entrano nelle selle di ancoraggio. L'installazione di cavi a fibre ottiche all'interno dei cavi principali e del sensore stesso rappresenta un avanzamento dell'attuale tecnologia. Il sensore dovrà essere sviluppato e testato. Il cavo a fibre ottiche dovrà essere sviluppato in termini di durata ed essere testato a fronte del processo di compattazione. L'umidità relativa verrà misurata a basse velocità di campionamento. Una volta installati, i cavi non saranno più accessibili per la manutenzione. Il verificarsi di una rottura della fibra ottica può porre fine al funzionamento dell'intera lunghezza del cavo a fibre ottiche. La ridondanza è tuttavia assicurata dalla misurazione da parte del sistema di deumidificazione dell'umidità in corrispondenza delle uscite di sfiato. Il controllo dell'umidità relativa nei cavi principali e il piano di collaudo della fattibilità è trattato con maggior dettaglio nell'Appendice 2.

Le misurazioni dell'umidità relativa nei cavi principali, saranno integrate da misurazioni del tasso di corrosione, utilizzando Sensori a Resistenza di Polarizzazione Lineare, installati lungo la sezione di ciascun cavo principale nella parte superiore della torre, adiacente ai blocchi di ancoraggio e a metà campata. Nella parte superiore della torre e adiacente ai blocchi di ancoraggio, i sensori saranno posizionati oltre il primo morsetto. I cavi -dati saranno posizionati paralleli ai fili dei cavi principali ed usciranno dal cavo principale alla strombatura dei trefoli, nel punto in cui entrano nelle selle. A metà campata, i cavi-dati incroceranno i fili del cavo principale ed usciranno dai cavi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

principali alle porte di ingresso. Poiché i cavi principali sono compattati, i fili in acciaio scivoleranno uno sull'altro formando una matrice densa. I cavi-dati morbidi che incrociano il percorso dei fili paralleli possono essere danneggiati durante il processo di compattazione. L'esperienza in materia di installazione di nodi locali di sensori di temperatura interni con cavi-dati che escono attraverso la strombatura dei trefoli alle selle, ha mostrato che una parte dei sensori può essere danneggiata. La sopravvivenza dei sensori e dei cavi –dati al processo di compattazione del cavo, deve essere dimostrata per entrambe le soluzioni. I sensori e i cavi-dati saranno collaudati in tal senso. Se richiesto, i cavi-dati saranno sviluppati per essere durevoli e per resistere al processo di compattazione. Le porte di accesso mediante il filo di avvolgimento del cavo principale, saranno dettagliate dai progettisti strutturali del ponte.

### 3.6.15 Condizione della Strada

Le condizioni della strada ed ambientali del ponte possono variare da posizione a posizione a causa dei microclimi e possono variare considerevolmente anche le condizioni dell'edificio di controllo. Le condizioni determinano la sicurezza di utilizzo o meno della strada ed includono tra le altre

- La formazione di un velo d'acqua sulla superficie stradale con rischio di aqua-planning
- La formazione di ghiaccio nero sulla superficie stradale con rischio di slittamento
- Condizioni di vento troppo forte con rischio di ribaltamento dei veicoli o di minor controllo del veicolo da parte del conducente

Il controllo delle condizioni stradali ed ambientali consentirà al gestore del ponte di gestire la sicurezza dei veicoli che utilizzano il ponte modificando ad esempio i limiti di velocità del traffico o limitando l'accesso dei veicoli a rischio.

### CONTROLLO DELLE CONDIZIONI DI SERVIZIO DELLA STRADA

Le condizioni del vento verranno controllate usando degli anemometri previsti per il controllo della *Risposta Quasi-Statica del Ponte* al fine di integrare il controllo da parte del componente Sistema di Gestione del Traffico sul Ponte (Bridge TMS) in SCADA. Verranno presentate in particolare le velocità del vento a raffiche basate su una media di rotazione di 3 secondi in quanto si ritiene che la durata delle raffiche sia correlata ai dati noti sul ribaltamento dei veicoli.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

La condizione della strada sul ponte verrà controllata dal componente Sistema di Gestione del Traffico sul Ponte (Bridge TMS) in SCADA.

### 3.6.16 Condizione del Calcestruzzo

Le fondazioni in calcestruzzo non presentano spesso gravi preoccupazioni dal punto di vista della manutenzione. I problemi noti quali la reazione alla silice alcalina vengono trattati nel progetto. Il principale sintomo riscontrato nella moderna progettazione del calcestruzzo è quello della corrosione dell'armatura che, seppure progettata con adeguati livelli di copertura in calcestruzzo, si svilupperà durante la vita utile della struttura man mano che acqua e ossigeno migreranno attraverso il calcestruzzo. Questo fenomeno richiederà quindi il controllo della corrosione dell'armatura. Lo sfaldamento del calcestruzzo, un altro sintomo connesso con la corrosione dell'armatura, viene valutato in modo molto efficace attraverso le ispezioni visive.

#### CONTROLLO DELLA CORROSIONE DELL'ARMATURA

Due sono le tecniche che verranno adottate per il controllo della corrosione dell'armatura del calcestruzzo:

- Dei sensori di corrosione verranno aggiunti alla copertura in calcestruzzo degli strati esterni dell'armatura delle fondazioni per indicare lo sviluppo della corrosione
- Al calcestruzzo verranno aggiunti dei perni per permettere al team di ispezione e manutenzione di prendere in modo intermittente le letture dei potenziometri.

### 3.6.17 Condizioni del terreno

Le condizioni del terreno attorno alle fondazioni del ponte possono contribuire al comportamento delle fondazioni stesse. Il comportamento del terreno verrà esaminato ed applicato nel progetto. Le caratteristiche di base del terreno verranno controllate in corrispondenza delle fondazioni (blocchi di ancoraggio, basi delle torri e pilastri di tie-down) a sostegno delle ipotesi di progetto.

#### CONTROLLO DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO

La pressione del terreno e la pressione interstiziale terreno-acqua verranno controllate dai sensori situati nei fori adiacenti alle fondazioni.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

## 4 Disposizione del Sistema

### 4.1 Definizione

Tutta la strumentazione necessaria per il controllo strutturale da eseguirsi durante il funzionamento del ponte sarà raggruppata all'interno del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale. Usando la stessa strumentazione, il sistema consentirà di effettuare il controllo strutturale durante la fase della costruzione.

I sensori provvisori di controllo della costruzione, che non verranno usati dopo la costruzione, non saranno raggruppati sotto il termine di Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale, bensì sotto il termine di Sensori Provvisori di Controllo durante la Costruzione (TCMS) e saranno dettagliati durante il Progetto Esecutivo dopo la pianificazione finale della sequenza costruttiva. I capitoli che seguono si occupano solo del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

### 4.2 Panoramica Generale

La disposizione generale del sistema sarà quella illustrate nella Figura 4.1.

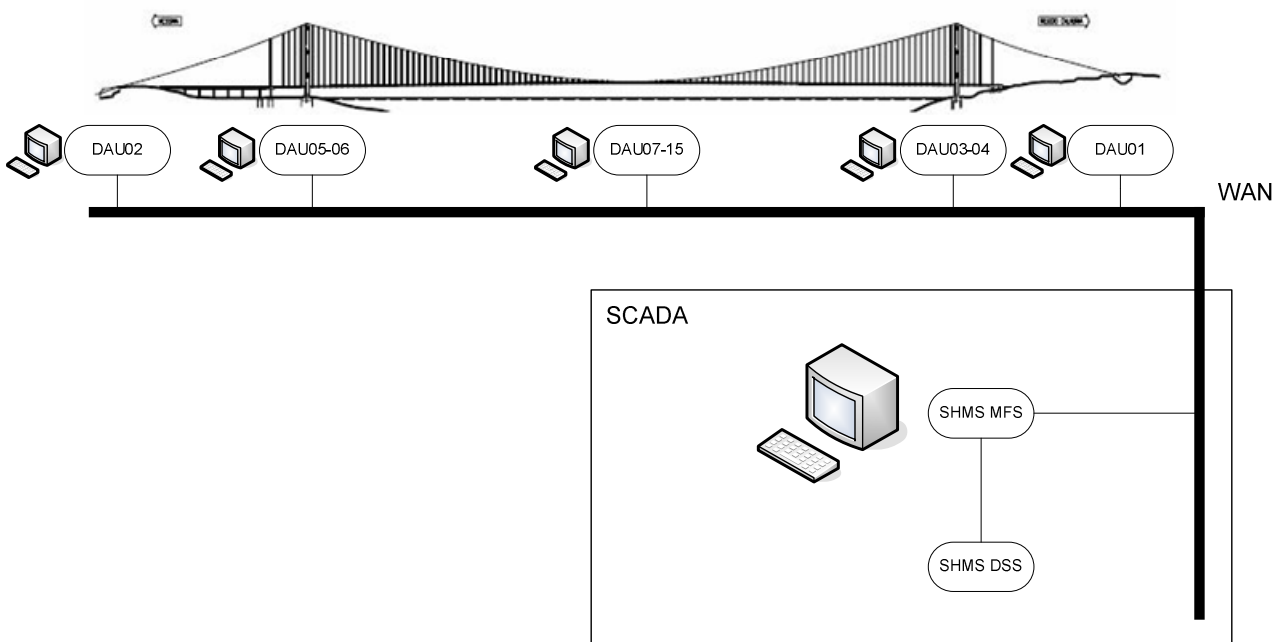


Figura 4.1 Architettura Generale del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Serie di sensori e di registratori saranno collegate alle Unità di acquisizione ed elaborazione dei dati (DAU).

I sensori posizionati nella zona circostante e sulle scarpate sottomarine trasferiranno i dati alle Unità di acquisizione ed elaborazione dati di ancoraggio tramite una rete WAN . I sensori posizionati nella zona circostante saranno pure forniti di sistemi di comunicazione senza fili (wireless). La connessione wireless è necessaria per la fase di costruzione e funzionerà come un collegamento di comunicazione di salvataggio in caso di disservizio della rete WAN.

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati (DAU) elaboreranno i dati partendo dalla serie locale di sensori e registratori e saranno dotate di terminali di accesso. I dati verranno trasmessi al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) all'interno del sistema SCADA tramite una rete WAN. Le Unità saranno pure fornite di sistemi di comunicazione wireless, le cui connessioni sono necessarie nella fase di costruzione e funzioneranno come connessioni di salvataggio in caso di disservizio della rete WAN.

I dati forniti da altri componenti del sistema SCADA e dal Sistema di gestione, manutenzione e simulazione (MMS) verranno inviati al Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale attraverso il database di SCADA o recuperati dal database di SCADA da parte del Server Sistemi Centrali SHMS.

Il Server Sistemi Centrali SHMS elaborerà i dati ricevuti da altri componenti del sistema SCADA e dal Sistema di gestione, manutenzione e simulazione. Nel Server Sistemi Centrali SHMS verranno eseguite altre funzioni di elaborazione, che saranno però limitate a quelle che non possono essere eseguite dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati.

Il principale terminale di interfaccia del gestore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale sarà collegato all'MFS di tale sistema.

I dati da memorizzare in modo permanente verranno trasmessi dal Server Sistemi Centrali SHMS al Server di Memorizzazione Dati SHMS (che sarà una parte assegnata del database di SCADA). I dati da memorizzare provvisoriamente saranno trattenuti in una memoria tampone sul Server Sistemi Centrali SHMS. Altri componenti di SCADA potranno accedere ai dati permanenti dal Server di Memorizzazione Dati SHMS ed ai dati provvisori dalla memoria tampone sul Server Sistemi Centrali SHMS.

### 4.3 Componenti del Sistema

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale sarà costituito da:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Sensori e dispositivi di misurazione installati in modo permanente
- Sensori di calibratura installati in modo permanente, non collegati al sistema di gestione dati SHMS
- Registratori di dati
- Cablaggio Dati sulla Struttura
- Cablaggio di Potenza sulla struttura
- Unità di ritrasmissione dei dati
- Unità di acquisizione ed elaborazione dei dati (server locali posizionati sulla struttura) inclusa la memorizzazione provvisoria dei dati
- Unità di Alimentazione della Potenza continue
- Staffe e strutture di supporti locali per tutte le apparecchiature sulla struttura ivi incluse la protezione contro gli agenti atmosferici, il raffreddamento, l'illuminazione di servizio ed altre apparecchiature correlate
- Protezione fisica di tutte le apparecchiature della struttura incluse le aste parafulmine
- Sistema di comunicazione dei dati: tutti i dati verranno trasferiti tramite la rete WAN. Anche i sensori installati nella zona circostante e sulle scarpate sottomarine saranno dotati di un sistema di comunicazione wireless, che funzionerà da sistema di comunicazione di salvataggio per la rete WAN. Durante la costruzione, i sistemi di comunicazione wireless saranno dotati ciascuno di una Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati, che funzionerà da sistema di comunicazione di salvataggio per la rete WAN durante il servizio.
- Server Sistemi Centrali in SCADA, inclusa la memoria tampone per la memorizzazione provvisoria dei dati e dei terminali e delle apparecchiature di accesso per l'operatore
- Memorizzazione dei dati in SCADA
- Apparecchi mobili del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale: sensori (accelerometri, sensori video di spostamento e radar interferometrico a micro-onde), data-logger, cablaggi dati, computer di controllo portatili, server di controllo portatili

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Apparecchiatura complementare del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale: potenziometri a semi-cella ad integrazione dei perni del potenziometro di controllo della corrosione
- Marker per l'indagine tettonica
- Parti di ricambio per la manutenzione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale
- Attrezzi per la manutenzione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale
- Apparecchiatura di prova della rete per le prove sulla Rete locale LAN del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale
- Documentazione: certificati, manuali, guide, ecc.

#### 4.4 Moduli di controllo

I sensori saranno raggruppati in moduli per funzione e scopo come indicato nella Tabella 4.1.

*Tabella 4.1 Moduli del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale*

IEM	Controllo dell'Ambiente Interno, incluso il controllo del cavo principale
EEM	Controllo dell'Ambiente Esterno
DWM	Controllo Dettagliato del Vento
RCM	Controllo della Condizione della Strada
PM	Controllo della Posizione
DM	Controllo della Dinamica incluso il controllo della sismicità e dell'inclinazione
TMDM	Controllo degli ammortizzatori di massa accordati
GSTM	Controllo Generale della Temperatura Strutturale
LSTM	Controllo Locale della Temperatura Strutturale
GSSM	Controllo Generale dello Stato di Tensione
FSSM	Controllo dello Stato di Tensione a Fatica
DRM	Controllo del Vincolo dell'Impalcato, incluso il controllo degli ammortizzatori

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

SRM	Controllo del Vincolo delle Selle
SCM	Controllo della Condizione del Terreno

## 4.5 Data Logger

I Data logger sono dei componenti che condizionano e convertono i segnali analogici in segnali digitali.. I Data logger possono essere dei componenti interni quali ad esempio le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) o le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU), oppure dei dispositivi esterni oppure degli interrogatori con cavi a fibre ottiche. I Data logger dovrebbero essere posizionati in modo tale da ottimizzare i requisiti di cablaggio, ad es. potrebbero essere posizionati nelle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) in vicinanza di gruppi di sensori per ridurre le quantità e le lunghezze di singoli cavi analogici.

La disposizione dettagliata dei data-logger dipenderà dalla decisione finale circa l'architettura del hardware, che dipenderà a sua volta dal sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale prescelto e dagli sviluppi tecnologici futuri. La disposizione dettagliata dei data logger sarà sviluppata durante il Progetto Esecutivo.

I dati provenienti dai logger verranno inviati via cavi dati alle vicine Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati per l'elaborazione sulla struttura. Le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) possono essere usate per economizzare sui cablaggi installati inviando i dati da numerosi sensori attraverso un cavo dati comune. Grazie alla diffusione fisica dei sensori, le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) verranno usate nelle torri. I dati provenienti dai sensori installati nella zona circostante e sulle scarpate sottomarine verranno inviati attraverso la rete WAN alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati negli ancoraggi.

## 4.6 Unità di Acquisizione dei dati

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati verranno posizionate ed etichettate come indicato nella Tabella 4.2.

*Tabella 4.2 Distribuzione delle Unità di acquisizione ed elaborazione dei Dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale*

DAU01	ancoraggio Sicilia
-------	--------------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

DAU02	ancoraggio Calabria
DAU03	Gamba torre Sicilia Est
DAU04	gamba torre Sicilia Ovest
DAU05	Gamba torre Calabria East
DAU06	Gamba torre Calabria Ovest
DAU07	Impalcato Sicilia fine
DAU08	Impalcato Sicilia torre
DAU09	Impalcato Sicilia 1/6
DAU10	Impalcato Sicilia 1/3
DAU11	Metà campata impalcato
DAU12	Impalcato Calabria 1/3
DAU13	Impalcato Calabria 1/6
DAU14	Impalcato Calabria torre
DAU15	Impalcato Calabria fine

2 DAU aggiuntivi devono essere previsti come parte del set di sensore aggiuntivo presentato alla Sezione 4.9. L'installazione del sensore aggiuntivo deve essere determinata dopo la costruzione e i primi studi di comportamento strutturale.

Le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) da installare nelle torri saranno posizionate ed etichettate come indicato nella Tabella 4.3, dove nn si riferisce al numero delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati. La posizione e l'etichettatura di altre Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) saranno soggette all'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

*Tabella 4.3 Distribuzione primaria delle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU)*

IDRUnn-TUP	Livello superiore delle traverse
IDRUnn-TMP	Livello mediano delle traverse
IDRUnn-TLP	Livello inferior delle traverse
IDRUnn-TD	Base della torre

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati elaboreranno i dati e li invieranno al Server Sistemi Centrali SHMS tramite la rete WAN che verrà installata come parte dei Sistemi di Comunicazione (CS).

#### 4.7 Nomenclatura per l'Etichettatura dei Sensori

Ai fini dell'etichettatura, l'asse longitudinale del ponte sarà allineata con l'asse Nord-Sud (Sicilia - Calabria).

I sensori verranno identificati dalla nomenclatura di etichettatura indicata nella Tabella 4.4. La nomenclatura per l'etichettatura sarà adottata attraverso il sistema e comprenderà la denominazione dei canali dati.

*Tabella 4.4 Nomenclatura per l'etichettatura del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale*

W	Ovest
C	Centro
E	Est
D	Impalcato
CG	Cassone trasversale
MC	Cavo Principale
TB	Gamba della torre in corrispondenza della Base della torre
TD	Gamba della torre a livello di Impalcato
TLP	Gamba della torre in corrispondenza del Portale Inferiore (traversa)
TMP	Gamba della torre in corrispondenza del Portale Centrale (traversa)
TUP	Gamba della torre in corrispondenza del Portale Superiore (traversa)
TT	Parte superior della torre
LP	Portale Inferiore (traversa)
MP	Portale Centrale (traversa)
UP	Portale Superiore (traversa)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

H	Pendino
PB	Base del Pilastro
AB	Blocco di ancoraggio
R	Remoto
UE	Scarpata sottomarina
(int)	Un sensore posizionato internamente
(ext)	Un sensore posizionato esternamente
AD	Anemometro
WS(3)	Velocità del Vento misurato su 3 assi usando l'AD
WS(2), WD	Velocità del Vento Orizzontale, Velocità del Vento Verticale e Direzione del Vento Orizzontale misurate usando l'AD
GPS	Sensore GPS
CT	Sensore della Temperatura dell'Aria
SR	Sensore della Radiazione Solare
RH	Sensore dell'Umidità Relativa
CR	Sensore del Tasso di Corrosione
B	Sensore della Pressione dell'Aria
RG	Indicatore della Pioggia
SH	Sensore dell'Umidità Superficiale (Formazione di Condensa)
RT	Sensore della Temperatura della Strada
A(1)	Accelerometro a 1 asse
A(2)	Accelerometro a 2 assi
A(3)	Accelerometro a 3 assi
SA(3)	Accelerometro a 3 assi per la capacità di reazione sismica
SIN(2)	Inclinometro statico a 2 assi
DIN(2)	Inclinometro dinamico a 2 assi
ST	Sensore della Temperatura dell'Acciaio
SG	Indicatore di Deformazione



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

SG(3)	3 misuratori di deformazione a forma di una Rosetta
CSG	Sensore di calibratura deformazione
LD	Sensore di Spostamento Lineare
HP	Sensore della Pressione Idraulica
OT	Sensore della Temperatura dell'Olio
CC(4)	Cellula di corrosione dell'armatura con 4 canali dati
P	Sensore della Pressione di Terra
IP	Sensore della Pressione Interstiziale del Terreno
(upper MP) or (lower MP)	Misurazioni rispettivamente al di sopra della MP (pressione media) o al di sotto della MP (pressione media)
(near CG) or (away from CG)	Misurazioni rispettivamente vicino a CG o lontano da CG,
(long)	Misurazioni longitudinalmente al cassone
(tr)	Misurazioni trasversalmente al cassone
(diap)	Misurazioni in corrispondenza dei fori frontali dei diaframmi
(add)	Misurazioni supplementari in altre posizioni prescelte
(rt)	Misurazioni del binario ferroviario
(bu)	Misurazioni dell'ammortizzatore
(bt)	Misurazioni dal serbatoio di accumulo tampone
(bp)	Misurazioni del movimento relativo del perno dell'ammortizzatore rispetto alle piastre porta perni
(exp jt)	Misurazioni dal giunto di dilatazione
(be)	Misurazioni del giunto di dilatazione in corrispondenza dell'appoggio
(clamp)	Misurazioni dai morsetti del cavo principale
(add strands)	Misurazioni dai trefoli supplementari del cavo principale della campata laterale
(anchor bolts)	Misurazioni dai tiranti della base della torre

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

## 4.8 Architettura del Hardware

*I moduli verranno designati e comprenderanno i sensori indicati nella Tabella 4.5 fino alla*

Tabella 4.19. I sensori installati del set di sensori aggiuntivo, presentato alla Sezione 4.9, potrebbero essere aggiunti a ciascuna DAU presentata nelle tabelle da Tabella 4.5 a Tabella 4.19, oppure 2 DAU aggiuntive, purché ciò sia parte del set di sensore aggiuntivo. L'installazione del set sensore aggiuntivo deve essere determinata dopo costruzione ed effettuazione degli studi di comportamento strutturale iniziali.

*Tabella 4.5 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 01 (ancoraggio Sicilia)*

DAU 01 (ancoraggio Sicilia)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM01-AB-E	RH(int), CT(int)	2
IEM01-AB-W	RH(int), CT(int)	2
IEM01-MC-E	9 CR (int), 9 CR (int)	18
IEM01-MC-W	9 CR (int), 9 CR (int)	18
IEM01-MC-01-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-02-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-03-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-04-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-05-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-06-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-07-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-08-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-09-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-10-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM01-MC-11-E	5 RH(int), 5 RH(int)	10
PM01-AB-E	GPS(3)(ext)	3

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento PI0038_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

PM01-AB-W	GPS(3)(ext)	3
PM01-R	4 GPS(3)(ext)	12
DM01-AB-E	4 SIN(2)(int)	8
DM01-AB-C	2 SA(3)(int), 2 DIN(2)(int)	10
DM01-AB-W	4 SIN(2)(int)	8
DM01-R	4 SA(3)(ext)	12
DM01-UE	5 DIN(2)(ext)	15
GSTM01-AB-E	ST(int)	1
GSTM01-AB-W	ST(int)	1
GSTM01-MC-02-E	9 ST(int), 9 ST(int)	18
GSTM01-MC-05-E	9 ST(int), 9 ST(int)	18
GSTM01-MC-07-E	9 ST(int), 9 ST(int)	18
GSTM01-MC-10-E	9 ST(int), 9 ST(int)	18
GSSM01-MC-AB-E	14 SG(int), 14 SG(int)	28
GSSM01-MC-AB-W	14 SG(int), 14 SG(int)	28
GSSM01-MC-E	3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int)	14
GSSM01-MC-W	3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int)	14
SRM01-AB-W	LD(int)	1
SRM01-AB-E	LD(int)	1
SCM01-AB-E	3 CC(4)(ext), P(ext), 2 IP(ext)	15
	Totale del numero dei canali:	396

*Tabella 4.6 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 02 (ancoraggio Calabria)*

DAU 02 (ancoraggio Calabria)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM02-AB-E	RH(int), CT(int)	2

IEM02-AB-W	RH(int), CT(int)	2
IEM02-MC-E	9 CR (int), 9 CR (int)	18
IEM02-MC-W	9 CR (int), 9 CR (int)	18
IEM02-MC-01-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-02-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-03-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-04-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-05-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-06-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-07-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-08-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-09-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-10-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
IEM02-MC-11-W	5 RH(int), 5 RH(int)	10
PM02-AB-E	GPS(3)(ext)	3
PM02-AB-W	GPS(3)(ext)	3
PM02-R	4 GPS(3)(ext)	12
DM02-AB-E	4 SIN(2)(int)	8
DM02-AB-C	2 SA(3)(int), 2 DIN(2)(int)	10
DM02-AB-W	4 SIN(2)(int)	8
DM02-R	4 SA(3)(ext)	12
DM02-UE	5 DIN(2)(ext)	15
GSTM02-AB-E	ST(int)	1
GSTM02-AB-W	ST(int)	1
GSTM02-MC-02-W	9 ST(int), 9 ST(int)	18
GSTM02-MC-05-W	9 ST(int), 9 ST(int)	18
GSTM02-MC-07-W	9 ST(int), 9 ST(int)	18
GSTM02-MC-10-W	9 ST(int), 9 ST(int)	18

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

GSSM02-MC-AB-E	14 SG(int), 14 SG(int)	28
GSSM02-MC-AB-W	14 SG(int), 14 SG(int)	28
GSSM02-MC-E	3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int)	14
GSSM02-MC-W	3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int)	14
SRM02-AB-W	LD(int)	1
SRM02-AB-E	LD(int)	1
SCM02-AB-E	3 CC(4)(ext), P(ext), 2 IP(ext)	15
	Totale dei Canali:	396

*Tabella 4.7 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 03 (gamba torre Sicilia Est)*

DAU 03 (gamba inferiore Sicilia Est)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM033-MC-E	9 CR (int), 9 CR (int), 9 CR (int), 9 CR (int)	36
IEM03-TT-E	RH(int), CT(int)	2
IEM03-TUP-E	RH(int), CT(int)	2
IEM03-TMP-E	RH(int), CT(int)	2
IEM03-TLP-E	RH(int), CT(int)	2
IEM03-TB-E	RH(int), CT(int)	2
PM03-TT-E	GPS(3)(ext)	3
PM03-TB-E	GPS(3)(ext)	3
EEM03-TUP-E	WS(3)(ext)	3
EEM03-TMP-E	WS(3)(ext)	3
EEM03-TLP-E	WS(3)(ext)	3
EEM03-TD-E	WS(3)(ext)	3

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

DM03-TUP-E	A(3)(int), SIN(2)(int)	5
DM03-TMP-E	A(3)(int)	3
DM03-TLP-E	A(3)(int)	3
DM03-TB-E	A(3)(int), 2 DIN(2)(int)	7
TMDM03-TMP-E	8 LD(int)	8
GSTM03-MC-E	3 ST(ext), 4 ST(int), 3 ST(ext), 4 ST(int)	14
GSTM03-TUP-E	10 ST(int)	10
GSTM03-TMP-E	10 ST(int)	10
GSTM03-TLP-E	10 ST(int)	10
GSTM03-TB-E	10 ST(int)	10
LSTM03-TLP-E	8 ST(int)	8
GSSM03-MC-E	3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 2 SG(ext)(add strands), 2 SG(3)(ext)(clamp), 2 SG(3)(ext)(clamp)	42
GSSM03-TUP-E	4 SG(int)(below UP)	4
GSSM03-UP-E	4 SG(int)	4
GSSM03-TMP-E	4 SG(int)(above MP), 4 SG(int)(below MP)	8
GSSM03-MP-E	4 SG(int)	4
GSSM03-TLP-E	4 SG(int)(above MP), 4 SG(int)(below MP)	8
GSSM03-LP-E	4 SG(int)	4
GSSM03-TD-E	4 SG(int)	4
GSSM03-TB-E	4 SG(int), 4 SG(int)(anchor bolts)	8
SRM03-TT-E	LD(ext)	1
SCM03-TB-E	2 CC(4)(ext), P(ext), 2 IP(ext)	11
	<b>Totale dei Canali:</b>	<b>250</b>

*Tabella 4.8 Moduli e Sensori : Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati DAU 04 (gamba della torre Sicilia Ovest)*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

DAU 04 (gamba della torre Sicilia Ovest )		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM04-MC-W	9 CR (int), 9 CR (int), 9 CR (int), 9 CR (int)	36
IEM04-TT-W	RH(int), CT(int)	2
IEM04-TUP-W	RH(int), CT(int)	2
IEM04-UP-C	RH(int), CT(int)	2
IEM04-TMP-W	RH(int), CT(int)	2
IEM04-MP-C	RH(int), CT(int)	2
IEM04-TLP-W	RH(int), CT(int)	2
IEM04-LP-C	RH(int), CT(int)	2
IEM04-TB-W	RH(int), CT(int)	2
PM04-TT-W	GPS(3)(ext)	3
PM04-TLP-W	GPS(3)(ext)	3
PM04-TB-W	GPS(3)(ext)	3
EEM04-TT-W	WS(2)(ext), WD(ext), RH(ext), CT(ext), SR(ext), B(ext)	7
EEM04-TUP-W	WS(3)(ext)	3
EEM04-TMP-W	WS(3)(ext)	3
EEM04-TLP-W	WS(3)(ext)	3
EEM04-TD-W	WS(3)(ext), RH(ext), CT(ext), B(ext)	6
DM04-TUP-W	A(3)(int), SIN(2)(int)	5
DM04-TMP-W	A(3)(int)	3
DM04-TLP-W	A(3)(int)	3
DM04-TB-W	2 SA(3)(int), 2 DIN(2)(int)	10
TMDM04-TMP-W	8 LD(int)	8
GSTM04-MC-W	3 ST(ext), 4 ST(int), 3 ST(ext), 4 ST(int)	14
GSTM04-TUP-W	10 ST(int)	10
GSTM04-UP-C	4 ST(int)	4

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento PI0038_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

GSTM04-TMP-W	10 ST(int)	10
GSTM04-MP-C	4 ST(int)	4
GSTM04-TLP-W	10 ST(int)	10
GSTM04-LP-C	4 ST(int)	4
GSTM04-TB-W	10 ST(int)	10
LSTM04-TLP-W	8 ST(int)	8
GSSM04-MC-W	3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 2 SG(ext)(add strands), 2 SG(3)(ext)(clamp), 2 SG(3)(ext)(clamp)	42
GSSM04-TUP-W	4 SG(int)(below UP)	4
GSSM04-UP-W	4 SG(int)	4
GSSM04-TMP-W	4 SG(int)(above MP), 4 SG(int)(below MP)	8
GSSM04-MP-W	4 SG(int)	4
GSSM04-TLP-W	4 SG(int)(above MP), 4 SG(int)(below MP)	8
GSSM04-LP-W	4 SG(int)	4
GSSM04-TD-W	4 SG(int)	4
GSSM04-TB-W	4 SG(int), 4 SG(int)(anchor bolts)	8
SRM04-TT-W	LD(ext)	1
SCM04-TB-W	2 CC(4)(ext)	8
	Totale dei Canali :	281

*Tabella 4.9 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati DAU 05 (gamba della torre Calabria Est)*

DAU 05 (gamba della torre Calabria Est)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM05-MC-E	9 CR (int), 9 CR (int), 9 CR (int), 9 CR (int)	36



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

IEM05-TT-E	RH(int), CT(int)	2
IEM05-TUP-E	RH(int), CT(int)	2
IEM05-TMP-E	RH(int), CT(int)	2
IEM05-TLP-E	RH(int), CT(int)	2
IEM05-TB-E	RH(int), CT(int)	2
PM05-TT-E	GPS(3)(ext)	3
PM05-TB-E	GPS(3)(ext)	3
EEM05-TUP-E	WS(3)(ext)	3
EEM05-TMP-E	WS(3)(ext)	3
EEM05-TLP-E	WS(3)(ext)	3
EEM05-TD-E	WS(3)(ext)	3
DM05-TUP-E	A(3)(int), SIN(2)(int)	5
DM05-TMP-E	A(3)(int)	3
DM05-TLP-E	A(3)(int)	3
DM05-TB-E	A(3)(int), 2 DIN(2)(int)	7
TMDM05-TMP-E	8 LD(int)	8
GSTM05-TUP-E	10 ST(int)	10
GSTM05-TMP-E	10 ST(int)	10
GSTM05-TLP-E	10 ST(int)	10
GSTM05-TB-E	10 ST(int)	10
LSTM05-TLP-E	8 ST(int)	8
GSSM05-MC-E	3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 2 SG(ext)(add strands), 2 SG(3)(ext)(clamp), 2 SG(3)(ext)(clamp)	42
GSSM05-TUP-E	4 SG(int)(below UP)	4
GSSM05-UP-E	4 SG(int)	4
GSSM05-TMP-E	4 SG(int)(above MP), 4 SG(int)(below MP)	8
GSSM05-MP-E	4 SG(int)	4

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

GSSM05-TLP-E	4 SG(int)(above MP), 4 SG(int)(below MP)	8
GSSM05-LP-E	4 SG(int)	4
GSSM05-TD-E	4 SG(int)	4
GSSM05-TB-E	4 SG(int), 4 SG(int)(anchor bolts)	8
SRM05-TT-E	LD(ext)	1
SCM05-TB-E	2 CC(4)(ext)	8
	Totale dei Canali:	233

*Tabella 4.10 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 06 (gamba della torre Calabria Ovest)*

DAU 06 (gamba della torre Calabria Ovest)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM06-MC-W	9 CR (int), 9 CR (int), 9 CR (int), 9 CR (int)	36
IEM06-TT-W	RH(int), CT(int)	2
IEM06-TUP-W	RH(int), CT(int)	2
IEM06-UP-C	RH(int), CT(int)	2
IEM06-TMP-W	RH(int), CT(int)	2
IEM06-MP-C	RH(int), CT(int)	2
IEM06-TLP-W	RH(int), CT(int)	2
IEM06-LP-C	RH(int), CT(int)	2
IEM06-TB-W	RH(int), CT(int)	2
PM06-TT-W	GPS(3)(ext)	3
PM06-TLP-W	GPS(3)(ext)	3
PM06-TB-W	GPS(3)(ext)	3

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

EEM06-TT-W	WS(2)(ext), WD(ext), RH(ext), CT(ext), SR(ext), B(ext)	7
EEM06-TUP-W	WS(3)(ext)	3
EEM06-TMP-W	WS(3)(ext)	3
EEM06-TLP-W	WS(3)(ext)	3
EEM06-TD-W	WS(3)(ext), RH(ext), CT(ext), B(ext)	6
DM06-TUP-W	A(3)(int), SIN(2)(int)	5
DM06-TMP-W	A(3)(int)	3
DM06-TLP-W	A(3)(int)	3
DM06-TB-W	2 SA(3)(int), 2 DIN(2)(int)	10
TMDM06-TMP-W	8 LD(int)	8
GSTM06-TUP-W	10 ST(int)	10
GSTM06-UP-C	4 ST(int)	4
GSTM06-TMP-W	10 ST(int)	10
GSTM06-MP-C	4 ST(int)	4
GSTM06-TLP-W	10 ST(int)	10
GSTM06-LP-C	4 ST(int)	4
GSTM06-TB-W	10 ST(int)	10
LSTM06-TLP-W	8 ST(int)	8
GSSM06-MC-W	3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 3 SG(ext), 4 SG(int), 2 SG(ext)(add strands), 2 SG(3)(ext)(clamp), 2 SG(3)(ext)(clamp)	42
GSSM06-TUP-W	4 SG(int)(below UP)	4
GSSM06-UP-W	4 SG(int)	4
GSSM06-TMP-W	4 SG(int)(above MP), 4 SG(int)(below MP)	8
GSSM06-MP-W	4 SG(int)	4
GSSM06-TLP-W	4 SG(int)(above MP), 4 SG(int)(below MP)	8
GSSM06-LP-W	4 SG(int)	4
GSSM06-TD-W	4 SG(int)	4

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

GSSM06-TB-W	4 SG(int), 4 SG(int)(anchor bolts)	8
SRM06-TT-W	LD(ext)	1
SCM06-TB-W	2 CC(4)(ext), P(ext), 2 IP(ext)	11
	Totale dei Canali:	270

*Tabella 4.11 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 07 (impalcato Sicilia estremità)*

DAU 07 (impalcato Sicilia estremità)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM07-D-E	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM07-D-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM07-CG-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM07-D-W	RH(int), CT(int), SH(int)	3
RCM07-D-E	RT(ext)	1
RCM07-D-W	RT(ext)	1
PM07-D-E	GPS(3)(ext)	3
PM07-D-W	GPS(3)(ext)	3
PM07-MC-E	GPS(3)(ext)	3
PM07-MC-W	GPS(3)(ext)	3
PM07-PB-E	GPS(3)(ext)	3
PM07-PB-W	GPS(3)(ext)	3
DM07-MC-E	2 A(3)(ext)	6
DM07-MC-W	2 A(3)(ext)	6
DM07-H-E	A(2)(ext), A(2)(ext)	4
DM07-H-W	A(2)(ext), A(2)(ext)	4
DM07-PB-C	2 DIN(2)(ext)	4
GSTM07-D-E	4 ST(int)	4
GSTM07-D-C	4 ST(int), 1 ST (ext) (rt)	5

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

GSTM07-D-W	4 ST(int)	4
GSTM07-CG-E	4 ST(int)	4
GSTM07-CG-W	4 ST(int)	4
GSSM07-D-E	4 SG(int)( near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM07-D-C	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)( away from CG), 6 SG(int)(add)	14
GSSM07-D-W	4 SG(int)( near CG), 4 SG(int)( away from CG)	8
GSSM07-CG-E	4 SG(int)	4
GSSM07-CG-C	4 SG(int)	4
GSSM07-CG-W	4 SG(int)	4
GSSM07-MC-E	3 SG(ext), 3 SG(ext)	6
GSSM07-MC-W	3 SG(ext), 3 SG(ext)	6
FSSM07-D-E	8x2 SG(int)(long), 8x1 SG(int)(tr), 8x1 SG(int)(diap), SG(int)(deck pl)	33
FSSM07-D-C	4x3 SG(int)(long), 4x3 SG(int)(tr), 4x1 SG(int)(diap), 2 SG(int)(deck pl)	30
FSSM07-D-W	8x2 SG(int)(long), 8x1 SG(int)(tr), 8x1 SG(int)(diap), SG(int)(deck pl)	33
FSSM07-H-E	4 SG(ext), 4 SG(ext)	8
FSSM07-H-W	4 SG(ext), 4 SG(ext)	8
DRM07-D-E	LD(ext)(exp jt), A(1)(ext)(exp jt), 2x2 HP(ext)(bu), 2 LD(ext)(bu), 2 OT(ext)(bu), 1 A(1)(ext)(be)	11
DRM07-D-C	LD(ext)(exp jt), 4x2 HP(ext)(bu), 4 LD(ext)(bu), 4 OT(ext)(bu), 1 HP(ext)(bt), 1 A(1)(ext)(be)	19
DRM07-D-W	LD(ext)(exp jt), A(1)(ext)(exp jt), 2x2 HP(ext)(bu), 2 LD(ext)(bu), 2 OT(ext)(bu), 1 A(1)(ext)(be)	11
SCM07-PB-E	2 CC(4)(ext), P(ext), IP(ext)	10
SCM07-PB-W	CC(4)(ext)	4
	<b>Totale dei Canali:</b>	<b>298</b>

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

*Tabella 4.12 Moduli e Sensori : Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 08 (impalcato Sicilia torre)*

DAU 08 (impalcato Sicilia torre)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM08-D-E	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM08-D-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM08-CG-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM08-D-W	RH(int), CT(int), SH(int)	3
PM08-D-E	GPS(3)(ext)	3
PM08-D-W	GPS(3)(ext)	3
EEM08-D-E	WS(3)(ext)	3
EEM08-D-W	WS(3)(ext)	3
DM08-H-E	A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext)	8
DM08-H-W	A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext)	8
GSSM08-D-E	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM08-D-C	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG), 12 SG(int)(add)	20
GSSM08-D-W	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM08-CG-E	4 SG(int)	4
GSSM08-CG-C	4 SG(int)	4
GSSM08-CG-W	4 SG(int)	4
FSSM08-H-E	4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext)	16
FSSM08-H-W	4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext)	16
DRM08-D-E	2 LD(ext)(exp jt), A(1)(ext)(exp jt), 4x2 HP(ext)(bu), 4 LD(ext)(bu), 4 OT(ext)(bu), 1 LD(ext)(bp), 2 HP(ext)(bt)	22
DRM08-D-W	2 LD(ext)(exp jt), A(1)(ext)(exp jt), 4x2 HP(ext)(bu), 4 LD(ext)(bu), 4 OT(ext)(bu), 1 LD(ext)(bp), 2x2 HP(ext)(bu),	31

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev <i>F0</i>	Data <i>20/06/2011</i>

	2 LD(ext)(bu), 2 OT(ext)(bu), 1 LD(ext)(bp), 2 HP(ext)(bt)	
	Totale dei Canali:	173

*Tabella 4.13 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 09 (impalcato Sicilia 1/6)*

DAU 09 (impalcato Sicilia 1/6)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM09-D-E	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM09-D-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM09-CG-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM09-D-W	RH(int), CT(int), SH(int)	3
EEM09-D-E	WS(3)(ext)	3
EEM09-D-W	WS(3)(ext), CT(ext), SH(ext)	5
RCM09-D-E	RT(ext), RG(ext)	2
RCM09-D-W	RT(ext), RG(ext)	2
PM09-D-E	GPS(3)(ext)	3
PM09-D-W	GPS(3)(ext)	3
PM09-MC-E	GPS(3)(ext)	3
PM09-MC-W	GPS(3)(ext)	3
DM09-CG-E	A(3)(int)	3
DM09-CG-W	A(3)(int)	3
DM09-MC-E	2 A(3)(ext)	6
DM09-MC-W	2 A(3)(ext)	6
DM09-H-E	A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext)	8
DM09-H-W	A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext)	8
GSTM09-D-E	4 ST(int)	4
GSTM09-D-C	4 ST(int)	4

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

GSTM09-D-W	4 ST(int)	4
GSTM09-CG-E	4 ST(int)	4
GSTM09-CG-W	4 ST(int)	4
LSTM09-D-C	6 ST(int)	6
GSSM09-D-E	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM09-D-C	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM09-D-W	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM09-CG-E	4 SG(int)	4
GSSM09-CG-C	4 SG(int)	4
GSSM09-CG-W	4 SG(int)	4
GSSM09-H-E	2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext)	8
GSSM09-H-W	2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext)	8
FSSM09-D-E	8x2 SG(int)(long), 8x1 SG(int)(tr), 8x1 SG(int)(diap), SG(int)(deck pl)	33
FSSM09-D-C	4x3 SG(int)(long), 4x3 SG(int)(tr), 4x1 SG(int)(diap), 2 SG(int)(deck pl)	30
FSSM09-D-W	8x2 SG(int)(long), 8x1 SG(int)(tr), 8x1 SG(int)(diap), SG(int)(deck pl)	33
	Totale dei Canali:	244

Tabella 4.14 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 10 (impalcato Sicilia 1/3)

Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
DAU 10 (impalcato Sicilia 1/3)		
IEM10-D-E	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM10-D-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM10-CG-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

IEM10-D-W	RH(int), CT(int), SH(int)	3
EEM10-D-E	WS(2)(ext), WD(ext)	3
EEM10-D-W	WS(2)(ext), WD(ext)	3
PM10-D-E	GPS(3)(ext)	3
PM10-D-W	GPS(3)(ext)	3
PM10-MC-E	GPS(3)(ext)	3
PM10-MC-W	GPS(3)(ext)	3
DM10-CG-E	A(3)(int)	3
DM10-CG-W	A(3)(int)	3
DM10-MC-E	2 A(3)(ext)	6
DM10-MC-W	2 A(3)(ext)	6
GSTM10-D-C	1 ST (ext) (rt)	1
GSSM10-D-E	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM10-D-C	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM10-D-W	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM10-CG-E	4 SG(int)	4
GSSM10-CG-C	4 SG(int)	4
GSSM10-CG-W	4 SG(int)	4
GSSM10-H-E	2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext)	12
GSSM10-H-W	2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext)	12
	Totale dei Canali:	109

*Tabella 4.15 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 11 (campata centrale impalcato)*

DAU 11 (campata centrale dell'impalcato)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

IEM11-MC-E	9 CR (int), 9 CR (int)	18
IEM11-MC-W	9 CR (int), 9 CR (int)	18
IEM11-D-E	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM11-D-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM11-CG-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM11-D-W	RH(int), CT(int), SH(int)	3
EEM11-D-E	WS(3)(ext)	3
EEM11-D-W	WS(3)(ext), RH(ext), CT(ext), SR(ext)	6
DWM11-D-E	4 WS(3)(ext)	12
DWM11-D-W	4 WS(3)(ext)	12
RCM11-D-E	RT(ext)	1
RCM11-D-W	RT(ext)	1
PM11-D-E	GPS(3)(ext)	3
PM11-D-W	GPS(3)(ext)	3
PM11-MC-E	GPS(3)(ext)	3
PM11-MC-W	GPS(3)(ext)	3
DM11-CG-E	A(3)(int)	3
DM11-CG-W	A(3)(int)	3
DM11-MC-E	2 A(3)(ext)	6
DM11-MC-W	2 A(3)(ext)	6
GSTM11-D-E	4 ST(int)	4
GSTM11-D-C	4 ST(int)	4
GSTM11-D-W	4 ST(int)	4
GSTM11-CG-E	4 ST(int)	4
GSTM11-CG-W	4 ST(int)	4
GSTM11-MC-E	3 ST(ext), 3 ST(ext)	6
GSTM11-MC-W	3 ST(ext), 3 ST(ext)	6
GSSM11-D-E	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

GSSM11-D-C	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM11-D-W	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM11-CG-E	4 SG(int)	4
GSSM11-CG-C	4 SG(int)	4
GSSM11-CG-W	4 SG(int)	4
GSSM11-MC-E	2 SG(3)(ext)(clamp), 2 SG(3)(ext)(clamp)	12
GSSM11-MC-W	2 SG(3)(ext)(clamp), 2 SG(3)(ext)(clamp)	12
FSSM11-H-E	4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext)	24
FSSM11-H-W	4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext)	24
	Totale dei Canali:	253

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

*Tabella 4.16 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 12 (impalcato Calabria 1/3)*

DAU 12 (impalcato Calabria 1/3)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM12-D-E	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM12-D-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM12-CG-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM12-D-W	RH(int), CT(int), SH(int)	3
EEM12-D-E	WS(2)(ext), WD(ext)	3
EEM12-D-W	WS(2)(ext), WD(ext)	3
PM12-D-E	GPS(3)(ext)	3
PM12-D-W	GPS(3)(ext)	3
PM12-MC-E	GPS(3)(ext)	3
PM12-MC-W	GPS(3)(ext)	3
DM12-CG-E	A(3)(int)	3
DM12-CG-W	A(3)(int)	3
DM12-MC-E	2 A(3)(ext)	6
DM12-MC-W	2 A(3)(ext)	6
GSTM 12-D-C	1 ST (ext) (rt)	1
GSSM12-D-E	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM12-D-C	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM12-D-W	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM12-CG-E	4 SG(int)	4
GSSM12-CG-C	4 SG(int)	4
GSSM12-CG-W	4 SG(int)	4
GSSM12-H-E	2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext)	12
GSSM12-H-W	2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext)	12

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento PI0038_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20/06/2011

	Totale dei Canali:	109
--	--------------------	-----

*Tabella 4.17 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 13 (impalcato Calabria 1/6)*

DAU 13 (impalcato Calabria 1/6)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM13-D-E	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM13-D-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM13-CG-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM13-D-W	RH(int), CT(int), SH(int)	3
EEM13-D-E	WS(3)(ext)	3
EEM13-D-W	WS(3)(ext), CT(ext), SH(ext)	5
RCM13-D-E	RT(ext), RG(ext)	2
RCM13-D-W	RT(ext), RG(ext)	2
PM13-D-E	GPS(3)(ext)	3
PM13-D-W	GPS(3)(ext)	3
PM13-MC-E	GPS(3)(ext)	3
PM13-MC-W	GPS(3)(ext)	3
DM13-CG-E	A(3)(int)	3
DM13-CG-W	A(3)(int)	3
DM13-MC-E	2 A(3)(ext)	6
DM13-MC-W	2 A(3)(ext)	6
DM13-H-E	A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext)	8
DM13-H-W	A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext)	8
GSTM13-D-E	4 ST(int)	4
GSTM13-D-C	4 ST(int)	4
GSTM13-D-W	4 ST(int)	4

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

GSTM13-CG-E	4 ST(int)	4
GSTM13-CG-W	4 ST(int)	4
LSTM13-D-C	6 ST(int)	6
GSSM13-D-E	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM13-D-C	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM13-D-W	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM13-CG-E	4 SG(int)	4
GSSM13-CG-C	4 SG(int)	4
GSSM13-CG-W	4 SG(int)	4
GSSM13-H-E	2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext)	8
GSSM13-H-W	2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext), 2 SG(ext)	8
	Totale dei Canali:	148

*Tabella 4.18 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 14 (impalcato Calabria torre)*

DAU 14 (impalcato Calabria torre)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM14-D-E	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM14-D-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM14-CG-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM14-D-W	RH(int), CT(int), SH(int)	3
PM14-D-E	GPS(3)(ext)	3
PM14-D-W	GPS(3)(ext)	3
EEM14-D-E	WS(3)(ext)	3
EEM14-D-W	WS(3)(ext)	3
DM14-H-E	A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext)	8
DM14-H-W	A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext), A(2)(ext)	8

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev <i>F0</i>	Data <i>20/06/2011</i>

GSSM14-D-E	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM14-D-C	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG), 12 SG(int)(add)	20
GSSM14-D-W	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM14-CG-E	4 SG(int)	4
GSSM14-CG-C	4 SG(int)	4
GSSM14-CG-W	4 SG(int)	4
FSSM14-H-E	4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext)	16
FSSM14-H-W	4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext), 4 SG(ext)	16
DRM14-D-E	2 LD(ext)(exp jt), A(1)(ext)(exp jt), 4x2 HP(ext)(bu), 4 LD(ext)(bu), 4 OT(ext)(bu), 1 LD(ext)(bp), 2 HP(ext)(bt)	22
DRM14-D-W	2 LD(ext)(exp jt), A(1)(ext)(exp jt), 4x2 HP(ext)(bu), 4 LD(ext)(bu), 4 OT(ext)(bu), 1 LD(ext)(bp), 2x2 HP(ext)(bu), 2 LD(ext)(bu), 2 OT(ext)(bu), 1 LD(ext)(bp), 2 HP(ext)(bt)	31
	Totale dei Canali :	173

*Tabella 4.19 Moduli e Sensori: Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati DAU 15 (impalcato Calabria estremità)*

DAU 15 (impalcato Calabria estremità)		
Nome del Modulo	Canali dati	N. dei canali
IEM15-D-E	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM15-D-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM15-CG-C	RH(int), CT(int), SH(int)	3
IEM15-D-W	RH(int), CT(int), SH(int)	3
RCM15-D-E	RT(ext)	1
RCM15-D-W	RT(ext)	1
PM15-D-E	GPS(3)(ext)	3

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

PM15-D-W	GPS(3)(ext)	3
PM15-MC-E	GPS(3)(ext)	3
PM15-MC-W	GPS(3)(ext)	3
PM15-PB-E	GPS(3)(ext)	3
PM15-PB-W	GPS(3)(ext)	3
DM15-MC-E	2 A(3)(ext)	6
DM15-MC-W	2 A(3)(ext)	6
DM15-H-E	A(2)(ext), A(2)(ext)	4
DM15-H-W	A(2)(ext), A(2)(ext)	4
DM15-PB-C	2 DIN(2)(ext)	4
GSTM15-D-E	4 ST(int)	4
GSTM15-D-C	4 ST(int), 1 ST (ext) (rt)	5
GSTM15-D-W	4 ST(int)	4
GSTM15-CG-E	4 ST(int)	4
GSTM15-CG-W	4 ST(int)	4
GSSM15-D-E	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM15-D-C	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG) , 6 SG(int)(add)	14
GSSM15-D-W	4 SG(int)(near CG), 4 SG(int)(away from CG)	8
GSSM15-CG-E	4 SG(int)	4
GSSM15-CG-C	4 SG(int)	4
GSSM15-CG-W	4 SG(int)	4
GSSM15-MC-E	3 SG(ext), 3 SG(ext)	6
GSSM15-MC-W	3 SG(ext), 3 SG(ext)	6
FSSM15-H-E	4 SG(ext), 4 SG(ext)	8
FSSM15-H-W	4 SG(ext), 4 SG(ext)	8
DRM15-D-E	LD(ext)(exp jt), A(1)(ext)(exp jt), 2x2 HP(ext)(bu), 2 LD(ext)(bu), 2 OT(ext)(bu), 1 A(1)(ext)(be)	11
DRM15-D-C	LD(ext)(expjt), 4x2 HP(ext)(bu), 4 LD(ext)(bu), 4 OT(ext)(bu),	19



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

	1 HP(ext)(bt), 1 A(1)(ext)(be)	
DRM15-D-W	LD(ext)(exp jt), A(1)(ext)(exp jt), 2x2 HP(ext)(bu), 2 LD(ext)(bu), 2 OT(ext)(bu) ,1 A(1)(ext)(be)	11
SCM15-PB-E	2 CC(4)(ext), P(ext), IP(ext)	10
SCM15-PB-W	CC(4)(ext)	4
	Totale dei Canali:	202

## 4.9 Set sensori aggiuntivo

Un set sensore aggiuntivo deve essere previsto; esso deve essere disponibile all'installazione dopo la costruzione del ponte e in seguito agli studi iniziali di comportamento strutturale del ponte. Tale set aggiuntivo non deve essere considerato come un set di sensori di ricambio. Esso deve essere fornito con tutto l'hardware necessario, fra cui cavi, per collegamento di tutti i sensori alla DAU. Si presume che le DAU siano situate ad una distanza fino a 200 m dai sensori aggiuntivi. Tutte le DAU dell'impalcato devono essere dettagliate in modo tale che l'intero complemento del set di sensori aggiuntivo della torre possa essere attaccato a qualsiasi DAU della torre e IDRU. Il MFS SHMS deve essere dettagliato per essere incluso in tale set aggiuntivo. L'installazione di tali snesori è di responsabilità del gestore del ponte.

L'obiettivo di tale set di sensori aggiuntivo, è quello di conferire flessibilità allo schema di monitoraggio in modo tale che i sensori possano essere installati in punti critici individuati a partire dagli studi di comportamento strutturale e che altrimenti non sarebbero noti fino al completamento della costruzione del ponte. Se gli studi di comportamento strutturale non individuano punti di monitoraggio aggiuntivi, tali sensori potranno essere installati in modo da aggiungere ulteriore ridondanza a determinati sensori. Laddove installati a fini di ridondanza, i sensori non devono essere collegati alla DAU ma essere disponibili solo per eventuale collegamento in caso di guasto del sensore "primario".

Il set di sensori aggiuntivi per l'impalcato, consisterà in:

- 12no. A(2) per il monitoraggio delle vibrazioni dei pendini
- 4no. A(3) per il monitoraggio delle vibrazioni dell'impalcato
- 96no. SG per il monitoraggio delle sollecitazioni a fatica dell'impalcato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Il set di sensori aggiuntivi per le torri consisterà in:

- 16no. SG per il monitoraggio delle sollecitazioni delle torri

2no. unità DAU aggiuntive, devono essere previste per supportare, se richiesto, l'installazine del set di sensori aggiuntivo per l'impalcato. Ogni DAU aggiuntiva deve essere dettagliata per supportare l'intero complemento di sensori aggiuntivi per l'impalcato.

#### **4.10 Set sensori di deformazione di calibratura**

Un set di sensori di deformazione di calibratura deve essere previsto; essi devono essere instalati contestualmente ai sensori di deformazione "attivi" pertinenti. I sensori di deformazione di calibratura devono permettere ai sensori di deformazione "attivi" di essere calibrati a intervalli regolari e devono permettere la calibratura accurata di sensori di deformazione "attivi" di sostituzione. Tali sensori di calibratura non saranno collegati al sistema di gestione dati SHMS

Essi consisteranno in:

- 96no. CSG da installarsi alle gambe delle torri
- 240no. CSG da installarsi sui cassoni longitudinali dell'impalcato

Le letture dei sensori di calibratura saranno effettuate mediante server e computer di monitoraggio portatili. Tale set di sensori di calibratura deve essere esaminato nell'ambito del progetto strutturale completo, all'inizio del Progetto Esecutivo da parte del progettista SHMS in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte.

#### **4.11 Sommario dell' hardware**

Il sistema di gestione dati sarà costituito da:

- 15 Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati (DAU)
- Fino a 2 DAU aggiuntive per il set di sensori aggiuntivi
- 16 Unità intermedie di ritrasmissione dei dati (IDRU) per le torri
- Altre Unità intermedie di ritrasmissione dei dati secondo necessità
- 2 Server Sistemi Centrali SHMS (primario e di salvataggio)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Il Server di Memorizzazione Dati SHMS sarà destinato alla memorizzazione dei dati del sistema SCADA e costituirà una parte di quest'ultimo.

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati e le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati saranno in grado di memorizzare una quantità pre-definita di dati elaborati in caso di disservizio della connessione al Server Sistemi Centrali SHMS. Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati saranno inoltre dotate di una memoria tampone pre-definita e dedicata per facilitare l'elaborazione degli allarmi innescati. Il Server Sistemi Centrali SHMS sarà dotato di una memoria dati tampone pre-definita e dedicata per consentire l'accesso ai dati recenti provenienti da altri componenti di SCADA e per facilitare l'elaborazione degli allarmi innescati.

Un sommario della gamma dei sensori principali è indicato in Tabella 4.20. Il riassunto della gamma dei sensori aggiuntivi è presentato alla Tabella 4.21; la Tabella 4.22 mostra i sensori di calibratura.

*Tabella 4.20 Sommario della Gamma di Sensori principali*

Sensore	Numero di Sensori
AD e.g. WS(3), WS(2)&WD	40
GPS(3)	58
CT(ext)	7
CT(int)	66
SR	3
RH(ext)	5
RH(int)	286
CR (int)	252
B	4
RG	4
SH(ext)	2
SH(int)	36
RT	10
A(1)	14

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

A(2)	40
A(3)	52
SA(3)	16
SIN(2)	20
DIN(2)	26
ST	772
SG	1264
SG(3)	24
LD	96
HP	82
OT	36
CC	20
P	6
IP	10
PORTATILE A(2)	16
SENSORE VIDEO PORTATILE	33
RADAR INTERFEROMETRICO A MICRO-ONDE	1
Totale	3301

*Tabella 4.21 Riassunto gamma sensori set aggiuntivo*

Sensore	Numero di sensori
A(2)	12
A(3)	4
SG	112
Totale	128

*Tabella 4.22 Riassunto gamma sensori di calibratura*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Sensore	Numero di sensori
CSG	336
Totale	336

Le misurazioni del carico del traffico (stradale e ferroviario) faranno parte del Sistema di Gestione del Traffico di Rete. Il controllo del flusso del traffico in punti discreti farà parte del Sistema di Gestione del Traffico di Rete e del Sistema di Gestione del Traffico del Ponte. I dati saranno messi a disposizione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale per l'elaborazione.

Saranno previsti 3 computer di controllo portatili e 3 server di controllo portatili per le attività di controllo in cantiere.

#### **4.12 Disegni di Disposizione Generale**

Il layout primario del sistema è indicato nei disegni elencati in Tabella 4..

*Tabella 4.23 Disegni di disposizione generale del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale*

CG1000-P1LDPIT-M3SM000000-01	Visione Generale del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale: Torri e Fondazioni
CG1000-P1LDPIT-M3SM000000-02	Visione Generale del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale: Impalcato
CG1000-P1LDPIT-M3SM000000-03	Visione Generale del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale: Pendini e cavi principali

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 5 Requisiti Minimi dei Sensori

### 5.1 Generalità

#### 5.1.1 Classe di Protezione Minima

Per tutti i componenti sarà prevista la classe di protezione minima IP65 quale definita nella IEC 60529 (ad. es. sensori, logger, altro hardware, cablaggi, interfacce, guarnizioni premistoppa ecc). La classe di protezione minima IP66W sarà prevista per tutti i componenti esterni che dovranno essere adatti per un ambiente marino. Qualora il componente non sia dotato di per sè di una classe di protezione sufficiente, si dovrà dettagliare ed installare una protezione in modo che il componente abbia una classe di protezione minima equivalente. Gli armadi dovranno essere dettagliati ed installati in modo tale da offrire una classe minima equivalente e dovranno essere fissati alla struttura. I cavi dei dati che corrono esternamente alla struttura dovranno essere protetti contro i danni da vento. Sarà necessario un contatto con i progettisti strutturali del ponte.

#### 5.1.2 Solidità

Tutte le apparecchiature dovranno essere di elevata qualità, robuste e in grado di resistere ai danni accidentali. Il danno accidentale rappresenta un rischio particolare durante la costruzione del ponte in quanto le apparecchiature saranno installate durante la fabbricazione e prima del montaggio in cantiere. Tutte le apparecchiature dovranno essere in grado di resistere all'urto meccanico risultante da una caduta di 1,5m (5 piedi). Si dovranno preferire le apparecchiature comunemente usate per l'installazione offshore. Ciascun apparecchio che non soddisfi a tale criterio dovrà essere sottoposto ad una valutazione del rischio di danno. La valutazione del rischio individuerà tutte quelle azioni che possono costituire un rischio di danno per l'apparecchio, a partire dalla consegna e per tutta la sua vita utile. Si dovranno individuare delle precauzioni speciali da applicare a ciascuna azione che possa rappresentare un rischio di danno. Tra queste la fornitura di un imballo supplementare, la costruzione di un container di protezione, l'installazione di cartelli, ecc. Per tutti i registratori di dati e per lo hardware saranno previsti degli armadi adeguatamente dettagliati ed installati. Gli armadi dovranno essere fissati alla struttura, non dovranno avere punti di leverismo, saranno dotati dove possibile di fissaggi antimanomissione e di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

lucchetti per evitare furti occasionali. Sarà necessario mantenere il contatto con i progettisti strutturali del ponte. I cavi dati e di potenza non saranno collegati direttamente alle strutture metalliche. Per l'installazione dei cavi dati e di potenza si dovranno applicare delle buone pratiche domestiche. Per tutti i cavi dati e di potenza dovranno essere forniti dei condotti per cavi e delle passerelle porta-cavi opportunamente dettagliati ed installati. Sarà pure necessario il contatto con i progettisti strutturali del ponte.

### 5.1.3 Vibrazione

I ponti sono delle strutture dinamiche soggette a vibrazioni continue dovute al vento, al traffico, ecc. Tutti i componenti (ad. es. sensori, registratori, altro hardware, cablaggi, interfacce, guarnizioni, premistoppa, armadi, condotti, fissaggi, connessioni, ecc.) saranno dettagliati ed installati tenendo in debito conto le vibrazioni strutturali continue comprendenti:

- vibrazione di grossa ampiezza e bassa frequenza dell'intero ponte
- vibrazione di piccola ampiezza ed elevata frequenza dell'elemento strutturale locale

In particolare, tutti i componenti dovranno funzionare correttamente quando soggetti a vibrazioni delle strutture del ponte indotte da:

- Traffico ferroviario: ca. 200 treni al giorno
- Traffico stradale: ca. 140.000 vetture al giorno
- Vento ad alta velocità

I componenti dovranno resistere alle vibrazioni ed all'urto del terremoto che interessassero le strutture del ponte.

### 5.1.4 Protezione contro gli uccelli

Dove possibile, tutti i sensori esterni dovranno essere dotati di protezione contro l'interferenza degli uccelli inclusi il contatto diretto e gli escrementi. La protezione fornita non dovrà interferire con il comportamento strutturale od i servizi forniti alla struttura ad es. carroponi.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 5.1.5 Protezione elettrica

Tutti i componenti dovranno essere dotati di una protezione sufficiente contro la sovratensione elettrica causata da oscillazioni di potenza, interferenza elettromagnetica (EMI) dovuta alla ferrovia, da lampi ed impulsi elettro-magnetici (LEMP) generati dai lampi. La protezione può essere realizzata mediante parafulmini, sistemi di messa a terra, circuiti di fusibili contro le sovratensioni (switch-based), ponti ottici, ecc.

Le aste parafulmine saranno previste su tutti i bracci e le torri dei componenti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale. Le aste parafulmine saranno collegate alle strutture metalliche del ponte. Il percorso della sovratensione elettrica dovrà essere in grado di trasferire la sovratensione alla strumentazione od ai componenti strutturali senza provocare alcun deterioramento. Fare riferimento al documento CG1001-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-00-06 "Specifiche di Progetto - Lavori meccanici ed Elettrici" per l'ulteriore discussione.

I cavi dati provenienti dai sensori installati su tutti i bracci e le torri e installati esternamente sulle sommità delle torri saranno isolati dal punto di vista ottico dal resto del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale e dotati di fusibili di protezione contro i fulmini.

Tutti i registratori di dati e lo hardware saranno dotati di circuiti di fusibili contro la sovratensione.

### 5.1.6 Alimentazione elettrica

L'elettricità verrà alimentata al Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale da una alimentazione dedicata 230V installata da terzi nell'ambito dei servizi generali per il ponte. Si faccia riferimento al documento CG1001-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-00-06 "Specifiche di progetto – Impianti meccanici ed elettrici". I sensori verranno alimentati dai registratori attraverso cavi di potenza. I registratori saranno collegati alle prese installate in armadi adeguatamente dettagliati ed installati, sicuri e di adeguata tensione nominale. Le prese degli armadi saranno alimentate da un cavo di potenza collegato all'alimentazione elettrica dedicata. Il cavo di potenza sarà collegato all'alimentazione tramite spine particolari da collegare a prese particolari in grado di accogliere solo spine dal Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale. Le prese particolari saranno situate in armadi di alimentazione elettrica adeguatamente dettagliati ed installati. Le prese particolari e gli armadi di alimentazione elettrica dovranno essere forniti da coloro che saranno responsabili della fornitura dell'alimentazione elettrica. Qualora siano richiesti dei trasformatori, questi dovranno essere dotati di registratori.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Il gruppo di continuità (UPS) sarà previsto per tutti i registratori e garantirà un funzionamento minimo di 6 ore dei sensori e dei registratori in caso di interruzione elettrica. Il gruppo di continuità verrà caricato dalla rete di alimentazione, quando questa non è interrotta.

### 5.1.7 Risoluzione del Campionamento dei Dati

Tutti i dati verranno campionati con una risoluzione di min. 24 bit.

### 5.1.8 Tassi di Campionatura dei Dati

Per i tassi di campionatura dei dati minimi richiesti fare riferimento alla Tabella 10.1.

### 5.1.9 Memorizzazione Temporanea dei Dati

I registratori saranno dotati di una capacità di memorizzazione temporanea dei dati in caso di disservizio del collegamento alle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati ed alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati per il trasferimento dei dati. La memorizzazione dei dati sarà sufficiente a coprire un periodo di 24 ore dalla raccolta dei dati stessi. Non è ammesso sovrascrivere sui dati raccolti nella memoria temporanea, quando questa è piena. La memoria verrà azzerata dopo che i dati saranno stati trasferiti alle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati ed alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati. La memoria dati verrà cancellata solo su istruzione delle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati e delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati dopo la conferma dell'avvenuto trasferimento dei dati. I dati memorizzati non andranno persi in caso di totale mancanza di alimentazione e di arresto dei registratori.

### 5.1.10 Fissaggi alla Struttura Principale

Il fissaggio di un qualsiasi componente alla struttura non dovrà danneggiare la struttura stessa o il sistema di protezione (ad es. verniciatura o simili). Nel caso in cui sia necessario rimuovere il sistema di protezione per l'installazione ad esempio dei sensori di deformazione, il sistema di protezione dovrà essere ripristinato dopo l'installazione.

I componenti in contatto con la struttura non dovranno essere causa di corrosione della struttura nè sacrificare i rivestimenti di protezione bimetallici esistenti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

### 5.1.11 Colore

Tutti i componenti SHMS installati all'esterno devono essere forniti in un colore che si integri allo schema di colore finale dell'elemento strutturale al quale essi sono attaccati, salvo diversamente specificato o concordato con progettista SHMS.

## 5.2 Specificità

Una lista di attrezzature è fornita a titolo di esempio nell'Appendice 3. I requisiti di velocità di campionatura per ogni sensore sono discussi alla Sezione 10 ed illustrati nella Tabella 10.1,

### 5.2.1 Anemometri sonici triassiali

Anemometro sonico triassiale per la misurazione delle caratteristiche del vento su 3 assi, WS(3).

Tipo di sensore	Ultrasonico
Parametri di misurazione	Misurazione in 3 direzioni ortogonali U, V e W. U deve essere allineato parallelamente all'allineamento dell'impalcato verso la Sicilia, W è verticale verso l'alto in modo preciso lasciando V perpendicolare all'allineamento del ponte.
Velocità del Suono C	340 m/s
Gamma delle velocità del vento	0 a 65m/s
Risoluzione delle velocità del vento	0.01 m/s
Precisione delle velocità del vento	<+/-1% RMS
Gamma delle direzioni del vento	Totalmente 3D: 0 a 360° orizzontalmente, -90 a 90° verticalmente
Risoluzione delle direzioni del vento	1°
Precisione delle direzioni del vento	<+/-1 °
Velocità della gamma dei suoni	300-370 m/s
Velocità della risoluzione del suono	0,01m/s
Velocità della precisione del	<+/-5% a 20°C

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

suono	
Velocità del vento in raffica di sopravvivenza	100 m/s
Requisiti ambientali	Adatti per l'esposizione ad ambienti marini
Gamma delle temperature di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma dell'umidità di esercizio	0 al 100%
Precipitazioni	Funzionamento mantenuto a 300mm/h
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

**Installazione dell'anemometro sulle gambe delle torri:** l'anemometro dovrà essere installato su un braccio rigido che si estende verso est o verso ovest a partire rispettivamente dalle gambe delle torri a est e ad ovest. L'anemometro deve essere posizionato tra i 5m e i 10m lontano dalla faccia esterna della gamba della torre. Lo sfasamento finale verrà stabilito durante il Progetto Esecutivo, dopo il completamento degli studi sul vento relativamente al ponte. Il braccio, le strutture di supporto locali ed i dispositivi complementari non devono interferire con il campo eolico a flusso libero da misurare nè con il funzionamento dei carroponi di manutenzione delle torri. Il braccio sarà dettagliato in modo tale che all'anemometro si possa accedere da un foro di accesso attraverso la gamba della torre o da una piattaforma esterna (se prevista). La progettazione di dettaglio della struttura del braccio verrà realizzata durante il Progetto Esecutivo quando saranno noti i dettagli dell'accesso esterno alle torri e della piattaforma di accesso, i particolari strutturali di dettaglio delle torri, i particolari dei carroponi ed i particolari di allestimento interni ed esterni. La progettazione preliminare del braccio prevede una struttura a traliccio, incernierata alla base e stabilizzata per mezzo di tiranti che tramite pulegge arrivano fino alla posizione di accesso alla lunghezza del braccio sopra la base. L'anemometro ed il braccio devono essere dettagliati per la condizione limite di rottura conseguente ad una velocità del vento ponderata di 100m/s. Deve essere incluso un fattore di sicurezza parziale del materiale di 1,05 (elementi) 1,25 (connessioni). Il braccio deve essere dettagliato per ridurre l'interferenza con le letture da vibrazione e per fornire al costruttore i requisiti minimi. Se la dinamica della struttura di supporto supera i requisiti minimi del

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

costruttore od i requisiti di prestazione, si dovrà aggiungere un accelerometro triassiale oppure si dovrà sostenere l'estremità del braccio. Tutti i cavi di potenza ed i cavi dati verranno alimentati, dove possibile, attraverso il centro dei pilastri. Quando i cavi di potenza e i cavi dati devono essere alimentati esternamente in basso ai pilastri, essi dovranno essere disposti a spirale e fissati regolarmente. La disposizione dei cavi di potenza e dei cavi dati sarà soggetta all'approvazione del progettista della Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale.

**Installazione dell'anemometro sull'impalcato non adiacente alle torri:** l'anemometro verrà installato sulla sommità di un pilastro verticale rigido alto 1 metro posizionato in cima allo schermo antivento in linea con i pilastri strutturali verticali rigidi. Il pilastro, le strutture di supporto locali ed i dispositivi complementari non devono interferire con il campo eolico a flusso libero da misurare nè con il funzionamento dei carroponi di manutenzione dell'impalcato. L'anemometro ed il pilastro devono essere dettagliati per una condizione limite di rottura conseguente ad una velocità del vento ponderata di 100m/s. Deve essere incluso un fattore di sicurezza parziale del materiale di 1,05 (elementi) 1,25 (connessioni). Il pilastro e le strutture di supporto devono essere dettagliati per ridurre l'interferenza con le letture di vibrazione e per fornire al costruttore i requisiti minimi. Se la dinamica della struttura di supporto supera i requisiti minimi del costruttore od i requisiti di prestazione, si dovrà aggiungere un accelerometro triassiale. Tutti i cavi di potenza ed i cavi dati verranno alimentati, dove possibile, attraverso il centro dei pilastri. Quando i cavi di potenza e i cavi dati devono essere alimentati esternamente in basso ai pilastri, essi dovranno essere disposti a spirale e fissati regolarmente. La disposizione dei cavi di potenza e dei cavi dati sarà soggetta all'approvazione del progettista della Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale.

**Installazione dell'anemometro sull'impalcato adiacente alle torri:** l'anemometro verrà installato vicino al primo fondello della campata principale. L'anemometro verrà installato sulla sommità di un pilastro verticale rigido alto 1 metro posizionato sull'intelaiatura costruita ad hoc che sarà collegata in cima allo schermo antivento in linea con i pilastri strutturali verticali rigidi e sulla trave in pendenza tra la coppia di pendini. Ciò sarà dettagliato in modo tale che l'anemometro si trovi a 6 m al di sopra dell'impalcato e sarà dotata di una cerniera e di un meccanismo di blocco in modo tale che la barra orizzontale che attraversa il percorso di accesso possa essere ruotata in modo da creare uno spazio libero per i veicoli alti. Il pilastro, l'intelaiatura ad hoc, le strutture di supporto locali ed i dispositivi complementari non devono interferire con il campo eolico a flusso libero da misurare nè con il funzionamento dei carroponi di manutenzione dell'impalcato. L'anemometro, il pilastro e l'intelaiatura ad hoc devono essere dettagliati per una condizione limite

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

di rottura conseguente ad una velocità del vento ponderata di 100m/s. Deve essere incluso un fattore di sicurezza parziale del materiale di 1,05 (elementi) 1,25 (connessioni). L'intelaiatura ad hoc, il pilastro e le strutture di supporto devono essere dettagliate per ridurre l'interferenza con le letture da vibrazione e per fornire al costruttore i requisiti minimi. Se la dinamica della struttura di supporto supera i requisiti minimi del costruttore od i requisiti di prestazione, si dovrà aggiungere un accelerometro triassiale. Tutti i cavi di potenza ed i cavi dati verranno alimentati, dove possibile, attraverso il centro dei pilastri. Quando i cavi di potenza e i cavi dati devono essere alimentati esternamente in basso ai pilastri, essi dovranno essere disposti a spirale e fissati regolarmente. La disposizione dei cavi di potenza e dei cavi dati sarà soggetta all'approvazione del progettista della Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale.

I dati di velocità del vento devono essere espressi in m/s.

### 5.2.2 Anemometro Meccanico Triassiale

Anemometro meccanico triassiale per la misurazione delle caratteristiche del vento su 3 assi, WS(2)&WD.

Tipo di sensore	Meccanico
Parametri di misurazione	Misurazione come velocità e direzione del vento orizzontale con il Nord locale allineato parallelamente all'allineamento dell'impalcato verso la Sicilia e velocità del vento verticale
Gamma della velocità del vento orizzontale	0 a 65m/s
Gamma della velocità del vento verticale	-25 a 25 m/s
Risoluzione della velocità del vento	0,1 m/s
Precisione della velocità del vento	<+/-0,3 m/s o 1% della lettura
Gamma della direzione del vento orizzontale	0 a 360°
Risoluzione della direzione del vento orizzontale	1°

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Precisione della direzione del vento orizzontale	<+/-3°
Velocità del vento in raffica di sopravvivenza	100 m/s
Requisiti ambientali	Adatti per l'esposizione ad ambienti marini
Gamma delle temperature di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma dell'umidità di esercizio	0 al 100%
Precipitazioni	Funzionamento mantenuto a 300mm/h
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

**Installazione dell'anemometro sulle sommità delle torri:** l'anemometro verrà installato su un pilastro verticale rigido fissato al centro della sella e stabilizzato per mezzo di tiranti ai pali dei corrimani. L'anemometro deve essere posizionato a 6 m al di sopra della sommità della sella. Il palo, le strutture di supporto locali ed i dispositivi complementari non devono interferire con il campo eolico a flusso libero da misurare nè con il funzionamento dei carroponi di manutenzione del cavo principale nè con l'accesso al cavo principale. Il palo deve contenere una cerniera, un meccanismo di blocco e una fune portante che consenta l'abbassamento dell'anemometro senza dover salire sul palo per accedervi. L'anemometro e il palo devono essere dettagliati per una condizione limite di rottura conseguente ad una velocità del vento ponderata di 100m/s. Deve essere incluso un fattore di sicurezza parziale del materiale di 1,05 (elementi) 1,25 (connessioni). Il palo e le strutture di supporto devono essere dettagliati per ridurre l'interferenza con le letture da vibrazione e per fornire al costruttore i requisiti minimi. Se la dinamica della struttura di supporto supera i requisiti minimi del costruttore od i requisiti di prestazione, si dovrà aggiungere un accelerometro triassiale. Tutti i cavi di potenza ed i cavi dati verranno alimentati, dove possibile, attraverso il centro dei pali. Quando i cavi di potenza e i cavi dati devono essere alimentati esternamente in basso ai pali, essi dovranno essere disposti a spirale e fissati regolarmente. La disposizione dei cavi di potenza e dei cavi dati sarà soggetta all'approvazione del progettista della Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

**Installazione dell'anemometro sull'impalcato in corrispondenza dei punti terzi:** l'anemometro verrà installato sulla sommità di un palo verticale rigido alto 1 metro posizionato in cima allo schermo antivento in linea con i pali strutturali verticali rigidi. Il palo, le strutture di supporto locali ed i dispositivi complementari non devono interferire con il campo eolico a flusso libero da misurare nè con il funzionamento dei carroponi di manutenzione dell'impalcato. L'anemometro deve essere dettagliato per una condizione limite di rottura conseguente ad una velocità del vento ponderata di 100m/s. Deve essere incluso un fattore di sicurezza parziale del materiale di 1,05 (elementi) 1,25 (connessioni). Il palo e le strutture di supporto devono essere dettagliati per ridurre l'interferenza con le letture da vibrazione e per fornire al costruttore i requisiti minimi. Se la dinamica della struttura di supporto supera i requisiti minimi del costruttore od i requisiti di prestazione, si dovrà aggiungere un accelerometro triassiale. Tutti i cavi di potenza ed i cavi dati verranno alimentati, dove possibile, attraverso il centro dei pali. Quando i cavi di potenza e i cavi dati devono essere alimentati esternamente in basso ai pali, essi dovranno essere disposti a spirale e fissati regolarmente. La disposizione dei cavi di potenza e dei cavi dati sarà soggetta all'approvazione del progettista della Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale.

I dati della velocità del vento devono essere espressi in m/s.

I dati di direzione del vento devono essere relativi al Nord preciso e devono essere espressi in gradi ad est del Nord preciso.

### 5.2.3 Ricevitore GPS

Ricevitore GPS per la misurazione delle coordinate dei nodi, GPS.

Tipo di sensore	Antenna
Gamma delle misure di posizione	reale
Risoluzione	+/-1 mm
Precisione	<+/-1 mm
Requisiti ambientali	Adatti per l'esposizione ad ambienti marini
Gamma delle temperature di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Gamma dell'umidità di esercizio	0 al 100%
Precipitazioni	Funzionamento mantenuto a 300mm/h
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il ricevitore GPS installato sull'impalcato deve essere posizionato in modo tale da ridurre l'interferenza con le letture provenienti dall'impalcato, dai carroponi di manutenzione, dai veicoli in transito, ecc. Il ricevitore GPS sarà dotato di una protezione fisica per evitare interferenze derivanti da segnali GPS riflessi provenienti dal mare e dalla struttura. Il ricevitore GPS sarà installato in cima allo schermo antivento, in linea con i pali strutturali verticali rigidi.

Il ricevitore GPS installato sulle torri dovrà essere posizionato in modo tale da ridurre l'interferenza con le letture provenienti dalle gambe delle torri, dalle traverse, dai carroponi di manutenzione, ecc. Il ricevitore GPS sarà dotato di una protezione fisica per evitare interferenze derivanti da segnali GPS riflessi provenienti dal mare e dalla struttura. Il ricevitore GPS verrà installato sul braccio rigido previsto per l'anemometro sonico triassiale, a meno che non vi siano altre strutture accessibili quali ad es. piattaforme esterne o telai di montaggio delle luci di segnalazione per aerei. La posizione dipenderà dalle disposizioni degli accessi per la manutenzione. Il concetto attuale di progettazione richiederebbe che il GPS venga installato all'estremità del braccio a 5-10 m dalla faccia della torre.

Il ricevitore GPS installato in zona remota sarà posizionato in modo tale da ridurre al minimo l'interferenza con le letture. Il ricevitore GPS sarà collegato alla rete WAN e dotato di collegamento wireless alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati dell'ancoraggio. Il collegamento wireless è necessario per la fase di costruzione e funzionerà come collegamento di comunicazione di back-up in caso di disservizio della rete WAN.

La stazione di riferimento GPS sarà installata in cima all'edificio SCADA e fissata ad una parte rigida della struttura dell'edificio SCADA in una posizione che riduca l'interferenza con le letture. La struttura di supporto stessa sarà rigida in modo che il ricevitore GPS non possa muoversi.

Per il ricevitore GPS installato sul cavo principale, in mancanza di un'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati sul morsetto del cavo, il cavo dati scenderà a livello di impalcato a spirale sui pendini con più di un giro ogni 900mm e fissato ad intervalli di max. 1 m prima di entrare nell'impalcato attraverso un foro con premistoppa nella trave in pendenza. Gli attacchi non



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

dovranno danneggiare la guaina dei pendini. Il foro sarà progettato dai progettisti strutturali del ponte.

I sistemi GPS forniscono specificatamente le coordinate di latitudine, longitudine ed altezza ellissoidale. Tali dati verranno convertiti in un sistema di coordinate cartesiane (ad es. forma UTM delle coordinate) basato su un geoide locale.

Le coordinate orizzontali dovranno essere espresse in m ed essere riferite ad un geoide locale di riferimento con assi orizzontali posizionate nella sede della stazione di riferimento GPS installata sull'edificio SCADA.

Le coordinate dell'altezza dovranno essere espresse in m ed essere riferite ad un geoide di riferimento locale con l'asse dell'altezza posizionate a livello medio del mare di cantiere.

#### 5.2.4 Sensore della Temperatura dell'Aria (1)

Sensore della temperatura dell'aria per la misurazione della temperatura dell'aria all'esterno, CT(ext).

Tipo di Sensore	PT-100 incluso lo schermo antiradiazioni
Gamma di misura	Da -20 a + 60°C
Risoluzione	0.1°C
Precisione	<+/-0,5°C
Requisiti ambientali	Adatto per esposizione in ambienti marini
Gamma delle temperature di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma dell'umidità di esercizio	Da 0 a 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/h
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Il sensore della temperatura dell'aria sarà posizionato ad una distanza sufficiente dalle superfici in modo che le letture non siano pregiudicate dall'emissione e dalla riflessione di calore delle superfici, in particolare quelle provenienti dal cavo principale e le superfici dell'impalcato. Il sensore della temperatura dell'aria sarà posizionato ad un'altezza sufficiente al di sopra del piano stradale in modo che le letture non siano pregiudicate dall'emissione di calore rilasciato dai veicoli.

I dati dovranno essere espressi in gradi centigradi.

### 5.2.5 Sensore della Temperatura dell'Aria (2)

Sensore della temperatura dell'aria per la misurazione della temperatura dell'aria all'esterno, CT(int).

Tipo di Sensore	PT-100
Gamma delle misure	-20 a +60°C
Risoluzione	0,1°C
Precisione	<+/-0,5°C
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a+60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore della temperatura dell'aria sarà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore onde evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore.

I dati dovranno essere espressi in gradi centigradi.

### 5.2.6 Pirometro

Pirometro per la misurazione delle radiazioni solari, SR.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Tipo di sensore	Rilevatore fotovoltaico al silicio ad elevata stabilità
Gamma delle misure della lunghezza d'onda	400 a 1100 nanometri
Gamma delle misure dell'intensità delle radiazioni solari	0 a 2000 W/m <sup>2</sup>
Risoluzione	+/-50 W/m <sup>2</sup>
Precisione	<+/-50 W/m <sup>2</sup>
Campo visivo	180 °
Requisiti ambientali	Adeguito per l'esposizione in ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Precipitazioni	Funzionamento mantenuto a 300mm/h
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il pirometro dovrà essere installato in una posizione che non crei interferenze con le letture in ombra. Il pirometro dovrà essere installato in modo tale da evitare l'ombra creata tra gli altri da:

- Veicoli (stradali e ferroviari) sulla struttura dell'impalcato
- dispositivi complementari (non strutturali) quali schermi antivento, pali dei lampioni, piccola carpenteria metallica di supporto, cavi, altra strumentazione, ecc.
- Carroponti
- Cavi principali
- Pendini

I dati dovranno essere espressi in W/m<sup>2</sup>.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

### 5.2.7 Igrometro (1)

Igrometro per la misurazione dell'umidità relativa all'esterno, RH(ext).

Tipo di sensore	Capacitivo incluso schermo antiradiazioni
Gamma delle misurazioni	0 a 100%
Risoluzione	0,5%
Precisione	<+/-2%
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione in ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Precipitazioni	Funzionamento mantenuto a 300mm/h
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'igrometro sarà posizionato ad un'altezza sufficiente al di sopra delle superfici orizzontali in modo da evitare che le letture vengano pregiudicate da accumuli d'acqua locali e spruzzi. L'igrometro sarà posizionato ad una distanza sufficiente dai servizi con uso di acqua per evitare che le letture vengano pregiudicate da rotture degli apparecchi di servizio o dall'uso dei servizi.

I dati dovranno essere espressi in % dell'umidità relativa.

### 5.2.8 Igrometro (2)

Igrometro per la misurazione dell'umidità relativa all'interno, RH(int).

Tipo di sensore	Capacitivo
Gamma delle misure	0 a 100%
Risoluzione	0,5%
Precisione	<+/-2%
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'igrometro sarà posizionato ad una distanza sufficiente dai servizi con uso di acqua per evitare che le letture vengano pregiudicate da rotture degli apparecchi di servizio o dall'uso dei servizi.

I dati dovranno essere espressi in % dell'umidità relativa.

### 5.2.9 Sensore dell'umidità relativa a fibre ottiche

Sensore dell'umidità relativa a fibre ottiche per la misurazione dell'umidità relativa all'interno dei cavi principali mediante sensore multiplo incassato, RH(int).

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche incassato esente da sollecitazioni e con compensazione della temperatura con celle igrometriche iscritte nel Reticolo di Bragg in fibra e con interrogatore multiplexer nel reticolo di Bragg in fibra per le letture dell'umidità relativa. La compensazione della temperatura può essere applicata usando le letture di un sensore di temperatura a fibre ottiche adiacente.
Compensazione della temperatura	Sì
Numero dei punti di misurazione per il cavo a fibre ottiche	11
Diametro esterno del cavo (inclusa la guaina esterna)	5,4mm
Gamma delle deformazioni di durabilità	0 a 7.000 microdeformazione (tensione)
Gamma delle basi di misura	0 a 100%
Risoluzione	1%
Precisione	<+/-1%
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Durata	Quella necessaria per resistere alla procedura di installazione; diametro della bobina = 1500 mm; tensione radiale durante il servizio = 15 MPa
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

I sensori dell'umidità relativa a fibre ottiche non dovranno essere posizionati entro 1 m dal morsetto del cavo.

La misurazione dell'umidità relativa con cavi a fibre ottiche non è attualmente ben consolidata. E' stata tuttavia condotta una ricerca sullo sviluppo e l'uso di celle igrometriche in cavi a fibre ottiche per la misurazione dell'umidità relativa, ad es.:

- segmento giuntato di fibra ottica polimerica a base di polimetil metacrilato (PMMA), con Reticolo di Bragg in fibra
- Reticolo di Bragg in fibra rivestito con polimide
- Reticolo di Bragg in fibra a lungo periodo rivestito con un velo sottile di nanosfere di silice

La soluzione adottata sarà quella che si sarà dimostrata più affidabile. Per questa valutazione saranno necessari dei test dimostrativi.

I cavi a fibre ottiche saranno installati all'interno del cavo principale attraverso il processo di fabbricazione e di installazione dei trefoli per il cavo principale. Il cavo a fibre ottiche sostituirà uno dei fili del trefolo sulla superficie superiore. All'interno di un trefolo verrà installato al massimo un cavo a fibre ottiche. Il cavo a fibre ottiche sarà installato su una bobina di tipo standard adatta per la fabbricazione del trefolo. Il cavo a fibre ottiche verrà estratto dalla bobina e montato e compattato con gli altri fili in acciaio a formare il trefolo. Il trefolo sarà dotato di reggette per il mantenimento della forma ed alimentato direttamente su una bobina di stoccaggio e trasporto. Il cavo a fibre ottiche non verrà incluso nella formazione dei capicorda a ciascuna estremità del trefolo per permetterne l'accesso per l'interrogazione dei segnali. Il cavo a fibra ottica deve essere dotato di piombatura alle estremità, ed ogni lunghezza non supportata del cavo a fibra ottica deve essere assicurata al trefolo in modo da proteggere il cavo a fibra ottica da eventuali danni dovuti al

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

maneggiamento del trefolo. In cantiere, il trefolo verrà estratto dalla bobina di trasporto e tirato lungo il ponte al di sopra delle selle dei blocchi di ancoraggio e sulle sommità delle torri per essere messo in posizione all'interno del cavo principale. I trefoli assemblati verranno compattati e dotati di morsetti cavi e filo di avvolgimento. Questo tipo di installazione dei cavi in fibra ottica non è stata comprovata. I cavi a fibra ottica dovranno ottenere la forma ed il diametro dei fili in acciaio. La puleggia dovrà essere dettagliata in modo adeguato per resistere al processo di installazione ed al funzionamento. Il cavo a fibra ottica deve essere adeguatamente dettagliato in modo tale da non influenzare il deterioramento catodico del cavo principale. Saranno necessari degli esperimenti di prova per garantire lo sviluppo di un cavo a fibre ottiche in grado di resistere al processo di installazione ed al funzionamento richiesti.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multiplexer multicanale e unità del tipo a interruttori da condividere con altri sensori a fibre ottiche.

Il cavo a fibre ottiche che fuoriesce dal cavo principale nei blocchi di ancoraggio sarà posizionato in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per garantire la durata. Il cavo a fibre ottiche dovrà essere posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore.

I dati saranno espressi in % di umidità relativa.

### 5.2.10 Barometro

Barometro per la misurazione della pressione dell'aria, B.

Tipo di sensore	Nessun requisito specifico
Gamma delle basi di misura	600 a 1100 hPa
Risoluzione	1hPa
Precisione	<+/-1hPa
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/h
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

I dati saranno espressi in hPa.

### 5.2.11 Pluviometro

Pluviometro per la misurazione della quantità di pioggia caduta, RG.

Tipo di sensore	A tazza ribaltabile con interruttore a lame secondo la specifica WMO
Gamma delle basi di misura	Tazze ribaltabili della capacità di 2cm <sup>3</sup>
Superficie di misurazione	200cm <sup>2</sup>
Risoluzione	0,1mm per ugello
Precisione	<+/-5%
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/h
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il pluviometro sarà posizionato ad un'altezza sufficiente al di sopra delle superfici orizzontali per evitare che le letture siano pregiudicate dagli spruzzi e da colature di acqua e gocciolamenti dalle strutture adiacenti. Sarà inoltre posizionato ad una distanza sufficiente dai servizi con uso di acqua in modo tale che le letture non siano pregiudicate da rotture degli apparecchi di servizio e dall'uso dei servizi.

I dati devono essere espressi in mm/hr.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

### 5.2.12 Igrometro superficiale (1)

Igrometro superficiale per la misurazione della formazione della condensa sulle superfici esterne, SH(ext).

Tipo di sensore	Come richiesto
Gamma delle basi di misura	secco – umido (condensazione)
Risoluzione	Non applicabile
Precisione	Non applicabile
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'igrometro superficiale sarà posizionato in modo tale che le letture non vengano pregiudicate da accumuli d'acqua locali e spruzzi. L'igrometro superficiale sarà posizionato ad una distanza sufficiente dai servizi con uso di acqua per evitare che le letture vengano pregiudicate da rotture degli apparecchi di servizio o dall'uso dei servizi. Le letture comprenderanno il rilevamento dell'umidità dovuta alla pioggia.

I dati saranno espressi con lo 0 (secco) o con 1 (umido).

### 5.2.13 Igrometro superficiale (2)

Igrometro superficiale per la misurazione della formazione della condensa sulle superfici interne, SH(int).

Tipo di sensore	Come richiesto
Gamma delle basi di misura	secco – umido (condensazione)
Risoluzione	Non applicabile
Precisione	Non applicabile

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'igrometro superficiale sarà posizionato ad una distanza sufficiente dai servizi con uso di acqua per evitare che le letture vengano pregiudicate da rotture degli apparecchi di servizio o dall'uso dei servizi.

I dati saranno espressi con lo 0 (secco) o con 1 (umido).

#### 5.2.14 Sensore della temperatura del manto stradale

Sensore della temperatura del manto stradale per la misurazione della temperatura del manto stradale nell'interfaccia con la lamiera in acciaio dell'impalcato, RT.

Tipo di sensore	Nessun requisito specifico
Gamma delle basi di misura	-20 a +60°C
Risoluzione	0,1°C
Precisione	<+/-0,5°C
Temperatura di esercizio	-20 a +80°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Temperatura di sopravvivenza	+250°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore della temperatura della strada sarà fissato alla sommità della lamiera in acciaio dell'impalcato prima dell'applicazione dello strato impermeabile/del manto stradale. La disposizione del sensore sarà soggetta all'approvazione da parte dei progettisti strutturali del ponte durante il Progetto Esecutivo. Teoricamente, il sensore verrà posizionato al centro della corsia di emergenza. Nella lamiera in acciaio dell'impalcato verrà praticato un foro del diametro di 20mm

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

con tappo in nylon per l'alimentazione del cavo dati, che passerà attraverso un foro di diametro equivalente nel tappo in nylon. Il cavo sarà fissato all'impalcato mediante micro-saldatura di una lamina metallica che agirà da vincolo. Il sensore verrà posizionato entro 100mm dal foro allineato su una linea parallela all'asse longitudinale del ponte. Il foro sarà progettato dai progettisti strutturali del ponte. Il tappo in nylon ed il sensore dovranno essere in grado di resistere alle maggiori temperature che si verranno a creare durante la posa del manto stradale.

I dati saranno espressi in °C.

### 5.2.15 Accelerometro 1D (1)

Accelerometro 1D per la misurazione delle vibrazioni dei giunti di dilatazione, A(1).

Tipo di sensore	Capacitivo
Gamma delle basi di misura dell'accelerazione	-/+2 g
Gamma delle basi di misura della frequenza	0,05 a 50Hz
Risoluzione	1000 micro-g
Precisione	<+/-1000 micro-g
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'accelerometro verrà fissato direttamente alla traversa dei giunti di dilatazione, a 1,0 m dall'estremità vincolata della traversa e al di sotto del centro della corsia a traffico rallentato. L'alimentazione da parte del cavo dati arriverà fino all'estremità vincolata della traversa dei giunti di dilatazione. Il cavo dati sarà fissato direttamente alla traversa.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

I dati sono espressi in  $m/s^2$ .

L'asse sarà allineata verticalmente verso l'alto.

### 5.2.16 Accelerometro 1D (2)

Accelerometro 1D per la misurazione della vibrazione dell'appoggio sui giunti di dilatazione, A(1).

Tipo di sensore	Capacitivo
Gamma delle basi di misura dell'accelerazione	-/+2 g
Gamma delle basi di misura della frequenza	0,05 a 50Hz
Risoluzione	1000 micro-g
Precisione	<+/-1000 micro-g
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'accelerometro verrà fissato al supporto verticale della struttura dell'impalcato del ponte, a 100mm al di sopra dell'appoggio. I cavi saranno fissati in modo tale che non siano a rischio di danno per effetto dei movimenti dell'impalcato relativamente alla struttura terminale.

I dati saranno espressi in  $m/s^2$ .

L'asse sarà allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte verso la Sicilia (Nord teorico).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

### 5.2.17 Accelerometro 2D (1)

Accelerometro 2D per la misurazione della dinamica dei pendini, A(2).

Tipo di sensore	Capacitivo
Gamma delle basi di misura dell'accelerazione	-/+2 g
Gamma delle basi di misura della frequenza	0,05 a 50Hz
Risoluzione	1000 micro-g
Precisione	<+/-1000 micro-g
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'accelerometro verrà fissato al pendino a 10.000mm+/-10mm al di sopra del centro del perno inferiore o in corrispondenza del punto terzo inferiore a seconda di quale dei due è minore oppure nella posizione delle eventuali unità di ammortizzatori a osso di cane. L'accelerometro verrà fissato direttamente al pendino per la misurazione diretta delle accelerazioni del pendino stesso. L'accelerometro verrà fissato con dei dispositivi dotati di raccordi antimanomissione.

Per l'alimentazione, il cavo dati dell'accelerometro scenderà a livello di impalcato a spirale sui pendini con più di un giro ogni 900mm e sarà fissato ad intervalli di max. 1 m prima di entrare nell'impalcato attraverso un foro con premistoppa nella trave in pendenza. Gli attacchi non dovranno danneggiare la guaina dei pendini. Il foro sarà dettagliato dai progettisti strutturali del ponte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

I dati saranno espressi in  $m/s^2$ .

L'asse X sarà allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte verso la Sicilia (Nord teorico) e l'asse Y trasversalmente all'asse longitudinale del ponte.

### 5.2.18 Accelerometro 2D (2)

Accelerometro 2D per la misurazione della dinamica dei pendini (e la dinamica di altri elementi del ponte) mediante apparecchiatura mobile, A(2).

Tipo di sensore	Capacitivo
Gamma delle basi di misura dell'accelerazione	-/+2 g
Gamma delle basi di misura della frequenza	0.05 to 25Hz
Risoluzione	100 micro-g
Precisione	<+/-100 micro-g
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

I fissaggi saranno dettagliati e forniti per ciascun pendino. La loro progettazione sarà tale da limitare l'installazione ad un solo orientamento e da fissare l'accelerometro direttamente al pendino per la misurazione diretta delle relative accelerazioni. I fissaggi saranno dotati di codici a barre per un'identificazione univoca compatibile con i lettori dei codici a barre previsti con i computer di controllo portatili. I fissaggi verranno collegati ai pendini a 1.500mm+/-10mm al di sopra del centro del perno del pendino o in corrispondenza del punto terzo inferiore, a seconda di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

quale dei due è minore. I fissaggi saranno dotati di raccordi antimanomissione. L'insieme (fissaggio ed accelerometro montato) sarà progettato contro il furto.

I dati saranno espressi in  $m/s^2$ .

I fissaggi dei pendini saranno dettagliati in modo tale che l'asse X dell'accelerometro sia allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte verso la Sicilia (Nord teorico) e l'asse Y trasversalmente all'asse longitudinale del ponte.

### 5.2.19 Accelerometro 3D (1)

Accelerometro 3D per la misurazione della dinamica dell'impalcato, del cavo principale e delle torri, A(3).

Tipo di sensore	Capacitivo
Gamma delle basi di misura dell'accelerazione	-/+2 g
Gamma delle basi di misura della frequenza	0,01 a 25Hz
Risoluzione	100 micro-g
Precisione	<+/-100 micro-g
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'accelerometro verrà fissato direttamente alla carpenteria metallica strutturale per la misurazione diretta delle accelerazioni dell'impalcato, del cavo principale e delle torri. Nell'impalcato e sulle torri, l'accelerometro verrà installato in modo tale da non rilevare vibrazioni diverse dalle vibrazioni strutturali complessive, ivi incluse le vibrazioni causate dai macchinari e dalle persone in transito o

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

dai macchinari adiacenti che trasmettono vibrazioni. Sui cavi principali gli accelerometri saranno installati in modo tale da ridurre al minimo la reazione non strutturale, ad es. le vibrazioni causate dai carroponi in transito o dai carichi operativi.

Per l'accelerometro installato sul cavo principale, in mancanza di un'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati sul morsetto del cavo, il cavo dati di alimentazione scenderà a livello di impalcato a spirale sui pendini con più di un giro ogni 900mm e fissato ad intervalli di max. 1 m prima di entrare nell'impalcato attraverso un foro con premistoppa nella trave in pendenza. Gli attacchi non dovranno danneggiare la guaina dei pendini. Il foro sarà dettagliato dai progettisti strutturali del ponte.

I dati saranno espressi in  $m/s^2$ .

Per l'impalcato: l'asse X sarà allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte verso la Sicilia (Nord teorico) e l'asse Y verticalmente verso l'alto, mentre l'asse Z sarà allineata trasversalmente all'asse longitudinale del ponte.

Per le torri: l'asse X sarà allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte verso la Sicilia (Nord teorico), l'asse Y verticalmente verso l'alto lungo l'asse longitudinale delle torri e l'asse Z trasversalmente all'asse longitudinale del ponte.

Per i cavi principali: l'asse X sarà allineata lungo l'asse longitudinale locale del cavo principale verso la Sicilia, l'asse Y si troverà sul piano definito dall'asse longitudinale locale del cavo principale e sarà allineata verticalmente verso l'alto e l'asse Z sarà allineata trasversalmente all'asse longitudinale del ponte.

### 5.2.20 Accelerometro 3D (2)

Accelerometro 3D per la misurazione delle caratteristiche di eventi sismici, SA(3).

Tipo di sensore	Servo, con segnale di lettura zero con accoppiamento capacitivo per l'eliminazione dell'errore indotto dal
Gamma delle basi di misura dell'accelerazione	-/+2 g
Gamma delle basi di misura della frequenza	0 a 50Hz



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Risoluzione	1 micro-g
Precisione	<+/-2 micro-g
Rumore in uscita	<1micro-g
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'accelerometro verrà fissato ad una struttura rigida annessa nel terreno, ad es. direttamente sulle fondazioni, per la misurazione diretta delle accelerazioni del terreno. L'accelerometro verrà installato in modo tale da ridurre al minimo la risposta non dovuta ad accelerazioni sismiche del terreno, ad es. veicoli in transito, sistemi di transito sopra e sotto terra, carichi operativi.

L'accelerometro installato in zona remota sarà collegato alla rete WAN e dotato di collegamento wireless alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati dell'ancoraggio. Il collegamento wireless è necessario per la fase di costruzione e funzionerà come collegamento di comunicazione di back-up in caso di disservizio della rete WAN.

I dati saranno espressi in  $m/s^2$ .

L'asse X sarà allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte verso la Sicilia (Nord teorico) e l'asse Y verticalmente verso l'alto, mentre l'asse Z sarà allineata trasversalmente all'asse longitudinale del ponte.

### 5.2.21 Inclinometro statico 2D

Inclinometro statico 2D per la misurazione della risposta statica, SIN(2).

Tipo di sensore	Servo riferito al bilanciamento della forza o alla gravità
Gamma delle basi di misura	-/+10 °

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

dell'inclinazione	
Gamma delle basi di misura della frequenza	0 a 1Hz
Risoluzione	0,001 °
Precisione	<+/-0,001 °
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'inclinometro statico verrà fissato direttamente alla carpenteria metallica strutturale o al calcestruzzo strutturale per la misurazione diretta della sommità della torre, della sella dei blocchi di ancoraggio, del cavo principale e delle inclinazioni dei blocchi di ancoraggio. L'inclinometro statico verrà installato in modo tale da non rilevare vibrazioni diverse dalle vibrazioni strutturali complessive, ivi incluse le vibrazioni causate dai macchinari e dalle persone in transito o dai macchinari adiacenti che trasmettono vibrazioni.

I dati verranno espressi in gradi.

L'asse X sarà allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte verso la Sicilia (Nord teorico) e l'asse Y orizzontalmente trasversalmente all'asse longitudinale del ponte .

### 5.2.22 Inclinometro dinamico 2D

Inclinometro dinamico 2D per la misurazione delle caratteristiche di eventi sismici, DIN(2).

Tipo di sensore	Servo riferito alla gravità
Gamma delle basi di misura dell'inclinazione	-/+10 °
Gamma delle basi di misura della frequenza	0 a 25 Hz

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Risoluzione	0,001 °
Precisione	<+/-0,001 °
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'inclinometro dinamico verrà fissato a una struttura rigida annegata nel terreno, ad es. direttamente sulle fondazioni, per la misurazione diretta delle inclinazioni del terreno. L'inclinometro dinamico verrà installato in modo tale da ridurre al minimo la risposta non dovuta a vibrazioni sismiche del terreno, ad es. veicoli in transito, sistemi di transito sopra e sotto terra, carichi operativi.

L'inclinometro dinamico, che deve essere installato sulla scarpata sottomarina, verrà collegato al caposaldo di indagine dei movimenti del terreno. I cavi di potenza e dati correranno lungo il fondo marino, in condotti adeguatamente dettagliati e sotterranei fino ad arrivare alle stazioni di terra situate vicino alle fondazioni delle torri. Le stazioni di terra saranno collegate alla rete WAN e dotate di collegamento wireless alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati dell'ancoraggio. Il collegamento wireless è necessario per la fase di costruzione e funzionerà come collegamento di comunicazione di back-up in caso di disservizio della rete WAN.

L'inclinometro dinamico installato in zona remota sarà collegato alla rete WAN e dotato di collegamento wireless alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei dati dell'ancoraggio. Il collegamento wireless è necessario per la fase di costruzione e funzionerà come collegamento di comunicazione di back-up in caso di disservizio della rete WAN.

I dati verranno espressi in gradi.

L'asse X sarà allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte verso la Sicilia (Nord teorico) e l'asse Y orizzontalmente trasversalmente all'asse longitudinale del ponte .

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

### 5.2.23 Sensore di temperatura a fibre ottiche (1)

Sensore di temperatura a fibre ottiche per la misurazione della temperatura dell'acciaio sulla superficie della carpenteria metallica strutturale (esclusi i cavi principali) mediante sensore multiplo montato in superficie, ST.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche montato in superficie privo di sollecitazioni con Reticoli di Bragg in fibra e con interrogatore mutiplexer con reticolo di Bragg in fibra per la lettura delle temperature
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	Come richiesto
Lunghezza del cavo incassato	Non applicabile
Lunghezza totale del cavo	Come richiesto
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito specifico
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	-2.000 (compressione) a 2.000 (tensione) microdeformazione
Gamma delle basi di misura	-20 a +60°C
Lunghezza del reticolo di Bragg in fibra	<100mm
Risoluzione	0,1°C
Precisione	<+/-0,5°C
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Durata	Come richiesto
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore di deformazione a fibre ottiche sarà fissato al punto di misurazione. Le lunghezze intermedie del cavo a fibre ottiche saranno posizionate in condotti per cavi adeguatamente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

dettagliati ed installati per garantire la durata. Il cavo a fibre ottiche sarà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multiplexer multicanale e unità del tipo a interruttori da condividere con altri sensori a fibre ottiche.

I dati saranno espressi in gradi centigradi.

#### 5.2.24 Sensore di temperatura a fibre ottiche (2)

Sensore di temperatura a fibre ottiche per la misurazione della temperatura dell'acciaio all'interno dei cavi principali mediante sensore incassato continuo, ST.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche incassato, privo di sollecitazioni (senza reticoli di Bragg in fibra) con interrogatore per la lettura distribuita delle temperature basata sul processo di diffusione Raman
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	11
Lunghezza del cavo incassato	5400m
Lunghezza totale del cavo	5400m dalla parte posteriore della camera di ancoraggio alla parte posteriore della stessa
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	5.4mm
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	0 a 7.000 microdeformazione (tensione)
Gamma delle basi di misura	-20 a +60°C
Risoluzione spaziale	1m
Risoluzione	0,1 °C
Precisione	<+/-0,5 °C
Temperatura di esercizio	-20 a +60 °C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto per resistere alla procedura di installazione; diametro della bobina =

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

	1500 mm; tensione radiale in servizio proveniente dal morsetto cavo = 15 MPa
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

I flussi dati registrati dal sensore di temperatura a fibre ottiche saranno analizzati per produrre i dati degli 11 punti di misurazione definiti lungo il sensore, di cui 4 devono essere inseriti nel flusso dati SHMS e 7 devono essere inviati al Server di memorizzazione dati SHMS per la memorizzazione di dati supplementari. I punti di misura definiti dovranno trovarsi ad una distanza inferiore ad 1 m dal morsetto cavo.

I cavi a fibre ottiche verranno installati all'interno del cavo principale attraverso un processo di fabbricazione e installazione dei trefoli del cavo principale. Il cavo a fibre ottiche sostituirà uno dei fili del trefolo sulla superficie superiore. All'interno di un trefolo verrà installato al massimo un cavo a fibre ottiche. Il cavo a fibre ottiche sarà installato su una bobina di tipo standard adatta per la fabbricazione del trefolo. Il cavo a fibre ottiche verrà estratto dalla bobina e montato e compattato con gli altri fili in acciaio a formare il trefolo. Il trefolo sarà dotato di reggette per il mantenimento della forma ed alimentato direttamente su una bobina di stoccaggio e trasporto. Il cavo a fibre ottiche non verrà incluso nella formazione dei capicorda a ciascuna estremità del trefolo per permetterne l'accesso per l'interrogazione dei segnali. Il cavo a fibra ottica deve essere dotato di impiombatura a ciascuna estremità e qualsiasi lunghezza non supportata del cavo a fibre ottiche deve essere assicurata al trefolo in modo da proteggere il cavo a fibre ottiche da danni causati da maneggiamenti del trefolo. In cantiere, il trefolo verrà estratto dalla bobina di trasporto e tirato lungo il ponte al di sopra delle selle dei blocchi di ancoraggio e sulle sommità delle torri per essere messo in posizione all'interno del cavo principale. I trefoli assemblati verranno compattati e dotati di morsetti cavi e filo di avvolgimento. Questo tipo di installazione dei cavi in fibra ottica non è stato comprovato. I cavi a fibra ottica dovranno ottenere la forma ed il diametro dei fili in acciaio. La puleggia dovrà essere progettata in modo adeguato per resistere al processo di installazione ed al funzionamento. I cavi a fibra ottica dovranno essere accuratamente dettagliati in modo da non influenzare il deterioramento catodico del cavo principale. Saranno necessari degli esperimenti di prova per garantire lo sviluppo di un cavo a fibre ottiche in grado di resistere al processo di installazione ed al funzionamento richiesti.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multicanale e unità del tipo a interruttori.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Il cavo a fibre ottiche che fuoriesce dal cavo principale nei blocchi di ancoraggio sarò posizionato in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per garantire la durata. Il cavo a fibre ottiche dovrà essere posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore.

I dati verranno espressi in gradi centigradi.

### 5.2.25 Sensore di temperatura a fibre ottiche (3)

Sensore di temperatura a fibre ottiche per la misurazione della temperatura dell'acciaio all'interno dei cavi principali mediante sensore singolo incassato, ST.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche incassato, privo di sollecitazioni con singolo reticolo ed interrogatore a reticolo di Bragg in fibra per la lettura della temperatura
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	1
Lunghezza del cavo incassato	12m
Lunghezza totale del cavo	60m dal morsetto al fondo del portale della torre
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	0 a 5,000 microdeformazione (tensione)
Gamma delle basi di misura	-20 a +60°C
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<100mm
Risoluzione	0,1°C
Precisione	<+/-0,5 °C
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto per resistere alla procedura di installazione; tensione radiale in

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

	servizio proveniente dal morsetto cavo = 15 MPa
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il cavo a fibre ottiche verrà installato all'interno del cavo principale durante l'installazione in cantiere dei trefoli. Il cavo a fibre ottiche verrà posato e fissato alla sommità del trefolo adeguatamente installato prima del posizionamento di trefoli successivi. Il reticolo di Bragg in fibra sarà situato ad 1 m al di là del primo morsetto, con il cavo a fibre ottiche alimentato dal cavo principale in corrispondenza dell'allargamento del trefolo. Un cavo a fibre ottiche massimo verrà installato su un trefolo. I trefoli assemblati verranno compattati e dotati di morsetti cavi e di filo di avvolgimento. Questo tipo di installazione dei cavi in fibra ottica non è stata comprovata. La puleggia del cavo a fibre ottiche dovrà essere progettata in modo adeguato per resistere al processo di installazione ed al funzionamento. Il cavo a fibra ottica dovrà essere accuratamente dettagliato in modo da non influenzare il deterioramento catodico del cavo principale. Saranno necessari degli esperimenti di prova per garantire lo sviluppo di un cavo a fibre ottiche in grado di resistere al processo di installazione ed al funzionamento richiesti.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multicanale e unità del tipo a interruttori da condividere con altri sensori a fibre ottiche.

Il cavo a fibre ottiche che fuoriesce dal cavo principale sarà posizionato in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per una garanzia della durata e, se montati esternamente, per la protezione contro le radiazioni solari. Il cavo a fibre ottiche dovrà essere posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore. Il cavo a fibre ottiche correrà all'interno di un involucro fino alla sella dove uscirà dall'involucro attraverso un foro con premistoppa. Esso continuerà il suo percorso fino alla scala di accesso della sella e giù verso il portale superiore prima di entrare nella gamba della torre attraverso un foro con premistoppa. I fori saranno dettagliati dai progettisti strutturali del ponte.

I dati saranno espressi in gradi centigradi.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

### 5.2.26 Sensore di temperatura a fibre ottiche (4)

Sensore di temperatura a fibre ottiche per la misurazione della temperatura dell'acciaio sulla superficie dei cavi principali mediante sensore multiplo montato in superficie, ST.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche montato in superficie, privo di sollecitazioni con reticoli di Bragg in fibra multipli ed interrogatore multiplexer a reticolo di Bragg in fibra per la lettura della temperatura
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	Come richiesto
Lunghezza del cavo incassato	Non applicabile
Lunghezza totale del cavo	60m dal morsetto al fondo del portale della torre
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	0 a 5.000 microdeformazione (tensione)
Gamma delle basi di misura	-20 a +60°C
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<100mm
Risoluzione	0,1 °C
Precisione	<+/-0,5 °C
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore di temperatura a fibre ottiche verrà installato dopo la costruzione del cavo principale. Sulle sommità delle torri, e a metà campata, il sensore di temperatura a fibre ottiche sarà collegato direttamente ai fili del cavo principale, che avranno un diametro di 5,4mm. Un nastro d'acciaio con

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

fori di accesso dovrà essere previsto nelle immediate vicinanze del morsetto del primo cavo. I fori di accesso verranno sigillati dopo l'installazione del sensore. Il nastro d'acciaio con fori di accesso verrà dettagliato dai progettisti strutturali del ponte.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multiplexer multicanale e unità del tipo a interruttori da condividere con altri sensori a fibre ottiche.

Il cavo a fibre ottiche sarà posizionato in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per una garanzia della durata e, se montati esternamente, per la protezione contro le radiazioni solari. Il cavo a fibre ottiche verrà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore. Nei punti in cui il cavo a fibre ottiche corre lungo il cavo principale, esso verrà posizionato all'esterno della zona di camminamento definita dai corrimano del cavo principale. Il cavo a fibre ottiche verrà fissato ad intervalli di max. 2m. Gli attacchi non dovranno danneggiare il cavo principale. Sulle sommità delle torri, il cavo a fibre ottiche correrà all'esterno dell'involucro fino alla sella e quindi verso la scala di accesso di quest'ultima giù verso il portale superiore prima di entrare nella gamba della torre attraverso un foro con premistoppa dettagliato dai progettisti strutturali del ponte. A metà campata, in assenza di un'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati sul morsetto del cavo, il cavo dati di alimentazione scenderà a livello dell'impalcato a spirale sui pendini con più di 1 giro ogni 900mm e fissato a intervalli di massimo 1 m prima di entrare nell'impalcato attraverso un foro con premistoppa nella trave in pendenza. Gli attacchi non danneggeranno la guaina dei pendini. Il foro sarà dettagliato dai progettisti strutturali del ponte.

I dati saranno espressi in gradi centigradi.

### 5.2.27 Sensore di Deformazione a Fibre Ottiche (1)

Sensore di deformazione a fibre ottiche per la misurazione della tensione uniassiale dell'acciaio sulla superficie della carpenteria metallica strutturale (con l'esclusione dei cavi principali, delle barre di ancoraggio dei trefoli del cavo principale, dei pendini, della lamiera dell'impalcato ortotropico e dei tiranti delle torri) mediante sensore multiplo montato in superficie, SG.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche con compensazione della temperatura montato in superficie con reticoli di Bragg in fibra multipli e con interrogatore multiplexer a reticolo di Bragg in fibra per le letture della tensione
-----------------	---

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	Come richiesto
Lunghezza del cavo incassato	Non applicabile
Lunghezza totale del cavo	Come richiesto
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	- 2.000 (compressione) a 2.000 (tensione) microdeformazione
Gamma delle basi di misura	- 355 (compressione) a 355 (tensione) MPa
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<100mm
Risoluzione	0.5 MPa (2-microdeformazione)
Precisione	<+/-1 MPa (< +/-5 microdeformazione)
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore di deformazione a fibre ottiche dovrà essere pre-sollecitato per consentire la misurazione sull'intera gamma delle basi di misura.

Il sensore di deformazione a fibre ottiche sarà fissato al punto di misurazione. Le lunghezze intermedie del cavo a fibre ottiche, tra sensori di deformazione a fibre ottiche, saranno posizionate in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per garantire la durata. Il cavo a fibre ottiche sarà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multiplexer multicanale da condividere con altri sensori a fibre ottiche. Non verranno usate unità del tipo a interruttori. I dati di tensione dovranno essere sincronizzati attraverso l'intera struttura.

I dati saranno espressi in MPa.

Un aumento della tensione di trazione sarà indicata da una variazione positiva del valore.

### 5.2.28 Sensore di deformazione a fibre ottiche (2)

Sensore di deformazione a fibre ottiche per la misurazione della tensione uniassiale sulla lamiera dell'impalcato ortotropico mediante sensore multiplo montato in superficie, SG.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche con compensazione della temperatura montato in superficie con reticoli di Bragg in fibra multipli e con interrogatore multiplexer a reticolo di Bragg in fibra per le letture della tensione
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	Come richiesto
Lunghezza del cavo incassato	Non applicabile
Lunghezza totale del cavo	Come richiesto
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	- 2.000 (compressione) a 2.000 (tensione) microdeformazione
Gamma delle basi di misura	- 355 (compressione) a 355 (tensione) MPa
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<10mm
Risoluzione	0,5 MPa (2-microdeformazione)
Precisione	<+/-1 MPa (<+/-5 microdeformazione)
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Durata	Come richiesto
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore di deformazione a fibre ottiche dovrà essere pre-sollecitato per consentire la misurazione sull'intera gamma delle basi di misura.

Il sensore di deformazione a fibre ottiche sarà fissato al punto di misurazione. Le lunghezze intermedie del cavo a fibre ottiche, tra sensori di deformazione a fibre ottiche, saranno posizionate in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per garantire la durata. Il cavo a fibre ottiche sarà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multiplexer multicanale da condividere con altri sensori a fibre ottiche. Non verranno usate unità del tipo a interruttori. I dati di tensione dovranno essere sincronizzati attraverso l'intera struttura.

I dati saranno espressi in MPa.

Un aumento della tensione di trazione sarà indicata da una variazione positiva del valore.

### 5.2.29 Sensore di deformazione a fibre ottiche (3)

Sensore di deformazione a fibre ottiche per la misurazione della tensione uniassiale sulla superficie dei pendini mediante sensore multiplo montato in superficie, SG.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche con compensazione della temperatura montato in superficie con reticoli di Bragg in fibra multipli e con interrogatore multiplexer a reticolo di Bragg in fibra per le letture della tensione
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	Come richiesto
Lunghezza del cavo incassato	Non applicabile
Lunghezza totale del cavo	Come richiesto
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	0 a 7.000 microdeformazione (tensione)
Gamma delle basi di misura	0 a 1400 MPa (tensione)
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<10mm
Risoluzione	0,5 MPa (2 micro-deformazione)
Precisione	<+/-1 MPa (+/-5 micro-deformazione)
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il cavo a fibre ottiche dovrà essere installato prima che il pendino venga sollevato in posizione. Il cavo a fibre ottiche verrà collegato direttamente ai fili dei pendini del diametro di 7,0mm. Un anello di guaina di 100mm verrà rimosso dal capocorda del pendino per l'installazione del cavo a fibre ottiche. Dopo l'installazione, l'anello di guaina verrà ripristinato e sigillato per garantire che la protezione del pendino non venga ridotta in alcun modo. Il cavo a fibre ottiche deve essere dotato di impiombatura alle estremità laddove fuoriesce dalla guaina e qualsiasi lunghezza non supportata del cavo a fibre ottiche deve essere assicurata al pendino al fine di proteggere il cavo a fibra ottica da eventuali danni al momento del maneggiamento del pendino.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multiplexer multicanale da condividere con altri sensori a fibre ottiche. Non verranno usate unità del tipo a interruttori. I dati di tensione dovranno essere sincronizzati attraverso l'intera struttura.

Il cavo a fibre ottiche sarà posizionato in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per una garanzia della durata e, se montati esternamente, per la protezione contro le radiazioni solari. Il cavo a fibre ottiche verrà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore. Il cavo a fibre ottiche uscirà dalla guaina e scenderà sul capocorda del pendino prima di entrare

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

nell'impalcato attraverso un foro con premistoppa nella trave in pendenza. Il foro sarà dettagliato da progettisti strutturali del ponte.

I dati saranno espressi in MPa.

Un aumento della tensione di trazione sarà indicata da una variazione positiva del valore.

### 5.2.30 Sensore di deformazione a fibre ottiche (4)

Sensore di deformazione a fibre ottiche per la misurazione della tensione uniassiale all'interno dei cavi principali mediante sensore singolo incassato, SG.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche con compensazione della temperatura con singolo reticolo di Bragg in fibra e con interrogatore a reticolo di Bragg in fibra per le letture della tensione
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	1
Lunghezza del cavo incassato	12m (sulle sommità delle torri ) 2m (in corrispondenza del blocco di ancoraggio)
Lunghezza totale del cavo	60m dal morsetto al fondo del portale della torre (sulla sommità della torre) 30m dal morsetto alla parte posteriore della camera di ancoraggio (in corrispondenza del blocco di ancoraggio)
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	0 a 5.000 microdeformazione (tensione)
Gamma delle basi di misura	400 a 1400 MPa (tensione)
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<100mm
Risoluzione	0,5 MPa (2-micro-deformazione)
Precisione	<+/-1 MPa (<+/-5 micro deformazione)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto per resistere alla procedura di installazione; tensione radiale in servizio dal morsetto cavo = 15 MPa
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il cavo a fibre ottiche verrà installato all'interno del cavo principale durante l'installazione in cantiere dei trefoli. Il cavo a fibre ottiche verrà posato e fissato alla sommità del trefolo adeguatamente installato prima del posizionamento di trefoli successivi. Il reticolo di Bragg in fibra sarà situato ad 1 m al di là del primo morsetto, con il cavo a fibre ottiche alimentato dal cavo principale in corrispondenza dell'allargamento del trefolo. Un cavo a fibre ottiche massimo verrà installato su un trefolo. I trefoli assemblati verranno compattati e dotati di morsetti cavi e di filo di avvolgimento. Questo tipo di installazione dei cavi in fibra ottica non è stato comprovato. La puleggia del cavo a fibre ottiche dovrà essere dettagliata in modo adeguato per resistere al processo di installazione ed al funzionamento. Il cavo a fibre ottiche deve essere adeguatamente dettagliato in modo tale da non influenzare il deterioramento catodico del cavo principale. Saranno necessari degli esperimenti di prova per garantire lo sviluppo di un cavo a fibre ottiche in grado di resistere al processo di installazione ed al funzionamento richiesti. I test di prova per il funzionamento e la resistenza, incluso collaudo dei requisiti di tenuta, sono stati dettagliati nell'Appendice 2.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori da condividere con altri sensori a fibre ottiche. Non verranno usate unità del tipo a interruttori. I dati di tensione dovranno essere sincronizzati attraverso l'intera struttura.

Il cavo a fibre ottiche che fuoriesce dal cavo principale sarà posizionato in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per una garanzia della durata e, se montati esternamente, per la protezione contro le radiazioni solari. Il cavo a fibre ottiche dovrà essere posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore. Sulle sommità delle torri, il cavo a fibre ottiche correrà all'interno di un involucro fino alla sella dove uscirà dall'involucro attraverso un foro con premistoppa. Esso continuerà il suo percorso fino alla scala di accesso della sella e giù verso il



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

portale superiore prima di entrare nella gamba della torre attraverso un foro con premistoppa. I fori saranno dettagliati da progettisti strutturali del ponte. In corrispondenza dei blocchi di ancoraggio il cavo a fibre ottiche uscirà dall'allargamento del trefolo andando direttamente nel blocco di ancoraggio.

I dati saranno espressi in MPa.

Un aumento della tensione di trazione sarà indicata da una variazione positiva del valore.

### 5.2.31 Sensore di deformazione a fibre ottiche (5)

Sensore di deformazione a fibre ottiche per la misurazione della tensione uniassiale sulla superficie dei cavi principali mediante sensore multiplo montato in superficie , SG.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche con compensazione della temperatura montato in superficie con reticoli di Bragg in fibra multipli e con interrogatore multiplexer a reticolo di Bragg in fibra per le letture della tensione
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	Come richiesto
Lunghezza del cavo incassato	Non applicabile
Lunghezza totale del cavo	60m dal morsetto al fondo del portale della torre 30m dal morsetto alla parte posteriore della camera di ancoraggio (in corrispondenza del blocco di ancoraggio )
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	0 a 5.000 microdeformazione (tensione)
Gamma delle basi di misura	400 a 1400 MPa (tensione)
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<100mm
Risoluzione	0,5 MPa (2 micro deformazione)
Precisione	<+/-1 MPa (<+/-5 micro deformazione)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore di deformazione a fibre ottiche verrà installato dopo la costruzione del cavo principale. Il sensore di deformazione a fibre ottiche sarà collegato direttamente ai fili del cavo principale, che avranno un diametro di 5,4mm. Un nastro d'acciaio con fori di accesso dovrà essere previsto nelle immediate vicinanze del morsetto del primo cavo. I fori di accesso verranno sigillati dopo l'installazione del sensore. Il nastro d'acciaio con fori di accesso verrà dettagliato dai progettisti strutturali del ponte.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multiplexer multicanale da condividere con altri sensori a fibre ottiche. Non verranno usate unità del tipo a interruttori. I dati di tensione dovranno essere sincronizzati attraverso l'intera struttura.

Il cavo a fibre ottiche sarà posizionato in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per una garanzia della durata e, se montati esternamente, per la protezione contro le radiazioni solari. Il cavo a fibre ottiche verrà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore. Nei punti in cui il cavo a fibre ottiche corre lungo il cavo principale, esso verrà posizionato all'esterno della zona di camminamento definita dai corrimano del cavo principale. Il cavo a fibre ottiche verrà fissato ad intervalli di max. 2m. Gli attacchi non dovranno danneggiare il cavo principale. Sulle sommità delle torri, il cavo a fibre ottiche correrà all'esterno dell'involucro fino alla sella e quindi verso la scala di accesso di quest'ultima giù verso il portale superiore prima di entrare nella gamba della torre attraverso un foro con premistoppa dettagliato dai progettisti strutturali del ponte. In corrispondenza dei blocchi di ancoraggio, il cavo a fibre ottiche correrà dentro i blocchi stessi. In corrispondenza dei pendini di tie down, in assenza di un'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati sul morsetto del cavo, il cavo dati di alimentazione scenderà a livello dell'impalcato a spirale sui pendini con più di 1 giro ogni 900mm e fissato a intervalli di massimo 1 m prima di entrare nell'impalcato attraverso un foro con premistoppa nella trave in pendenza. Gli

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

attacchi non danneggeranno la guaina dei pendini. Il foro sarà dettagliato dai progettisti strutturali del ponte.

I dati saranno espressi in MPa.

Un aumento della tensione di trazione sarà indicata da una variazione positiva del valore.

### 5.2.32 Sensore di deformazione a fibre ottiche (6)

Sensore di deformazione a fibre ottiche per la misurazione della tensione uniassiale dell'acciaio sulla superficie delle barre di ancoraggio dei trefoli del cavo principale mediante sensore multiplo montato in superficie , SG.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche con compensazione della temperatura montato in superficie con reticoli di Bragg in fibra multipli e con interrogatore multiplexer a reticolo di Bragg in fibra per le letture della tensione
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	Come richiesto
Lunghezza del cavo incassato	Non applicabile
Lunghezza totale del cavo	Come richiesto
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	0 a 5.000 microdeformazione (tensione)
Gamma delle basi di misura	0 a 1000 MPa (tensione)
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<100mm
Risoluzione	0,5 MPa (2 micro deformazione)
Precisione	<+/-1 MPa (<+/-5 micro deformazione)
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di	-20 a +60°C

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

stoccaggio	
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore di deformazione a fibre ottiche sarà fissato al punto di misurazione. Le lunghezze intermedie del cavo a fibre ottiche saranno posizionate in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per garantire la durata. Il cavo a fibre ottiche sarà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multiplexer multicanale da condividere con altri sensori a fibre ottiche. Non verranno usate unità del tipo a interruttori. I dati di tensione dovranno essere sincronizzati attraverso l'intera struttura.

I dati saranno espressi in MPa.

Un aumento della tensione di trazione sarà indicata da una variazione positiva del valore.

### 5.2.33 Sensore di deformazione a fibre ottiche (7)

Sensore di deformazione a fibre ottiche per la misurazione della tensione uniassiale dell'acciaio sulla superficie dei tiranti delle torri mediante sensore singolo montato in superficie , SG.

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche con compensazione della temperatura montato in superficie con singoli reticoli di Bragg in fibra e con interrogatore a reticolo di Bragg in fibra per le letture della tensione
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	1
Lunghezza del cavo incassato	Non applicabile
Lunghezza totale del cavo	Come richiesto
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	0 a 5.000 microdeformazione (tensione)
Gamma delle basi di misura	0 a 1000 MPa (tensione)
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<100mm
Risoluzione	0,5 MPa (2 micro deformazione)
Precisione	<+/-1 MPa (<+/-5 micro deformazione)
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il cavo a fibre ottiche che fuoriesce dall'alloggio dei tiranti sarà posizionato in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per garantire la durata. Il cavo a fibre ottiche sarà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore.

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multicanale da condividere con altri sensori a fibre ottiche. Non verranno usate unità del tipo a interruttori. I dati di tensione dovranno essere sincronizzati attraverso l'intera struttura.

I dati saranno espressi in MPa.

Un aumento della tensione di trazione sarà indicata da una variazione positiva del valore.

#### **5.2.34 Sensore di deformazione a fibre ottiche a rosetta con installazione a V**

Sensori di deformazione a fibre ottiche a rosetta con installazione a V per la misurazione dello stato di tensione sui morsetti del cavo principale, SG(3).

Tipo di sensore	Cavo a fibre ottiche con compensazione della temperatura montato in superficie
-----------------	--

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

	con reticoli di Bragg in fibra multipli e con interrogatore multiplexer a reticolo di Bragg in fibra per le letture della tensione
Numero dei punti di misura definiti per cavo a fibre ottiche	Come richiesto
Lunghezza del cavo incassato	Non applicabile
Lunghezza totale del cavo	Come richiesto
Diametro esterno del cavo (inclusa guaina esterna)	Nessun requisito particolare
Gamma delle deformazioni di durabilità del cavo	- 2.000 (compressione) a 2.000 (tensione) microdeformazione
Gamma delle basi di misura	- 355 (compressione) a 355 (tensione) MPa
Lunghezza del Reticolo di Bragg in fibra	<10mm
Risoluzione	0,5 MPa (2 micro deformazione)
Precisione	<+/-1 MPa (<+/-5 micro deformazione)
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 al 100%
Durata	Come richiesto
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore sarà formato da 3 sensori di deformazione a fibre ottiche installati a V. Il sensore di deformazione a fibre ottiche verrà pre-sollecitato per consentire la misurazione sull'intera gamma delle basi di misura.

Il sensore di deformazione a fibre ottiche verrà fissato nel punto di misurazione. Sarà prevista una copertura di protezione delle lunghezze intermedie del cavo a fibra ottica tra i sensori di deformazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Per ottimizzare la strategia dei registratori dati si potranno usare unità di interrogatori multiplexer multicanale da condividere con altri sensori a fibre ottiche. Non verranno usate unità del tipo a interruttori. I dati di tensione dovranno essere sincronizzati attraverso l'intera struttura.

Il cavo a fibre ottiche sarà posizionato in condotti per cavi adeguatamente dettagliati ed installati per una garanzia della durata e, se montati esternamente, per la protezione contro le radiazioni solari. Il cavo a fibre ottiche verrà posizionato ad una distanza sufficiente dalle fonti di concentrazione del calore per evitare che le letture vengano pregiudicate dall'emissione di calore. Nei punti in cui il cavo a fibre ottiche corre lungo il cavo principale, esso verrà posizionato all'esterno della zona di camminamento definita dai corrimano del cavo principale. Il cavo a fibre ottiche verrà fissato ad intervalli di max. 2m. Gli attacchi non dovranno danneggiare il cavo principale. Sulle sommità delle torri, il cavo a fibre ottiche correrà lungo il cavo principale fino alla sommità della torre. Il cavo a fibre ottiche correrà all'esterno dell'involucro fino alla sella e quindi verso la scala di accesso di quest'ultima giù verso il portale superiore prima di entrare nella gamba della torre attraverso un foro con premistoppa dettagliato dai progettisti strutturali del ponte. A metà campata, in assenza di un' Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati sul morsetto del cavo, il cavo dati di alimentazione scenderà a livello dell'impalcato a spirale sui pendini con più di 1 giro ogni 900mm e fissato a intervalli di massimo 1 m prima di entrare nell'impalcato attraverso un foro con premistoppa nella trave in pendenza. Gli attacchi non danneggeranno la guaina dei pendini. Il foro sarà dettagliato dai progettisti strutturali del ponte.

I dati saranno espressi in MPa.

Un aumento della tensione di trazione sarà indicata da una variazione positiva del valore.

### 5.2.35 Sensore di spostamento lineare (1)

Sensore di spostamento del valore lineare per la misurazione del movimento dei giunti di dilatazione, LD.

Tipo di sensore	Misurazione Elettronica della Distanza (EDM) o Laser, con riflettore a prisma
Gamma delle basi di misurazione	-2000 a 2000mm (alle estremità) -800 a 800mm (nelle torri per la campata principale) -100 a 100mm (nelle torri per la campata laterale)
Risoluzione	3 mm

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Precisione	<+/-3 mm
Requisiti Ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità d'esercizio	0 al 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

L'EDM/il Laser e relativo riflettore a prisma sull'altro lato del giunto di dilatazione sarà installato attraverso delle forature nei diaframmi terminali. Le forature avranno una dimensione di 100mm x 100mm e saranno dettagliate dai progettisti strutturali del ponte. Le scatole di alloggiamento dell'EDM/Laser e del riflettore a prisma dettagliate e fornite saranno fissate al diaframma terminale con una cerniera verticale. Ciascuna scatola sarà dotata di una guarnizione in gomma. Le scatole saranno chiuse con bulloni sul diaframma terminale. I cavi passeranno attraverso un foro con premistoppa sulla parte posteriore dell'alloggio. La disposizione sarà dettagliata in modo tale che non venga compromessa la tenuta dello spazio interno del ponte. Le scatole di alloggiamento dovranno ridurre al minimo l'accumulo di sporcizia sulle lenti dell'EDM/Laser e sul vetro del riflettore a prisma.

I dati saranno espressi in mm.

L'asse X sarà allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte. Una variazione positiva del valore starà ad indicare un aumento della spaziatura dei giunti di dilatazione.

### **5.2.36 Sensore di spostamento lineare (2)**

Sensore di spostamento del valore lineare per la misurazione dello spostamento degli ammortizzatori, LD.

I sensori per la misurazione dello spostamento lineare del pistone degli ammortizzatori saranno forniti ed installati dai costruttori degli ammortizzatori. Sarà previsto il coordinamento



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

dell'interfaccia del sensore con i registri dei dati. I segnali analogici in uscita (4-20mA) saranno disponibili attraverso contatti a potenziale libero nella scatola di giunzione locale. I segnali in uscita dovranno essere convertiti in dati di spostamento.

I dati saranno espressi in mm.

### 5.2.37 Sensore di spostamento lineare (3)

Sensore di spostamento del valore lineare per la misurazione del movimento del perno ammortizzatore all'interno delle piastre porta perni, LD.

Tipo di sensore	Trasduttore di spostamento del valore lineare con alloggiamento di protezione in acciaio inox e connessioni terminali suscettibili di rotazione
Gamma delle basi di misurazione	-5 a 5mm
Risoluzione	0,1 mm
Precisione	<+/-0,5 mm
Requisiti Ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità d'esercizio	0 al 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore di spostamento del valore lineare verrà fissato al centro della piastra di copertura del perno ad una estremità ed alla struttura, alla quale è collegata la piastra dei giunti interni, all'altra estremità. Sarà pure previsto un collegamento alle piastre dei giunti femmina per il controllo del movimento relativo del perno rispetto a tali piastre. I passaggi degli attacchi saranno imbullonati. Il sensore di spostamento del valore lineare sarà installato lungo l'orientamento nominale dell'ammortizzatore. Il sensore di spostamento del valore lineare installato consentirà delle

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

rotazioni a ciascuna estremità, ad es. per permettere la rotazione libera completa a 360° del perno e la variazione della posizione verticale ed orizzontale relativa delle estremità del sensore.

I dati saranno espressi in mm.

L'asse X sarà allineata lungo l'asse longitudinale dell'ammortizzatore. Lo scostamento del perno dalla piastra dei giunti interni sarà indicata da una variazione positiva del valore.

### 5.2.38 Sensore di spostamento lineare (4)

Sensore di spostamento del valore lineare per la misurazione del cavo principale rispetto allo spostamento della sella, LD.

Tipo di sensore	Trasduttore di spostamento del valore lineare con alloggiamento di protezione in acciaio inox e connessioni terminali suscettibili di rotazione
Gamma delle basi di misurazione	-5 a 5mm
Risoluzione	0,1 mm
Precisione	<+/-0,5 mm
Requisiti Ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità d'esercizio	0 al 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore di spostamento del valore lineare verrà fissato sul fondo di un trefolo del cavo principale ad una estremità ed alla sella all'altra estremità. Il fissaggio per l'attacco al trefolo sarà mantenuto in posizione per mezzo di reggette, che non dovranno danneggiare i fili del cavo principale o la protezione ambientale. Il fissaggio per l'attacco alla sella sarà imbullonato. Il sensore di spostamento del valore lineare sarà installato lungo l'orientamento del trefolo. Il sensore di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

spostamento del valore lineare installato consentirà delle rotazioni a ciascuna estremità, ad es. per permettere la variazione della posizione verticale ed orizzontale relativa delle estremità del sensore.

I dati saranno espressi in mm.

L'asse X sarà allineata lungo l'asse longitudinale del trefolo del cavo principale, al quale è collegata. Lo scostamento del trefolo dalla sella sarà indicato da una variazione positiva del valore.

#### **5.2.39 Sensore di spostamento lineare (5)**

Sensore di spostamento del valore lineare per la misurazione dello spostamento degli ammortizzatori di massa accordati, LD.

I sensori per la misurazione dello spostamento lineare degli ammortizzatori di massa accordati relativamente alla torre saranno forniti ed installati dai costruttori degli ammortizzatori di massa accordati. Sarà previsto il coordinamento dell'interfaccia del sensore con i registri dei dati. I segnali analogici in uscita (4-20mA) saranno disponibili attraverso contatti a potenziale libero nella scatola di giunzione locale. I segnali in uscita dovranno essere convertiti in dati di spostamento.

I dati saranno espressi in mm.

#### **5.2.40 Manometro della pressione idraulica (1)**

Manometro della pressione idraulica per la misurazione della pressione nei cilindri degli ammortizzatori, HP.

I sensori per la misurazione della pressione idraulica saranno forniti ed installati dai costruttori degli ammortizzatori. Sarà previsto il coordinamento dell'interfaccia del sensore con i registri dei dati. I segnali analogici in uscita (4-20mA) saranno disponibili attraverso contatti a potenziale libero nella scatola di giunzione locale. I segnali in uscita dovranno essere convertiti in dati di pressione.

I dati saranno espressi in kPa.

Un aumento della pressione sarà indicato da una variazione positiva del valore.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

#### 5.2.41 Manometro della pressione idraulica (2)

Manometro della pressione idraulica per la misurazione della pressione nei serbatoi di accumulo degli ammortizzatori, HP.

I sensori per la misurazione della pressione idraulica saranno forniti ed installati dai costruttori degli ammortizzatori. Sarà previsto il coordinamento dell'interfaccia del sensore con i registri dei dati. I segnali analogici in uscita (4-20mA) saranno disponibili attraverso contatti a potenziale libero nella scatola di giunzione locale. I segnali in uscita dovranno essere convertiti in dati di pressione.

I dati saranno espressi in kPa.

Un aumento della pressione sarà indicato da una variazione positiva del valore.

#### 5.2.42 Sensore della temperatura dell'olio

Sensore della temperatura dell'olio per la misurazione della temperatura dell'olio negli ammortizzatori, OT.

I sensori per la misurazione della temperatura dell'olio saranno forniti ed installati dai costruttori degli ammortizzatori. Sarà previsto il coordinamento dell'interfaccia del sensore con i registri dei dati. I segnali analogici in uscita (4-20mA) saranno disponibili attraverso contatti a potenziale libero nella scatola di giunzione locale. I segnali in uscita dovranno essere convertiti in dati di temperatura.

I dati saranno espressi in gradi centigradi.

#### 5.2.43 Sensore della corrosione del calcestruzzo

Sensore della corrosione del calcestruzzo per il rilevamento dello sviluppo di condizioni che portano alla corrosione dell'armatura del calcestruzzo, CC.

Tipo di sensore	Corrosione prevalente negli elementi in acciaio dolce
Numero degli elementi in acciaio dolce	4
Gamma delle basi di misura	-1 a +1 mA
Risoluzione	0,2 mA

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

Precisione	<+/-0,2 mA
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Il sensore della corrosione del calcestruzzo verrà fissato saldamente allo strato esterno della gabbia di rinforzo che si estende verso la superficie. La sonda del primo elemento in acciaio dolce sarà posizionata in linea con la superficie dello strato esterno della gabbia di rinforzo. Le altre tre sonde dell'acciaio dolce saranno posizionate equidistanti dalla superficie ed a profondità diverse. Il sensore della corrosione del calcestruzzo sarà annegato nella struttura in calcestruzzo. Il cavo che va al sensore sarà annegato al di sotto dello strato esterno della gabbia di rinforzo, tranne nei punti in cui fuoriesce dal calcestruzzo, nei quali uscirà perpendicolare alla superficie. Il sensore di corrosione del calcestruzzo sarà installato in modo tale da non compromettere l'integrità e la durata del calcestruzzo e del rinforzo.

I dati saranno espressi in mA.

#### 5.2.44 Sensore di pressione del terreno

Sensore di pressione del terreno per la misurazione della pressione assoluta orizzontale del terreno vicino alle fondazioni, P.

Tipo di sensore	Filo vibrante
Gamma delle basi di misura	0 a 3000kPa
Risoluzione	1kPa
Precisione	<+/-1kPa
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione all'acqua salina
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

I sensori di pressione del terreno saranno installati in fori di misura entro 1 m dalla superficie dei muri di sostegno. I fori di misura saranno riempiti con della terra di scavo, a condizione che tale materiale non sia inquinato. In caso contrario, si userà del materiale di riempimento sostitutivo comparabile non inquinato. I sensori saranno posizionati orizzontalmente per registrare la pressione orizzontale del terreno. Il processo di installazione dovrà ridurre al minimo l'impatto sulla pressione del terreno locale esistente.

I dati saranno espressi in kPa.

Un aumento della pressione sarà indicato da una variazione di valore positiva .

#### **5.2.45 Sensore di pressione interstiziale terreno-acqua**

Sensore di pressione interstiziale terreno-acqua a terra per la misurazione della pressione interstiziale terreno-acqua vicino alle fondazioni, IP.

Tipo di sensore	Filo vibrante
Gamma delle basi di misura	0 a 1000kPa
Risoluzione	1kPa
Precisione	<+/-1kPa
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione all'acqua salina
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

I sensori di pressione interstiziale terreno-acqua a terra saranno installati in fori di misura entro 1 m dalla superficie dei muri di sostegno. I fori di misura saranno riempiti con della terra di scavo, a condizione che tale materiale non sia inquinato. In caso contrario, si userà del materiale di riempimento sostitutivo comparabile non inquinato. I sensori saranno posizionati orizzontalmente per registrare la pressione interstiziale terreno-acqua orizzontale. Il processo di installazione dovrà ridurre al minimo l'impatto sulla pressione interstiziale terreno-acqua locale esistente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

I dati saranno espressi in kPa.

Un aumento della pressione sarà indicato da una variazione di valore positiva.

#### 5.2.46 Sensore video di spostamento

Sensore video di spostamento per la misurazione della dinamica dei pendini con apparecchi mobili.

Tipo di sensore	Video camera con illuminazione in cantiere per il funzionamento notturno o Radar Interferometrico a Microonde
Velocità massima di campionamento	100 immagini al secondo
Definizione delle immagini a 10m	<0,1mm
Gamma dei movimenti rilevabili a 10m	+/-100mm
Definizione del bersaglio a 10m	<+/-0,1mm
Risoluzione	0,1mm
Precisione	<+/-0,1mm
Requisiti ambientali	Adegato per l'esposizione ad ambienti marini e per le misurazioni diurne, notturne e con tempo umido
Temperatura di esercizio	-20 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-20 a +60°C
Gamma delle umidità d'esercizio	0 al 100%
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/hr
Alimentazione elettrica	24 V c.c.

Verrà eseguita una valutazione del costo, dell'affidabilità e dei vantaggi per un confronto tra un sistema basato sull'uso di una videocamera ed un sistema basato sull'uso del radar interferometrico a microonde. Nel caso in cui numerosi pendini possano essere monitorati contemporaneamente ed in modo affidabile con il radar interferometrico a microonde, la quantità di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

radar necessari sarà ridotta ad un minimo di 6, fatta salva l'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale, cui verrà sottoposta la valutazione. Il sistema finale sarà sottoposto al progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

Per ciascun pendino verranno dettagliati e forniti i bersagli, che dovranno essere tali da prevedere un punto di misura di riferimento definito per garantire misure ad alta precisione e risoluzione durante il giorno e la notte (con illuminazione) e con il tempo umido. I bersagli saranno dettagliati ed installati in modo tale che i programmi di ricognizione degli oggetti che elaborano le immagini possano distinguere le direzioni degli assi, ad es. asse allineata lungo l'asse longitudinale del ponte e asse allineata trasversalmente all'asse longitudinale del ponte. I bersagli saranno dettagliati ed installati per misurare direttamente le vibrazioni dei pendini. I codici a barre per l'identificazione univoca, previsti per i fissaggi degli accelerometri portatili, saranno usati per identificare il bersaglio di controllo. I bersagli saranno fissati ai pendini a 10.000mm+/-10mm al di sopra del centro del perno per pendini inferiori oppure in corrispondenza del terzo punto inferiore, a seconda di quale dei due è minore. I bersagli saranno fissati con raccordi antimanomissione.

Ciascuna videocamera (o radar) sarà dotata di un telaio di montaggio mobile dettagliato per l'installazione su ed il fissaggio ai fondelli dei pendini. Il fissaggio del telaio di montaggio non dovrà danneggiare il fondello del pendino o la protezione ambientale. Il telaio di montaggio sarà dettagliato in modo tale che la videocamera (o il radar) venga installata guardando verso il pendino, in una posizione tale da ottimizzare la vista del bersaglio per il rilevamento del punto di misura di riferimento durante le vibrazioni. Nel caso di un sistema radar, i fissaggi saranno dettagliati in modo tale che il radar possa essere installato in altri punti a piacere, ivi compresi i portali delle torri, per il controllo simultaneo di più pendini. L'insieme (fissaggio e videocamera (o radar) dovrà essere protetto contro il furto.

La videocamera (o il radar) dovrà essere compatibile con il server ed il computer di controllo portatili. Il software dovrà essere previsto per la registrazione e l'elaborazione delle immagini e per la conversione dei movimenti del punto di misura di riferimento in un flusso di dati degli spostamenti sulle assi di misura.

I dati saranno espressi in mm.

I bersagli dei pendini saranno dettagliati in modo tale che l'asse X del movimento registrato dovrà essere allineata orizzontalmente lungo l'asse longitudinale del ponte verso la Sicilia (Nord teorico) e l'asse Y trasversalmente all'asse longitudinale del ponte.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

### 5.2.47 Potenzimetro a semi-cella e perni

Potenzimetro a semi-cella e perni per il controllo della corrosione dell'armatura del calcestruzzo.

Tipo di sensore	Potenzimetro a semi-cella con voltmetro ad elevata impedenza e soluzione di contatto elettrico per l'esecuzione di test secondo la norma ASTM C876
Impedenza di ingresso voltmetro	>10MOhms se fatto funzionare con un fondo scala di 100mV
Gamma delle basi di misura	-1000 a 0mV
Risoluzione	20mV
Precisione	<+/-10mV con compensazione della temperatura
Soluzione di contatto elettrico	Come richiesto
Accessori per l'applicazione della soluzione di contatto elettrico	Come richiesto
Quantità della soluzione di contatto elettrico	Sufficiente per esaminare una volta tutta la superficie di calcestruzzo esposta
Tipo di cavo	A bassa resistenza
Lunghezza del cavo	Minimo 100m
Protezione del cavo	Isolamento ad annegamento diretto
Requisiti ambientali	Adatto per l'esposizione ad ambienti marini
Temperatura di esercizio	-40 a +60°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-40 a +60°C
Gamma delle umidità di esercizio	0 a 100%
Alimentazione elettrica	Batteria

Saranno previsti 3 potenziometri a semi-cella.

I perni per il controllo potenziometrico della corrosione saranno ricavati da una barra di rinforzo in acciaio del diametro minimo di 16mm piegata ad L. Una gamba sarà sovrapposta e legata alla gabbia di rinforzo delle fondazioni per una lunghezza min. di 100mm. L'altra gamba sposterà al di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

fuori della superficie delle fondazioni per min. 50mm, allineata perpendicolarmente alla superficie. Per ciascun perno sarà previsto un coperchio che dovrà:

- Proteggere contro la corrosione il perno esposto ed annegato
- Proteggere la superficie del calcestruzzo per un raggio di 100mm dal perno
- Eliminare il pericolo rappresentato dal perno esposto

Il perno dovrà essere installato in modo tale da non compromettere l'integrità e la durata del calcestruzzo e del rinforzo.

#### 5.2.48 Punti di riferimento

Punti di riferimento delle indagini tettoniche delle scarpate sottomarine.

I punti di riferimento per le indagini tettoniche saranno costituiti da strutture in calcestruzzo durature ancorate alla roccia sul fondo marino delle scarpate sottomarine. Il dettaglio e la posizione dei punti di riferimento saranno concordati con gli istituti sismologici locali.

#### 5.2.49 Sensore di temperatura dei binari ferroviari

Sensore di temperatura per la misurazione della temperatura dei binari ferroviari, ST.

Tipo di sensore	No requisiti specifici
Gamma di misura	Da -20 a +60 °C
Risoluzione	0.1°C
Precisione	+/-0.5°C
Temperatura di esercizio	Da -20 a +60 °C
Range di temperatura stoccaggio	Da -20 a +60 °C
Temperatura sopravvivenza	+60°C
Range di umidità di esercizio	Da 0 al 100%
Alimentazione elettrica	24 Vcc

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Il sensore per la rilevazione della temperatura della ferrovia deve essere assicurato a lato delle rotaie e non deve interferire con il funzionamento della ferrovia. I cavi devono essere installati in appositi condotti al fine di assicurarne una lunga durata; questi devono essere assicurati a intervalli regolari in modo tale da non interferire con l'uso o il funzionamento della ferrovia. Il cavo deve passare attraverso la piastra dell'impalcato in un punto definito dai progettisti strutturali del ponte. Un foro del diametro di 20 mm con passacavi sigillati deve essere praticato nella piastra dell'impalcato in acciaio per l'alimentazione dei cavi dati. Tale foro deve essere dettagliato dai progettisti strutturali. I dettagli relativi al sensore devono essere sviluppati insieme al fornitore delle rotaie ferroviarie ed essere oggetto di approvazione dei progettisti strutturali in fase di Progetto Esecutivo.

I dati saranno forniti in gradi centigradi.

#### **5.2.50 Sensore del tasso di corrosione**

Sensore del tasso di corrosione per il monitoraggio del tasso di corrosione (CR – corrosion rate) nei cavi principali.

Il sensore di Corrosione a Resistenza di Polarizzazione Lineare (LPR) Analatom, con gap di interdigitazione 150µm fra gli elettrodi, o similare, deve essere fornito. Si faccia riferimento all'Appendice 5 per informazioni sul sensore Analatom.

Il sensore LRP e i cavi-dati devono essere installati all'interno del cavo principale durante l'installazione sul sito del trefolo.

Laddove il sensore LRP è installato immediatamente dopo la strombatura dei trefoli del cavo principale (es: nella parte superiore della torre e vicino ai blocchi di ancoraggio), il sensore e il cavo-dati devono essere posizionati ed assicurati alla parte superiore del trefolo pertinente prima di posizionare i trefoli successivi. Il sensore deve essere collocato 1 m oltre il primo morsetto, con il cavo-dati che fuoriesce dal cavo principale in corrispondenza della strombatura del trefolo. Ad ogni trefolo è possibile installare al massimo un cavo-dati. I trefoli assemblati saranno compattati e adattati con morsetti dei cavi e filo di avvolgimento. L'installazione del sensore e del cavo-dati in questo modo non è stata provata. Il cavo –dati in particolare, dovrà essere adeguatamente dettagliato in termini di sopravvivenza e funzionamento al processo di installazione. Appositi collaudi devono quindi essere effettuati in modo da assicurare lo sviluppo di un cavo-dati in grado di resistere al processo di installazione e funzionante come richiesto.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Laddove il sensore LRP sia installato in remoto rispetto alla strombatura dei trefoli del cavo principale (es. a metà campata), il cavo-dati deve essere posto lungo l'allineamento dei fili del cavo principale e fuoriuscire sulla superficie del cavo principale. Una fascia in acciaio con fori di ingresso deve essere prevista in posizione immediatamente adiacente al morsetto più vicino. Tali fori di ingresso, devono essere sigillati dopo l'installazione del sensore. La fascia in acciaio con i fori di ingresso deve essere dettagliata dai progettisti strutturali del ponte. Il sensore e il cavo-dati devono essere posizionati e assicurati nella parte superiore del pertinente pendino di installazione prima di posizionare gli altri pendini. Il nodo dei sensori deve essere collocato in modo tale che i cavi-dati possono gradualmente scorrere lungo i fili del cavo principale e uscire dal cavo principale. Per ogni trefolo è possibile installare al massimo un cavo dati. I trefoli assemblati saranno compattati e adattati con morsetti dei cavi e filo di avvolgimento. L'installazione del sensore e del cavo-dati in questo modo non è stata provata. Il cavo -dati in particolare, dovrà essere adeguatamente dettagliato in termini di sopravvivenza e funzionamento al processo di installazione. Appositi collaudi devono quindi essere effettuati in modo da assicurare lo sviluppo di un cavo-dati in grado di resistere al processo di installazione e funzionante come richiesto.

Il cavo dati che esce dal cavo principale deve essere posizionato in condotti per cavi debitamente dettagliati e installati, in modo da assicurarne la durata; laddove montati all'esterno, bisogna prevedere una protezione contro le radiazioni solari. Il cavo dati deve essere posizionato ad una distanza sufficiente da fonti di calore concentrato, in modo tale che le letture non siano influenzate dall'emissione di calore. Nella parte superiore delle torri, il cavo dati deve percorrere la parte interna della copertura protettiva, fino alla sella dove uscirà dalla protezione mediante un foro con anello. Esso deve poi percorrere la scala di accesso della sella e scendere lungo il portale superiore prima di entrare nella gamba della torre mediante un foro con anello. I fori devono essere dettagliati dai progettisti strutturali del ponte. Ai blocchi di ancoraggio, il cavo-dati deve uscire dalla strombatura del trefolo, direttamente nel blocco di ancoraggio. A metà campata, se sul morsetto del cavo non vi è una IDRU, il cavo dati deve scendere a livello dell'impalcato a spirale lungo i pendini, con più di 1 giro ogni 900mm ed essere assicurato a intervalli di 1 m prima di entrare nell'impalcato per mezzo di un foro con anello nell'insieme inclinato. I punti di fissaggio non devono danneggiare il rivestimento dei pendini. Il foro deve essere dettagliato dai progettisti strutturali del ponte. Dove il cavo dati passa lungo il cavo principale, esso deve essere posizionato all'esterno della zona di camminamento definita dai corrimani del cavo principale. Il cavo dati deve essere assicurato ad intervalli di massimo 2 m. I fissaggi non devono danneggiare il cavo principale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

I dati devono essere forniti in mV.

### 5.2.51 Radar Interferometrico a micro-onde

Dovrà essere fornito il Radar Interferometrico a micro onde IDS Ingegneria Dei Sistemi IBIS-S o similare. Cfr. Appendice 4 per maggiori informazioni.

### 5.2.52 Sensore di deformazione di calibratura

Sensore di deformazione di calibratura per la calibratura dei sensori di deformazione a fibra ottica sulla superficie della struttura in acciaio (ad esclusione dei cavi principali, trefoli dei cavi principali, barre dei blocchi di ancoraggio, pendini, lastra dell' impalcato ortotropico e bulloni di ancoraggio della torre), CSG.

Tipo di sensore	Cavo vibrante
Range di durata deformazione del cavo	- 2,000 (compressione) to 2,000 (tensione) micro-strain
Range di misurazione	- 355 (compressione) to 355 (tensione) MPa
Risoluzione	0,5 MPa (2 micro-strain)
Precisione	<+/-1 MPa (<+/-5 micro-strain)
Temperatura di esercizio	-20 to +60 degC
Range temperatura di stoccaggio	-20 to +60 degC
Range umidità di esercizio	0 to 100%
Durata	Come richiesto
Alimentazione	24 VDC

Il sensore deve essere installato subito dopo il pertinente sensore di deformazione a fibra ottica.

Il sensore non deve essere collegato al sistema di gestione dati SHMS.

Il sensore deve essere fornito con tutto l'hardware e il software in modo tale che le letture possano essere rilevate mediante computer e server di monitoraggio portatili.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 6 Requisiti Minimi del Hardware del Sistema

### 6.1 Generale

#### 6.1.1 Classe di protezione minima

Tutto lo hardware all'interno della struttura (ad es. Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati, Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati, ecc.) dovrà essere installato in appositi armadi situati in ambienti interni condizionati (ad es. all'interno di cassoni impalcato, cassoni torri, blocchi di ancoraggio, ecc.). Per tutti gli armadi sarà prevista una classe di protezione minima IP65 quale definita nella norma IEC 60529. Gli armadi non dovranno mai essere installati all'esterno. Gli armadi dovranno essere fissati alla struttura. Per il posizionamento degli armadi sarà necessario un contatto con i progettisti strutturali del ponte.

Tutto lo hardware di sistema situato al di fuori della struttura, ad es. attorno alle fondazioni, in zona remota o al servizio dei sensori sulle scarpate sottomarine, sarà installato in armadi adatti per l'ambiente marino. Per tutti gli armadi sarà prevista una classe di protezione minima IP66W definita nella norma IEC 60529. Gli armadi saranno fissati alle strutture in calcestruzzo annegate, ad es. fondazioni. Per il posizionamento degli armadi sarà necessario un contatto con i progettisti strutturali del ponte.

I server sistemi centrali SHMS (SHMS MFS) saranno installati nell'edificio SCADA in un ambiente interno condizionato. La messa a disposizione dello spazio condizionato sarà responsabilità di terzi.

Tutti i computer di controllo portatili avranno una classe di protezione minima IP65.

Tutti i server di controllo portatili avranno una classe di protezione minima IP66W e saranno adatti per un ambiente marino. In caso di insufficiente classe di protezione del server si dovrà prevedere una protezione che conferisca al server una classe di protezione minima equivalente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

### 6.1.2 Durata

Tutto lo hardware di sistema ed i relativi armadi all'interno della struttura saranno di elevata qualità e robusta costruzione e in grado di resistere ai danni accidentali. Il danno accidentale è un rischio particolare presente durante la costruzione del ponte, in quanto gli apparecchi saranno installati durante la fabbricazione e prima del montaggio in cantiere. Tutto lo hardware di sistema ed i relativi armadi fuori e dentro la struttura dovranno essere in grado di resistere ad un urto meccanico derivante da una caduta di 1,5m (5 piedi). La preferenza dovrà andare agli apparecchi normalmente usati nelle installazioni in mare aperto. Ogni apparecchio che non soddisfi a questo criterio dovrà essere sottoposto ad una valutazione del rischio di danno. La valutazione del rischio avrà lo scopo di individuare tutte quelle azioni che rappresentano un rischio di danno per l'apparecchio, dalla consegna e per tutta la durata della vita utile dell'apparecchio stesso. Tra le speciali precauzioni si possono prevedere la fornitura di imballi supplementari, la costruzione di un contenitore di protezione, l'installazione di cartelli di avvertimento, ecc. Gli armadi che alloggeranno lo hardware di sistema dovranno essere fissati alla struttura, non avranno punti di leverismo, saranno dotati, dove possibile, di fissaggi antimanomissione e di lucchetti per evitare furti occasionali. Sarà necessario mantenere il contatto con i progettisti strutturali del ponte. I cavi dati e di potenza non saranno collegati direttamente alle strutture metalliche. Per l'installazione dei cavi dati e di potenza si dovranno applicare delle buone prassi domestiche. Per tutti i cavi dati e di potenza dovranno essere forniti dei condotti per cavi e delle passerelle porta-cavi opportunamente progettati ed installati. Sarà pure necessario il contatto con i progettisti strutturali del ponte. Tutti i computer ed i server di controllo portatili dovranno essere di elevata qualità e di robusta costruzione in grado di resistere ai danni accidentali e ad un urto meccanico derivante da una caduta di 1,5m (5 piedi).

I server sistemi centrali SHMS (SHMS MFS) dovranno essere installati nell'edificio SCADA. Sono richiesti gli standard di durata commerciali minimi.

### 6.1.3 Vibrazione

I ponti sono delle strutture dinamiche soggette a continue vibrazioni dovute al vento, al traffico, ecc. I componenti fisici di sistema, i relativi armadi di alloggiamento, i fissaggi, le connessioni posti all'interno della struttura dovranno essere dettagliati ed installati avendo ben presenti le continue vibrazioni strutturali comprendenti:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- vibrazione di grossa ampiezza e bassa frequenza dell'intero ponte
- vibrazione di piccola ampiezza ed elevata frequenza dell'elemento strutturale locale

In particolare, tutto lo hardware di sistema, i relativi armadi di alloggiamento, i fissaggi, le connessioni dovranno funzionare correttamente quando soggetti a vibrazioni delle strutture del ponte indotte da:

- Traffico ferroviario: ca. 200 treni al giorno
- Traffico stradale: ca. 140.000 vetture al giorno
- Vento ad alta velocità

I componenti dovranno resistere alle vibrazioni ed all'urto del terremoto che interessassero le strutture del ponte.

#### **6.1.4 Protezione elettrica**

Tutti i componenti hardware di sistema dovranno essere dotati di una protezione sufficiente contro la sovratensione elettrica causata da oscillazioni di potenza, interferenze elettromagnetiche dovute alla ferrovia, da lampi e pulsazioni elettromagnetiche causati da questi. La protezione può essere realizzata mediante parafulmini, sistemi di messa a terra, circuiti di fusibili contro le sovratensioni (switch-based), ponti ottici ecc.

Cfr. Documento CG1001-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-00-06 "Specifiche di progetto – Impianti meccanici ed elettrici" per maggiori informazioni.

#### **6.1.5 Alimentazione elettrica**

L'elettricità verrà alimentata al Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale da una alimentazione dedicata 230V installata da terzi nell'ambito dei servizi generali per il ponte.

Tutto lo hardware di sistema all'interno della struttura verrà collegato mediante spina nelle prese degli armadi adeguatamente dettagliati ed installati, sicuri e di adeguata tensione nominale. Le prese degli armadi saranno alimentate da un cavo di potenza collegato all'alimentazione elettrica dedicata. Il cavo di potenza sarà collegato all'alimentazione tramite spine particolari da collegare a prese particolari in grado di accogliere solo spine dal Sistema di Controllo dell'Integrità



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Strutturale. Le prese particolari saranno situate in armadi di alimentazione elettrica adeguatamente progettati ed installati. Le prese particolari e gli armadi di alimentazione elettrica e le spine particolari dovranno essere forniti da coloro che saranno responsabili della fornitura dell'alimentazione elettrica. Qualora siano richiesti dei trasformatori, questi dovranno essere dotati di registratori.

Il gruppo di continuità (UPS) sarà previsto per tutto lo hardware di sistema all'interno della struttura per permettere la continua misurazione e registrazione dei dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica. Il gruppo di continuità garantirà un funzionamento minimo di 6 ore dello hardware di sistema all'interno della struttura in caso di interruzione elettrica. Il software segnalerà immediatamente al Server Sistemi Centrali SHMS la mancanza di alimentazione elettrica fornendo un'indicazione della corrente residua nel gruppo di continuità. Il software arresterà i sistemi automaticamente e in modo sicuro prima della totale mancanza di corrente del gruppo di continuità. Il gruppo di continuità verrà caricato dalla rete di alimentazione, quando questa non è interrotta

Tutti i computer di controllo portatili saranno dotati di 3 batterie ciascuna e di un adattatore a.c. per l'alimentazione elettrica 230V. Ciascuna batteria avrà una carica utile minima di 6 ore.

Tutti i server di controllo portatili saranno collegati mediante spina all'alimentazione elettrica 230V.

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) sarà installato nell'edificio SCADA, dove saranno previste delle prese standard per l'alimentazione elettrica.

Il gruppo di continuità fornito per il Server Sistema Centrale SHMS (SHMS MFS) avrà una durata sufficiente per permettere ai sistemi di essere arrestati in maniera sicura senza interruzione .

#### **6.1.6 Colore**

Tutti i componenti SHMS che sono installati esternamente devono essere forniti in un colore che soddisfi lo schema di colore finale dell'elemento strutturale al quale è collegato, salvo quanto diversamente specificato o concordato con il progettista SHMS.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

## 6.2 Specificità

I requisiti minimi dello hardware di sistema qui previsti sono indicativi delle aspettative. La specifica finale del hardware di sistema richiederà uno sviluppo dettagliato del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale e sarà soggetta all'approvazione del progettista del Sistema.

### 6.2.1 Server Sistemi Centrali SHMS

Velocità del processore	Min. 3,1GHz
Numero dei nuclei	Min. 4
Architettura del Sistema Operativo	64-bit
Memoria ad Accesso Diretto	Min. 12Gb con possibilità di incremento
Numero dei dischi fissi (Hard Disks)	Min. 2
Spazio dell'unità disco fisso	Min. 320Gb per Unità
Connessione	10/100 RJ45/8 Ethernet LAN
Componenti aggiuntivi	Scrittore DVD, porta USB 2.0, Scheda grafica , porte per la tastiera, il mouse e lo schermo a colori
Numero di monitor	Min. 6
Tipo di monitor	Monitor a colori 24" LCD
Gamma delle temperature di esercizio	-0 a +50°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-0 a +50°C
Gamma dell'umidità di esercizio	10 a 90% a 25°C non-condensante

L'architettura di sistema dovrà consentire un uso di massima efficienza della memoria organizzata. I dati verranno elaborati da sistemi operativi in tempo reale assegnati a nuclei dedicati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) sarà dotato di una memoria tampone provvisoria che dovrà funzionare come:

- memoria dinamica dei dati ad alta definizione provvisori ricevuti di recente dai componenti SCADA del Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso ( Network TMS) e del Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS)
- memoria di rotazione dei dati ad alta definizione provvisori creati di recente dal Server Sistemi Centrali SHMS
- memoria di rotazione di dati recenti che devono essere utilizzati da altri componenti del sistema SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS)

La memoria tampone provvisoria dovrà essere in grado di conservare i seguenti dati:

- dati ad alta definizione provvisori degli ultimi 30 minuti ricevuti dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso ( Network TMS) e dal Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS)
- dati ad alta definizione provvisori degli ultimi 30 minuti creati dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- tutti i dati ad alta definizione provvisori SHMS degli ultimi 10 minuti, decimati a 100Hz
- tutti i dati ad alta definizione provvisori SHMS delle ultime 24 ore, decimati a 1/3Hz

I dati raccolti nella memoria tampone provvisoria dovranno essere continuamente sovrascritti e quelli memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza totale di energia e di arresto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) dovrà avere una capacità di memorizzazione provvisoria dei dati in caso di disservizio del collegamento al Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS). La memorizzazione dovrà essere sufficiente per conservare i dati elaborati per un periodo di 672 ore (ad es. dati storici, conteggio dei dati a pioggia, dati degli eventi, ecc.). Nel caso in cui la memoria dei dati provvisoria si riempia prima delle 672 ore di registrazione dei dati elaborati, i file degli eventi saranno sovrascritti, ad eccezione dei dati delle prime 24 ore. La memoria sarà cancellata solo dopo il trasferimento dei dati al Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS). La memoria verrà cancellata su istruzione dell'operatore solo dopo avvenuta

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

conferma del trasferimento dei dati. I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza totale di energia e di arresto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) dovrà essere dotato di una memoria dati aggiuntiva per la memorizzazione provvisoria dei dati ad alta definizione creati solo dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) in caso di disservizio del collegamento di un'Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) collegata al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). Dovrà essere prevista una memorizzazione dati sufficiente per i dati ad alta definizione provvisori raccolti nelle 24 ore. Inizialmente, i dati saranno registrati in continuo, ma verranno sovrascritti una volta che la memoria dati provvisoria sarà piena, ad eccezione dei dati delle prime 24 ore. Qualora la memoria provvisoria dei dati ad alta definizione si riempia prima delle 24 ore, verranno conservati solo i dati ad alta definizione provvisori registrati nelle prime 12 ore. La memoria dati verrà cancellata solo quando tutte le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) saranno ricollegate al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e tutti i segnali degli eventi saranno stati elaborati. La memoria dati sarà cancellata solo su istruzione dell'operatore. I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza completa di energia e di arresto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

## 6.2.2 Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)

Velocità del processore	Min. 3.1GHz
Numero dei nuclei	Min. 4
Architettura del Sistema Operativo	64-bit
Memoria ad Accesso Diretto	Min. 12Gb con possibilità di incremento
Numero dei dischi fissi (Hard Disks)	Min. 2
Spazio dell'unità disco fisso	Min. 320Gb per unità
Connessione	10/100 RJ45/8 Ethernet LAN
Componenti aggiuntivi	Scrittore DVD, porta USB 2.0, Scheda grafica, porte per la tastiera, il mouse e lo schermo a colori
Numero di monitor	Min. 1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Tipo di monitor	Monitor a color 19" LCD
Gamma delle temperature di esercizio	-0 a +50°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-0 a +50°C
Gamma dell'umidità di esercizio	10 al 90% a 25°C non condensante

L'architettura di sistema dovrà consentire un uso della massima efficienza della memoria organizzata. I dati verranno elaborati da sistemi operativi in tempo reale assegnati a nuclei dedicati.

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) dovranno essere dotate di una memoria tampone dinamica dei dati ad alta definizione recenti. La memoria tampone dovrà essere sufficiente per conservare i dati ad alta definizione registrati in 30 minuti. I dati raccolti nella memoria tampone provvisoria dovranno essere continuamente sovrascritti e non dovranno andare persi in caso di mancanza totale di energia e di arresto delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU).

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) dovranno avere una capacità di memorizzazione provvisoria dei dati in caso di disservizio del collegamento al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ed al Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS) o di una memoria dati ad alta definizione provvisoria solo in caso di disservizio del collegamento di un'altra Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) connessa al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ed al Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS). La memorizzazione dovrà essere sufficiente per conservare i dati elaborati per un periodo di 672 ore (ad es. dati storici, conteggio dei dati a pioggia, dati degli eventi, ecc.). Inizialmente, nel caso in cui la memoria dei dati provvisoria si riempia prima delle 672 ore di registrazione dei dati elaborati, i file degli eventi saranno sovrascritti, ad eccezione dei dati delle prime 24 ore. La memoria sarà cancellata solo dopo il trasferimento dei dati al Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS). La memoria verrà cancellata su istruzione dell'operatore solo dopo avvenuta conferma del trasferimento dei dati. I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza totale di energia e di arresto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). Inizialmente, i dati ad alta definizione provvisori saranno registrati, ma verranno sovrascritti una volta che la memoria dati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

provvisoria sarà piena, ad eccezione dei dati delle prime 24 ore. Qualora la memoria dei dati ad alta definizione provvisori si riempia prima delle 24 ore, verranno conservati solo i dati ad alta definizione provvisori registrati nelle prime 12 ore. Nel caso in cui la memoria dei dati provvisoria si riempia prima delle 672 ore di registrazione dei dati elaborati, i file degli eventi saranno sovrascritti, ad eccezione dei dati delle prime 24 ore. La memoria dei dati elaborati sarà cancellata solo dopo il trasferimento dei dati al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ed al Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS). La memoria dei dati elaborati verrà cancellata su istruzione dell'operatore solo dopo avvenuta conferma positiva del trasferimento dei dati. I dati ad alta definizione provvisori saranno cancellati solo dopo che tutte le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati saranno state ricollegate al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e tutti i segnali degli eventi saranno stati elaborati. La memoria dati sarà cancellata solo su istruzione dell'operatore. I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza completa di energia e di arresto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). La memoria dei dati ad alta definizione provvisori sarà cancellata solo su istruzione dell'operatore attraverso il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza totale di energia e di arresto delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU).

### 6.2.3 Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU)

Velocità del processore	Min. 3.1GHz
Numero di nuclei	Min. 4
Memoria ad accesso diretto	Min. 4Gb con possibilità di incremento
Numero dei dischi fissi	Min. 2
Spazio dell'unità disco fisso	Min. 320Gb per unità
Connessione	10/100 RJ45/8 Ethernet LAN
Componenti aggiuntivi	Scrittore DVD, porta USB 2.0, Scheda grafica, porte per la tastiera, il mouse e lo schermo a colori
Numero di monitor	Min. 1
Tipo di monitor	Monitor a colori da 19" LCD
Gamma delle temperature di esercizio	-0 a +50°C

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Gamma delle temperature di stoccaggio	-0 a +50°C
Gamma dell'umidità di esercizio	10 al 90% a 25°C non condensante

L'architettura di sistema dovrà consentire un uso della massima efficienza della memoria organizzata. I dati verranno elaborati da sistemi operativi in tempo reale assegnati a nuclei dedicati.

Le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) dovranno essere dotate di una capacità di memoria provvisoria dei dati per il loro trasferimento in caso di disservizio del collegamento alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati. La memoria dati dovrà essere sufficiente per una raccolta dei dati su min. 24 ore. I dati delle prime 24 ore non verranno sovrascritti. La memoria dati verrà cancellata solo dopo il trasferimento dei dati alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). La memoria dati verrà cancellata solo su istruzione proveniente dall'Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati dopo conferma dell'avvenuto trasferimento positivo dei dati stessi. I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza totale di energia e di arresto delle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU).

In caso sia prevista un'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) per il cavo principale, i cavi di potenza e di dati scenderanno a livello di impalcato a spirale sui pendini con più di un giro ogni 900mm e saranno fissati ad intervalli di max. 1 m prima di entrare nell'impalcato attraverso un foro con premistoppa nella trave in pendenza. Gli attacchi non dovranno danneggiare la guaina dei pendini. I fori saranno dettagliati dai progettisti strutturali del ponte.

L'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati non dovrà interferire con il funzionamento dei carroponi cavi e dovrà essere installata al di fuori delle zone di camminamento definite dai corrimani del cavo principale.

#### 6.2.4 Computer di Controllo Portatili

Velocità del processore	Min. 1.2GHz
Numero di nuclei	Min. 1
Memoria ad accesso diretto	Min. 2Gb

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Numero dei dischi fissi	Min. 1
Spazio dell'unità disco fisso	Min. 160Gb per unità
Connessione	10/100 RJ45/8 Ethernet LAN
Componenti aggiuntivi	Porta seriale, porta USB 2.0 port, slot SD, slot SDHC, Scheda grafica
Numero di monitor	Min. 1
Tipo di monitor	Monitor a colori da 10" LCD
Gamma delle temperature di esercizio	-0 a +50°C
Gamma delle temperature di stoccaggio	-0 a +50°C
Gamma dell'umidità di esercizio	10 al 90% a 25°C non-condensante

I computer di controllo portatili saranno dotati della seguente caratteristica di sicurezza aggiuntiva:

- tracciamento GPS

Insieme a ciascun computer portatile verrà fornito un lettore di codici a barre per la lettura dei codici a barre univoci connessi ai fissaggi degli accelerometri portatili.

### 6.2.5 Server di controllo portatili

Velocità del processore	Min. 1.2GHz
Numero di nuclei	Min. 1
Memoria ad accesso diretto	Min. 2Gb
Numero dei dischi fissi	Min. 1
Spazio dell'unità disco fisso	Min. 160Gb per unità
Connessione	10/100 RJ45/8 Ethernet LAN
Componenti aggiuntivi	Porta seriale, porta USB 2.0 port, slot SD, slot SDHC, Scheda grafica, porta per il collegamento del computer portatile
Requisiti ambientali	Adatti per l'esposizione agli ambienti marini
Gamma delle temperature di	-0 a +50°C



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>		<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

esercizio	
Gamma delle temperature di stoccaggio	-0 a +50°C
Gamma dell'umidità di esercizio	10 al 90% a 25°C non-condensante
Precipitazione	Funzionamento mantenuto a 300mm/h

I server di controllo portatili verranno posizionati sull'impalcato senza controllo per periodi di tempo di media lunghezza. Essi dovranno quindi essere dotati delle seguenti caratteristiche di sicurezza aggiuntive:

- caratteristiche anti-vandalismo
- caratteristiche anti-furto
- catene e fissaggi di sicurezza in acciaio anti-corrosione per servizi pesanti per il fissaggio dei server portatili alla struttura (ad es. attorno ai pendini, ai pali dei lampioni, ai pali delle recinzioni, ecc.).
- tracciamento GPS

#### **6.2.6 Sistema di Comunicazione Wireless**

Tra le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) e il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e tra i sensori installati in zona remota e sulle scarpate sottomarine e le Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati dell'ancoraggio sarà previsto un sistema sicuro di comunicazione wireless. I sistemi di comunicazione wireless saranno previsti innanzitutto per la fase di costruzione. Dopo la costruzione, i sistemi di comunicazione wireless funzioneranno come sistemi di comunicazione di back-up secondari per il sistema WAN primario. I sistemi di comunicazione wireless dovranno essere sottoposti all'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 6.3 Requisiti Minimi del Server di Memorizzazione Dati (SHMS DSS)

Per tutti i componenti del sistema SCADA sarà prevista una memoria dati comune sotto forma di database. Il Server di Memorizzazione Dati sarà una parte del database di SCADA. 10Tb di memoria saranno destinati al Server di Memorizzazione Dati (SHMS DSS).

La memoria dati SCADA dovrà sempre mantenere uno specchio di tutti i dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) a protezione contro la perdita totale dei dati in caso di disservizio del hardware della memoria dati SCADA.

## 7 Requisiti Minimi dei Fissaggi

### 7.1 Generale

#### 7.1.1 Resistenza

Tutti i componenti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale verranno fissati alla struttura mediante fissaggi adeguati dettagliati per i carichi di progetto ponderati in modo che il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale rimanga operativo durante gli eventi di carico di progetto. I fissaggi saranno dettagliati dal progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale. Sarà necessario il coordinamento con i progettisti strutturali del ponte per il dettaglio della resistenza locale di trasferimento di carichi locali alla struttura primaria.

#### 7.1.2 Danni derivanti dall'installazione dei fissaggi

L'attacco di un componente qualsiasi alla struttura non dovrà danneggiare la struttura od il sistema di protezione (ad es., verniciature o simili). Il sistema di protezione rimosso per l'installazione dovrà essere ripristinato al termine dell'installazione stessa.

#### 7.1.3 Variazioni alla Struttura

Tutte le variazioni alla struttura necessarie per l'installazione (ad es., aggiunta di fori) dovranno essere dettagliate dai progettisti strutturali del ponte o soggette alla loro approvazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

#### 7.1.4 Accelerazione della Corrosione

I componenti a contatto con la struttura non dovranno causare la corrosione della struttura stessa o andare a scapito dei rivestimenti di protezione bimetallici esistenti.

#### 7.1.5 Tenuta Ambientale Interna

L'attacco od il passaggio di un qualsiasi componente non dovrà compromettere la tenuta dell'ambiente interno condizionato.

#### 7.1.6 Vibrazioni

I ponti sono delle strutture dinamiche soggette a vibrazioni continue dovute al vento, al traffico, ecc. Tutti i fissaggi, le connessioni, i cavi, i condotti per cavi, le passerelle dei cavi ecc. saranno dettagliati ed installati tenendo in debito conto le vibrazioni strutturali continue comprendenti:

- vibrazione di grossa ampiezza e bassa frequenza dell'intero ponte
- vibrazione di piccola ampiezza ed elevata frequenza dell'elemento strutturale locale

In particolare, tutti i fissaggi, le connessioni, i cavi, i condotti per cavi, le passerelle dei cavi ecc. dovranno essere dettagliati ed installati per le vibrazioni delle strutture del ponte provocate da:

- Traffico ferroviario: ca. 200 treni al giorno
- Traffico stradale: ca. 140.000 vetture al giorno
- Vento ad alta velocità

I fissaggi, le connessioni, i cavi, i condotti per cavi, le passerelle dei cavi ecc. dovranno resistere alle vibrazioni ed all'urto del terremoto che interessassero le strutture del ponte

#### 7.1.7 Colore

Tutti i componenti SHMS che sono installati esternamente devono essere forniti in un colore che soddisfi lo schema di colore finale dell'elemento strutturale al quale è collegato, salvo quanto diversamente specificato o concordato con il progettista SHMS

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 8 Requisiti Minimi di Installazione

### 8.1 Generale

#### 8.1.1 Pianificazione dell'Installazione

Le apparecchiature del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale all'interno della struttura dovranno essere installate, dove possibile, dopo le lavorazioni a caldo di fabbricazione dei profilati e prima della spedizione in cantiere. L'installazione delle apparecchiature nel piazzale di fabbricazione o nel deposito di attesa ha parecchie motivazioni tra le quali:

- creazione di un ambiente di lavoro sicuro per il personale.
- creazione di un ambiente di lavoro controllato per un'installazione di buona qualità.
- riduzione al minimo della presenza in cantiere di personale di installazione SHMS per una migliore gestione del cantiere.
- registrazione delle condizioni di tensione reali anzichè derivate per una migliore precisione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.
- sollecita attivazione dei sensori sulla Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale per un miglior controllo della fase di costruzione.

Il costruttore dovrà inserire nel programma di costruzione la sequenza dei lavori di installazione della Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale.

#### 8.1.2 Sequenza di Costruzione

Il posizionamento finale dei sensori e degli apparecchi dovrà tener conto della sequenza di costruzione in modo da ottimizzare l'interazione tra i lavori di installazione della Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale ed i principali lavori di costruzione e quindi ridurre le turbative al programma di costruzione. I sensori dovranno essere installati sui profilati pre-fabbricati e collegati alle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati, le quali, una volta collegate alla rete, ritrasmetteranno i dati alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 8.1.3 Misure di Protezione

Tutte le apparecchiature del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (sensori, registri, Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU), Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati, cablaggi, ecc.) saranno dotate di alloggi di protezione contro i danni derivanti dalle attività di costruzione ed i danni che si verificano durante il funzionamento del ponte. I cavi che passano tra i profilati pre-fabbricati saranno posti su bobine all'interno dei profilati prefabbricati. Nelle torri, le bobine saranno posizionate in modo tale che i cavi possano essere abbassati al relativo punto di collegamento. Le bobine saranno inoltre dotate di un alloggio di protezione provvisorio contro i danni derivanti dai lavori di costruzione.

### 8.1.4 Collegamento del Sistema

I canali dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale dovranno essere attivati sul Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) il più presto possibile.

I sensori dovranno essere collegati alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) il più presto possibile durante la fase di installazione del ponte. Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) saranno dotate di sistemi di comunicazione wireless per il collegamento immediato al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). I sensori installati in zona remota e sulle scarpate sottomarine dovranno essere dotati di sistemi di comunicazione wireless per il collegamento immediato alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) dell'ancoraggio. Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) ed i sensori installati in zona remota e sulle scarpate sottomarine saranno collegati alla rete WAN il più presto possibile.

### 8.1.5 Gioco dei Cavi

Tutti i cavi della Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale dovranno essere installati con un gioco sufficiente in modo da non rilevare il carico. Ciò è particolarmente importante nei casi in cui i cavi del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale attraversano i giunti di dilatazione o corrono lungo l'intera lunghezza degli ammortizzatori.

### 8.1.6 Taratura dei Sensori di Deformazione a Fibre Ottiche

I sensori di deformazione a fibre ottiche, ad eccezione di quelli del cavo principale, dovranno essere installati sui componenti strutturali ed interrogati in condizioni di tensione zero per la

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

determinazione dei parametri di taratura prima della spedizione in cantiere dei componenti strutturali fabbricati.

## **8.2 Installazione dei Sensori del Cavo Principale**

### **8.2.1 Sensori Continui e Multipli a Fibre Ottiche Incassati**

I sensori continui e multipli a fibre ottiche incassati saranno duraturi e avranno un diametro esterno equivalente al diametro del filo del cavo principale. Il cavo a fibra ottica deve essere adeguatamente dettagliato in modo da non influenzare il deterioramento catodico del cavo principale. I cavi a fibre ottiche saranno installati all'interno del cavo principale attraverso un processo di fabbricazione ed installazione dei trefoli del cavo principale. Il cavo a fibre ottiche dovrà sostituire uno dei fili del trefolo sulla superficie superiore. All'interno del trefolo verrà installato un cavo a fibre ottiche al massimo. Il cavo a fibre ottiche verrà installato su una bobina di tipo standard adatta per la fabbricazione del trefolo. Il cavo a fibre ottiche verrà estratto dalla bobina ed assemblato e compattato con gli altri fili in acciaio per formare il trefolo. Il cavo a fibre ottiche non sarà incluso nella formazione dei capicorda a ciascuna estremità del trefolo onde consentire il loro accesso per l'interrogazione dei segnali. Il cavo a fibre ottiche deve essere dotato di strombatura alle estremità e qualsiasi lunghezza non supportata del cavo ottico deve essere assicurata al trefolo in modo da proteggere il cavo a fibra ottica dal danno dovuto a maneggiamento del trefolo. In cantiere, il trefolo verrà posizionato non ritorto all'interno del cavo principale in modo che il cavo a fibre ottiche rimanga nell'esatta posizione all'interno del cavo principale e in cima al trefolo quando passa sopra le selle delle torri. Il cavo a fibre ottiche uscirà dal cavo principale in corrispondenza dell'allargamento del trefolo di ancoraggio.

### **8.2.2 Sensore Singolo a Fibre Ottiche Incassato**

I sensori singoli a fibre ottiche incassati devono durare nel tempo. Il cavo a fibra ottica deve essere adeguatamente dettagliato in modo da non influenzare il deterioramento catodico del cavo principale. I sensori singoli a fibre ottiche verranno installati all'interno del cavo principale durante l'installazione in cantiere dei trefoli. Il cavo a fibre ottiche verrà posizionato sulla ed il sensore verrà fissato alla parte superiore del trefolo adeguatamente installato prima del posizionamento dei successivi trefoli. Il cavo a fibre ottiche uscirà dal cavo principale in corrispondenza

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

dell'allargamento del trefolo di ancoraggio. Su un trefolo verrà installato un sensore al massimo. I trefoli assiemati verranno compattati e dotati di morsetti cavi e filo di avvolgimento.

I sensori di deformazione verranno interrogati sui parametri di taratura al termine della costruzione dei cavi principali (inclusi avvolgimento e morsettatura) e prima della sospensione di segmenti di impalcato. La condizione di tensione iniziale del cavo principale verrà ipotizzata utilizzando il modello a Elementi Finiti del ponte fornito dai progettisti strutturali. La condizione di tensione del cavo principale verrà monitorata durante la costruzione dell'impalcato e confrontata con le ipotesi del modello a Elementi Finiti come esercizio di verifica della taratura iniziale.

### **8.2.3 Sensore Multiplo a Fibre Ottiche Montato in Superficie**

I sensori multipli a fibre ottiche dovranno essere installati dopo la costruzione del cavo principale, ma prima della sospensione delle sezioni dell'impalcato. I sensori verranno fissati direttamente ai fili del cavo principale. Nelle immediate vicinanze del primo morsetto del cavo si dovrà prevedere un nastro in acciaio con fori di accesso da sigillare dopo l'installazione del sensore.

I sensori di deformazione multipli verranno interrogati sui parametri di taratura al termine della costruzione dei cavi principali (inclusi avvolgimento e morsettatura) e prima della sospensione delle sezioni dell'impalcato. La condizione di tensione iniziale del cavo principale verrà ipotizzata utilizzando il modello a Elementi Finiti del ponte fornito dai progettisti strutturali. La condizione di tensione del cavo principale verrà monitorata durante la costruzione dell'impalcato e confrontata con le ipotesi del modello a Elementi Finiti come esercizio di verifica della taratura iniziale.

## **8.3 Installazione dei Sensori sui Morsetti del Cavo Principale**

### **8.3.1 Ricevitori GPS**

I ricevitori GPS verranno collegati inizialmente alla passerella del cavo principale dopo l'installazione di quest'ultima. Il ricevitore GPS verrà spostato e fissato sul morsetto del cavo principale al termine dell'installazione del morsetto incluso il serraggio dei bulloni.

### **8.3.2 Accelerometro**

Gli accelerometri verranno installati sui morsetti del cavo principale prima del sollevamento in posizione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 8.3.3 Sensore di deformazione a fibre ottiche in formazione a V

I sensori di deformazione a fibre ottiche dovranno essere installati sui morsetti del cavo principale ed interrogati in condizioni di tensione zero per la determinazione dei parametri di taratura prima del sollevamento in posizione del morsetto.

## 8.4 Installazione dei Sensori per Pendini

### 8.4.1 Sensore di Deformazione Multiplo a Fibre Ottiche

I sensori di deformazione a fibre ottiche dovranno essere installati prima della spedizione in cantiere dei pendini. Si dovrà rimuovere attentamente un anello di guaina della larghezza di 100mm adiacente al capocorda inferiore del pendino, che non dovrà essere sollecitato per l'installazione del sensore. Il sensore di deformazione multiplo a fibre ottiche dovrà essere collegato ai o tra i fili aventi un diametro di 7,0 del pendino. Tra i punti di attacco del sensore dovrà essere previsto un gioco sufficiente, ma non eccessivo. L'anello di guaina rimosso dovrà essere ripristinato e sigillato dopo l'installazione del sensore di deformazione multiplo a fibre ottiche. Il cavo a fibre ottiche deve essere dotato di strombatura laddove esce dal rivestimento e qualsiasi lunghezza non supportata del cavo a fibra ottica deve essere assicurata al pendino in modo da essere protetta da danni dovuti al maneggiamento del pendino. Prima della consegna in cantiere del pendino, il sensore di deformazione multiplo a fibre ottiche dovrà essere interrogato in condizioni di tensione zero e in condizioni di tensione note per la determinazione dei parametri di taratura.

### 8.4.2 Accelerometro

Gli accelerometri verranno fissati ai pendini dopo l'applicazione della guaina di protezione dei pendini, ma prima dell'installazione in cantiere. La posizione dell'accelerometro verrà contrassegnata sul pendino prima della bobinatura per il trasporto in cantiere. Gli accelerometri verranno installati sui pendini prima del sollevamento in posizione.

### 8.4.3 Bersaglio del Sensore Video di Spostamento

I bersagli dei sensori video di spostamento dovranno essere fissati ai pendini dopo l'applicazione della loro guaina protettiva, ma prima dell'installazione in cantiere. La posizione del bersaglio verrà



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

contrassegnata sul pendino prima della bobinatura per il trasporto in cantiere. Gli accelerometri verranno installati sui pendini prima del sollevamento in posizione.

#### **8.4.4 Fissaggi degli Accelerometri Portatili**

I fissaggi degli accelerometri portatili verranno installati sui pendini prima del sollevamento in posizione.

### **8.5 Installazione dei Sensori dei Sistemi Proprietari**

I sistemi proprietari includono gli ammortizzatori, gli ammortizzatori di massa accordati ed i giunti di dilatazione stradali.

I sensori verranno installati sui sistemi proprietari dai fornitori, ad eccezione dell'accelerometro dei giunti di dilatazione stradali che verranno installati prima del sollevamento del giunto in posizione.

### **8.6 Edificio SCADA**

L'edificio SCADA verrà costruito ed allestito prima della costruzione del ponte oppure si provvederà ad un edificio provvisorio. Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e il Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS) verranno installati e saranno in funzione prima della costruzione dell'armatura del ponte .

## **9 Requisiti Minimi del Software**

### **9.1 Generale**

#### **9.1.1 Sistemi Operativi**

I sistemi operativi di interfaccia con l'operatore del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS), delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) e delle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) dovranno essere quelli più recenti di Microsoft Windows, soggetti all'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale fino ad 1 anno

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

prima della data di acquisto. Potranno essere proposti altri sistemi operativi che saranno soggetti all'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

L'elaborazione dei dati avverrà tramite sistemi operativi in tempo reale assegnati a nuclei dedicati.

L'architettura dei sistemi dovrà consentire un uso di massima efficienza della memoria organizzata.

### **9.1.2 Ambiente di Programmazione**

L'ambiente di programmazione del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS), delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) e delle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) dovrà essere comune a tutti ed in grado di provvedere a tutte le funzioni dettagliate nel presente piano di controllo. L'ambiente di programmazione dovrà essere proposto al progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale per l'approvazione.

### **9.1.3 Software di Interfaccia Grafico**

Il software di interfaccia grafico del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS), delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) e delle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) dovrà essere comune a tutti ed in grado di provvedere a tutte le funzioni dettagliate nel presente piano di controllo. Il software di interfaccia grafico dovrà essere proposto al progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale per l'approvazione.

### **9.1.4 Aggiornamenti Automatici**

Tutti i protocolli di aggiornamento automatico del software verranno disattivati quando il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale sarà in funzione.

### **9.1.5 Monitor di Sorveglianza**

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU), le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) e il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) saranno dotati di monitor di sorveglianza per la re-inizializzazione automatica dei sistemi in caso di bloccaggio.

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU), le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) e il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) saranno dotati di monitor di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

sorveglianza per l'arresto automatico dei sistemi in caso di mancanza di energia elettrica e di mancanza di energia elettrica nel gruppo di continuità (UPS) prima della mancanza completa in quest'ultimo.

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU), le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) e il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) dovranno avere dei monitor di sorveglianza per il reporting automatico di guasti del hardware.

La DAU e SHMS MFS devono avere monitor di sorveglianza che segnalino automaticamente i guasti del sensore.

## 10 Requisiti Minimi di Funzionamento dei Sistemi

### 10.1 Funzionamento Generale dei Sistemi

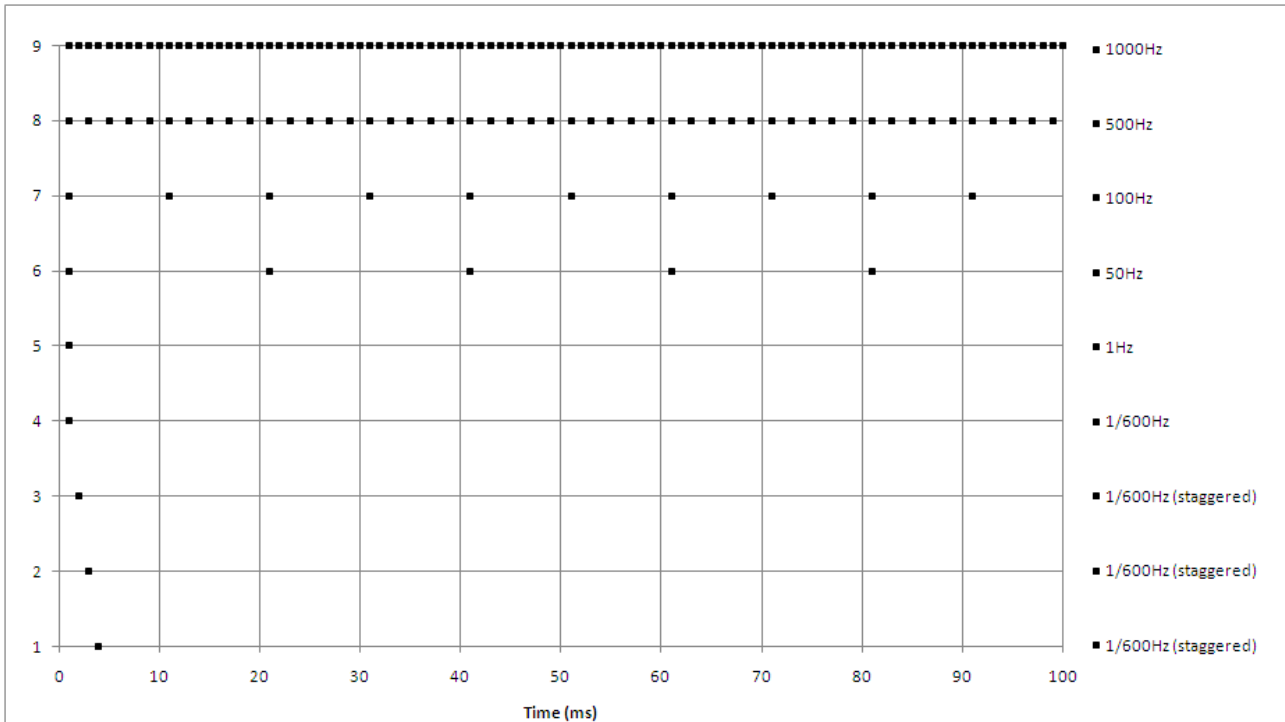
Il funzionamento di base dei sistemi è illustrato nel disegno CG1000-PDXDPIT-M3SM000000-01.

#### 10.1.1 Sensori e Registri

I dati verranno registrati dai sensori, elaborati con un filtro anti-alias impostato sulla frequenza di campionamento degli eventi (o con altri tipi di filtri secondo necessità), se indicati dall'operatore, e campionati nei registri dati. Dove possibile, i dati verranno convertiti nel registro nelle unità di ingegneria richieste. Tutti i dati sul Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale dovranno essere sincronizzati. Si potranno adottare delle frequenze di campionamento diverse secondo i requisiti minimi di campionamento dei dati presentati nella Tabella 10.1. Tutti i dati con requisito minimo comune di frequenza di campionamento dovranno essere sincronizzati, ad eccezione dei dati provenienti dai sensori di temperatura ed umidità a fibre ottiche, che possono essere sfalsati, particolarmente in caso di utilizzo degli interrogatori ad interruttore. I dati ottenuti con strategie di campionamento a maggiore frequenza dovranno essere sincronizzati con i dati di tutte le strategie di campionamento di minore frequenza in modo che tutti i dati vengano sincronizzati con i dati campionati alla frequenza minima. Questo principio è illustrato nella Sfalsato - tempo

Figura 10.1.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011



Sfalsato - tempo

Figura 10.1 *Illustrazione di Sincronizzazione dei Dati*

I dati campionati verranno inviati alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) tramite le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei dati (IDRU), se presenti. Le Unità Intermedie di Ritrasmissione dei dati (IDRU) consentiranno l'invio dei dati provenienti da numerosi registri alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) utilizzando un singolo cavo dati a fibre ottiche.

### 10.1.2 Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)

Tutti i dati verranno elaborati nelle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU), salvo diversamente indicato. I dati campionati verranno convertiti nelle unità di ingegneria richieste. I dati che devono essere derivati verranno calcolati dai dati campionati. I dati verranno poi condizionati per eliminare tutte le zone di perturbazione dati anomale conosciute. I dati condizionati rappresentano la fonte primaria di raccolta dei dati.

I dati vengono raccolti come segue:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

- Creazione di un file provvisorio di dati ad alta definizione. Questi dati ad alta definizione verranno trasmessi con priorità elevata al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) per la visualizzazione diretta e la memorizzazione provvisoria nella memoria tampone sul Server Sistemi Centrali (SHMS MFS). I dati ad alta definizione provvisori verranno pure provvisoriamente memorizzati in una memoria tampone dell'Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati per l'elaborazione dei dati di evento.
- Elaborazione del file provvisorio di dati ad alta definizione per il rilevamento di malfunzionamento dei sensori. Lo stato di malfunzionamento dei sensori individuato dovrà essere eliminato. I dati provenienti da sensori malfunzionanti continueranno ad essere registrati, ma saranno esonerati dal rilevamento di eventi .
- Elaborazione con elevata priorità del file provvisorio di dati ad alta definizione nell'Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) relativamente ai dati di evento. Una volta individuato l'innescò di un evento, un segnale di rilevamento con indicazione del tempo e del canale innescato verrà inviato al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e alle altre Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). Il segnale di rilevamento dell'evento modificherà lo stato del canale dati sui display del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale e verrà aggiunto al registro degli eventi. Il segnale di rilevamento darà pure inizio ad un programma di elaborazione in ciascuna Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) che assiemerà i dati dell'evento. Due sono i tipi di dati identificati: a) dati di evento standard, e b) dati di evento sismico. I dati dell'evento verranno campionati dai dati diretti alle frequenze di campionamento citate dall'operatore e specifiche del canale. I dati dovranno essere assiemati solo per i canali indicati per la registrazione insieme al canale dati innescato. I dati dell'evento dovranno essere inviati al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) per la memorizzazione nell'Unità di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS).
- Elaborazione del file provvisorio dei dati ad alta definizione nell' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) per la creazione di dati storici. I file dei dati storici verranno inviati al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) per la memorizzazione nell'Unità di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS).
- Elaborazione dei dati indicati per il conteggio a pioggia con programmi appositi. I file dei dati di conteggio a pioggia verranno inviati al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) per la memorizzazione nell'Unità di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Raccolta dei dati indicati come dati supplementari di raccolta ed invio al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) per la memorizzazione nell'Unità di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS)
- Raccolta dei dati indicati come dati statistici di raccolta ed invio al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) per la memorizzazione nell'Unità di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS).

Il termine "elevata priorità" citato più sopra indica la necessità di una disponibilità immediata dei dati. Il sistema dovrebbe funzionare in modo tale che i dati con elevata priorità vengano elaborati e consegnati con un ritardo minimo. Il ritardo nell'elaborazione e consegna di altri dati a vantaggio dei dati con elevata priorità sarà accettabile.

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) memorizzeranno provvisoriamente i dati ad alta definizione in una memoria tampone per l'elaborazione dei dati dell'evento.

### 10.1.3 Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) riceverà i dati da :

- Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) – come sopra indicato.
- Componente Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) tramite il database di SCADA – dati sul traffico (stradale e ferroviario) comprendenti i dati di rilevamento dei treni (ricevuti sotto forma di flusso dati diretto)
- Componente SCADA del Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) tramite il database di SCADA - dati sul flusso del traffico (stradale) nelle varie posizioni attraverso la rete (ricevuti sotto forma di flusso dati diretto)
- Componente SCADA del Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS) tramite il database di SCADA - dati sul flusso del traffico (stradale) nelle varie posizioni attraverso il ponte (ricevuti sotto forma di flusso dati diretto)
- Componente del Sistema di Elaborazione, Simulazione e Previsionale (CSP) del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS) tramite il database di SCADA – dati previsionali sul vento e sul traffico per la sola visualizzazione (ricevuti teoricamente ad intervalli di 30 minuti)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Inoltre, Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS):

- Elaborerà i dati sul traffico (stradale e ferroviario) ricevuti dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) per produrre un flusso dati diretto del carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte
- Elaborerà i dati sul traffico (stradale) ricevuti dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) per produrre un flusso dati diretto sul flusso del traffico su ciascuna carreggiata a ciascuna estremità del ponte
- Elaborerà il carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte per produrre dati di evento e dati storici. L'elaborazione di dati di evento e dati storici è descritta più sopra relativamente alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- Elaborerà i dati per generare dati virtuali derivati
- Elaborerà i dati virtuali derivati per dati di evento e dati storici. L'elaborazione di dati di evento e dati storici è descritta più sopra relativamente alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- Elaborerà il carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte insieme ai dati sul vento provenienti dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) per produrre dati di evento e dati storici. L'elaborazione di dati di evento e dati storici è descritta più sopra relativamente alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- Assemblerà i dati di conteggio a pioggia ricevuti dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) in modo da creare un documento unico dei dati complessivi di conteggio a pioggia registrati a partire dal momento in cui il sistema è diventato operativo
- Calcolerà i dati di fatica e manutenzione basati sui dati complessivi di conteggio a pioggia
- Elaborerà i segnali di avvertimento e rilevamento degli eventi nonché i dati indicati per le condizioni di avvertimento degli eventi sul ponte e di avvertimento della viabilità aggiornando il registro degli eventi
- Visualizzerà provvisoriamente i dati ad alta definizione
- Visualizzerà i dati previsionali sul vento ed il traffico ricevuti dal Sistema di Elaborazione, Simulazione e Previsionale (CSP)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Elaborerà le modifiche dei dati visualizzati conformemente ai segnali di avvertimento e rilevamento degli eventi nonché ai segnali di avvertimento degli eventi sul ponte ed a quelli di avvertimento sulla viabilità aggiornando il registro degli eventi
- Memorizzerà provvisoriamente in una memoria tampone per l'elaborazione dei dati di evento i dati ad alta definizione ricevuti dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) e dal Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS) e creati dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- Memorizzerà provvisoriamente per il Sistema di Elaborazione, Simulazione e Previsionale i dati ad alta definizione provenienti da tutto il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale nonché i dati ad alta definizione decimati provenienti da tutto il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale
- Faciliterà la memorizzazione dei dati sul Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS)
- Fornirà l'interfaccia principale di visualizzazione dei dati di evento
- Fornirà l'interfaccia principale di recepimento e raggruppamento degli eventi aggiornando il registro degli eventi
- Produrrà dei report automatici
- Fornirà l'interfaccia principale di taratura dei sensori
- Controllerà i protocolli di memorizzazione provvisoria delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) in caso di mancanza di comunicazione tra una qualsiasi Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) ed il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- Controllerà i protocolli di memorizzazione provvisoria in caso di mancanza di comunicazione tra il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ed il Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS)

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) non invierà alcuna informazione agli altri componenti di SCADA o del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS). Altri componenti di SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS) dovranno essere in grado di copiare i dati provenienti dal Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

DSS). Il Sistema di Elaborazione, Simulazione e Previsionale (CSP) dovrà essere in grado di copiare i dati dalla memoria tampone provvisoria sul Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). I dati sul Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS) non saranno accessibili direttamente da parte di altri componenti del Sistema SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS), tranne che per motivi di semplice visualizzazione.

#### **10.1.4 Flessibilità del Sistema**

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale è un sistema modularizzato in grado di essere modificato ed ampliato. E' possibile modificare la disposizione dei sensori in ciascuna Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) ed aggiungere sensori supplementari. Il funzionamento del sistema file dati e del sistema di base è stato sviluppato in modo tale da offrire la massima flessibilità e consentire la regolazione diretta. Il Software Operativo di Sistema dovrà essere sviluppato in modo tale che gli esperti di software possano attuare con facilità le modifiche sulla disposizione includendo quelle sulle visualizzazioni. Verranno inclusi un'etichetta della versione ed il registro per il tracciamento delle modifiche. Il Software Operativo di Sistema sarà protetto da una password.

#### **10.1.5 Comunicazione dei Dati**

Tutti i dati dovranno essere trasferiti tra le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) ed il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e tra i sensori in zona remota e quelli sulle scarpate sottomarine e le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) dell'ancoraggio tramite la rete WAN. In caso di disservizio nel collegamento con WAN, i sistemi di comunicazione wireless non operativi previsti per la fase di costruzione si attiveranno per creare un sistema di comunicazione di back-up tra l'Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) interessata ed il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) oppure tra i sensori in zona remota e le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) dell'ancoraggio interessati.

I dati ad alta definizione provvisori, i dati supplementari ed i dati statistici non verranno trasferiti attraverso il sistema di comunicazione wireless. Il sistema di comunicazione wireless trasferirà i dati con il seguente ordine di priorità:

- Segnali di controllo
- Segnale di rilevamento di un evento

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Sincronizzazione temporale
- File di configurazione
- File degli eventi
- File storico
- File dati di conteggio a pioggia

In caso di disservizio sia della rete WAN sia del sistema di comunicazione wireless, ad es. un' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) resta isolata dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS), questa attiverà dei protocolli speciali di memorizzazione dei dati provvisori. Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) attiverà inoltre dei protocolli speciali di memorizzazione provvisoria dei dati ad alta definizione provvisori ed invierà un segnale di inizializzazione di protocolli speciali di memorizzazione provvisoria dei dati ad alta definizione provvisori a tutte le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). Lo scopo di questi protocolli speciali di memorizzazione provvisoria dei dati è quello di evitare la perdita di dati di evento iniziata dall' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) isolata. Dopo il ripristino dell'intera rete del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale e l'elaborazione di tutti i segnali di evento, l'operatore dovrà dare istruzioni al sistema di cancellare tutta la memoria speciale dei dati ad alta definizione provvisori.

In caso di disservizio nel collegamento tra il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ed il Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS), il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) avvierà i protocolli di memorizzazione provvisoria di tutti i dati individuati per la memorizzazione sul Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS).

## **10.2 Elaborazione dei Dati forniti dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) e dal Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS)**

WiM e RWiM saranno previsti come parte del componente Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) in SCADA. I dati WiM e RWiM verranno inviati come un flusso dati diretto al Sistema di Controllo sull'Integrità Strutturale attraverso il database di SCADA. La rete TMS è descritta al Componente n. 2 ed i sensori WiM e RWiM sono presentati alla Componente n.45.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

WiM verrà installato su ciascuna carreggiata a ciascuna estremità del ponte. I dati WiM comprenderanno :

- Tempo di passaggio del primo asse
- Classificazione dei veicoli
- Peso del veicolo
- Lunghezza del veicolo
- Velocità del veicolo

Per ciascun veicolo sarà prevista una registrazione dei dati.

RWiM sarà installato sul binario per i treni che si avvicinano al ponte, a ciascuna estremità del ponte. I dati RWiM comprenderanno :

- Tempo di passaggio del primo asse
- Velocità del treno
- Peso dell'asse 1
- Peso dell'asse 2
- Peso dell'asse 3
- Ecc.

Per ciascun treno sarà necessaria una registrazione dei dati.

Le strutture di rilevamento dei treni dovranno pure essere previste sul binario dei treni che abbandonano il ponte, a ciascuna estremità del ponte stesso. Le strutture di rilevamento dei treni faranno parte del Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS). Tali strutture saranno diverse per la parte anteriore e la parte posteriore del treno. I dati di rilevamento dei treni verranno inviati sotto forma di flusso dati diretto al Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale attraverso il database SCADA . Il flusso del traffico (stradale) verrà misurato in diverse posizioni della rete e del ponte dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) e dal Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS). Le misurazioni saranno basate sulla classificazione dei veicoli ottenuta dalle immagini delle

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

telecamere del traffico. I parametri del peso e della lunghezza verranno assegnati sulla base della classificazione dei veicoli. La misurazione del flusso del traffico (stradale) rappresenterà quindi una stima piuttosto che un valore assoluto. I dati saranno inviati sotto forma di flusso dati diretto al Sistema di Controllo sull'Integrità Strutturale attraverso il database di SCADA.

Il Sistema di Controllo sull'Integrità Strutturale (SHMS) elaborerà i dati del traffico che comprenderanno :

- carico complessivo del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte. I carichi associati dei veicoli registrati nel momento in cui entrano sul ponte verranno aggiunti al totale. I carichi associati dei veicoli registrati nel momento in cui abbandonano il ponte verranno sottratti dal totale. I carichi delle assi dei treni registrati nel momento in cui i treni entrano sul ponte saranno aggiunti al carico totale del traffico sul ponte. Il carico totale delle parti posteriori dei treni registrate nel momento in cui abbandonano il ponte verrà sottratto dal totale
- densità del traffico stradale sul ponte. Le lunghezze associate dei veicoli registrati nel momento in cui hanno accesso al ponte più una lunghezza supplementare definita dall'utente, ad es. 1m, verranno aggiunte alla lunghezza totale dei veicoli sul ponte. Le lunghezze associate dei veicoli registrati nel momento in cui abbandonano il ponte più una lunghezza supplementare definita dall'utente verranno sottratte dal totale. Il totale sarà diviso per la lunghezza totale di tutte e quattro le carreggiate sul ponte
- flusso del carico di traffico (stradale) in entrata al ponte su ciascuna carreggiata e flusso di carico del traffico (stradale) in uscita dal ponte su ciascuna carreggiata. Il carico dei veicoli verrà aggiunto ad un totale a rotazione di 10 sec. Questo rappresenterà il flusso del traffico (carico) in ciascuno di questi punti
- flusso della densità del traffico (stradale) in entrata al ponte su ciascuna carreggiata e densità del traffico (stradale) in uscita dal ponte su ciascuna carreggiata. La lunghezza dei veicoli più una lunghezza supplementare definita dall'utente verrà aggiunta ad un totale a rotazione di 10 sec. Il totale sarà diviso per la lunghezza totale delle due corsie di una carreggiata. Ciò rappresenterà il flusso del traffico (densità) in ciascuno di questi punti.

I dati WiM dipenderanno dalla precisione dei sistemi WiM. Poichè per l'addizione e la sottrazione dei carichi/delle lunghezze dalla lunghezza del carico totale/dalla lunghezza totale verranno usati dei sistemi WiM indipendenti con precisioni differenti, si dovrà definire un sistema di riduzione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

dell'accumulo degli errori. Solo per la generazione di questi totali, i dati WiM saranno arrotondati a livelli pre-determinati che riflettono la precisione del WiM meno preciso installato. Verranno pure stabilite delle procedure per la cancellazione di un accumulo di errori residui dal conteggio totale.

Il Sistema di Elaborazione, Simulazione e Previsionale (CSP) copierà i dati sul traffico necessari per le simulazioni e le previsioni ricavate dalla memoria tampone dei dati provvisori del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). Le previsioni del carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte con copertura a breve termine, ad es. 10 min., ed a medio termine, ad es. 1-2 ore, verranno inviate al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) attraverso il database SCADA per la visualizzazione sugli schermi diretti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

I dati trasferiti direttamente tra i componenti del Sistema SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS) verranno presentati in un formato comune da concordarsi in fase di Progetto Esecutivo. Teoricamente, i file dovranno avere un formato di file di testo separato da virgola con i dati presentati in colonne, di cui le prime verranno dedicate all'indicazione del tempo con una precisione di 1ms .

Il ciclo di vita utile dei dati diretti sul traffico attraverso il sistema SCADA è illustrato nella *Figura 10.2*.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

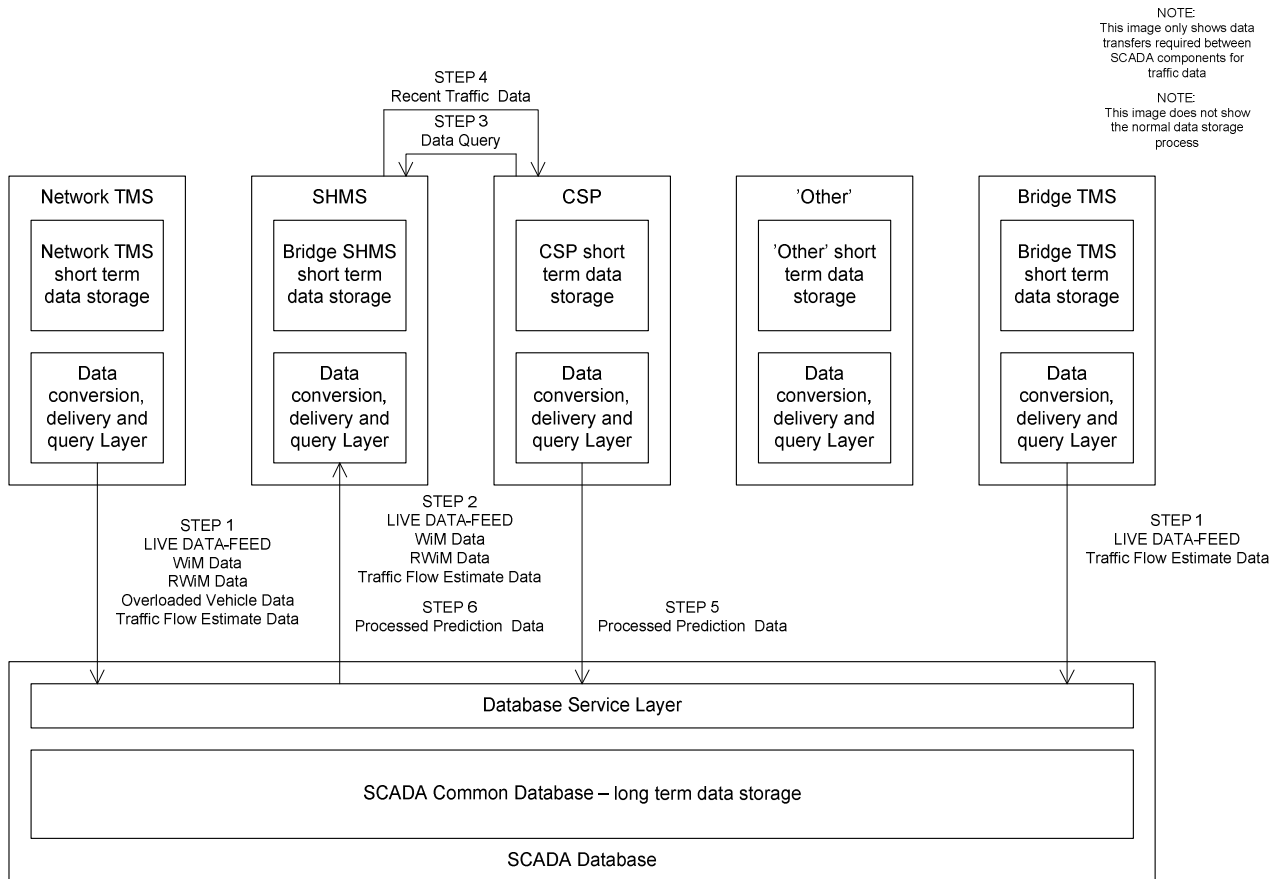


Figura 10.2 Illustrazione del ciclo di vita utile dei dati diretti del veicolo (e del treno) attraverso il sistema SCADA

**NOTA**

Questa immagine mostra solo i trasferimenti di dati sul traffico richiesti tra i componenti del Sistema SCADA

**NOTA**

Questa immagine non mostra il processo di memorizzazione normale dei dati

**FASE 4**

Dati sul traffico recenti

**FASE 3**

Richiesta di dati

Sistema di gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS)

Memorizzazione dati a breve termine del Sistema di gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS)

Livello conversione, invio e richiesta dei dati

Struttura di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS)

Memorizzazione dati a breve termine del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale del Ponte (SHMS)

Livello conversione, invio e richiesta dei dati

Sistema di elaborazione, simulazione e previsionale (CSP)

Memorizzazione dati a breve termine del Sistema di elaborazione, simulazione e previsionale (CSP)

Livello conversione, invio e richiesta dei dati

"Altri"

Memorizzazione dati a breve termine di "Altri"

Livello conversione, invio e richiesta dei dati

Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS)

Memorizzazione dati a breve termine del Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS)

Livello conversione, invio e richiesta dei dati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

FASE 1  
 ALIMENTAZIONE DATI DIRETTA  
 Dati WiM  
 Dati RWiM  
 Dati veicoli in sovraccarico  
 Dati stimati del flusso del traffico  
 FASE 2  
 Dati WiM  
 Dati RWiM  
 Dati stimati del flusso del traffico  
 FASE 6  
 Dati Previsionali Elaborati  
 FASE 5  
 Dati Previsionali Elaborati  
 FASE 1  
 ALIMENTAZIONE DATI DIRETTA  
 Dati stimati del flusso del traffico  
 Livello di Servizio Database  
 Database SCADA comune - memorizzazione dati a lungo termine  
 Database SCADA

### 10.3 Dati in Uscita

I dati registrati dai sensori non sono necessariamente nel formato più usato per le analisi tecniche. I dati dovranno quindi essere convertiti in un formato adeguato. Verranno inoltre derivati dei canali dati aggiuntivi per la presentazione di una raccolta dati in un formato utile al controllo della struttura. Le conversioni tecniche ed i canali dati derivati richiesti comprenderanno tra l'altro:

- Misurazioni della velocità e della direzione del vento (con ultrasuoni): la velocità del vento su 3 assi derivata come valore puntuale verrà convertita nella velocità del vento orizzontale (media e raffiche), nella direzione del vento orizzontale (raffiche), nella componente verticale di velocità del vento (media e raffiche) e nell'angolo verticale (raffiche) di velocità del vento. I valori medi e di raffica saranno basati su una media dinamica di scale temporali definite dall'utente, ad es. 600 secondi per la media e 3 secondi per le raffiche. Unità: velocità del vento in m/s, direzione del vento orizzontale in gradi rispetto al Nord reale (0°) e direzione del vento verticale in gradi rispetto a quella orizzontale (0°)
- Misurazioni della velocità e della direzione del vento (meccaniche): la velocità e la direzione del vento orizzontale derivata come valore puntuale e la velocità del vento verticale derivata come valore puntuale verranno convertite nella velocità del vento orizzontale (media e raffiche), nella direzione del vento orizzontale (raffiche), nella componente verticale di velocità del vento (media e raffiche) e nell'angolo verticale (raffiche) di velocità del vento. I valori medi e di raffica saranno basati su una media dinamica di scale temporali definite dall'utente, ad es. 600 secondi per la media e 3 secondi per le raffiche. Unità: velocità del

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

vento in m/s, direzione del vento in gradi rispetto al Nord reale (0°) e direzione del vento verticale in gradi rispetto a quella orizzontale (0°)

- Misurazioni della pressione del vento trasversale: pressioni del vento trasversali (media e raffiche) calcolate dalla componente di velocità del vento orizzontale (media e raffiche) trasversale all'allineamento dell'impalcato. Unità: N/m<sup>2</sup>
- Accelerazioni torsionali teoriche dell'impalcato: calcolate in corrispondenza di ciascuna traversa dalla differenza delle accelerazioni registrate dalle assi Y (verticale). Unità: m/s<sup>2</sup>
- Accelerazioni torsionali teoriche del cavo principale: calcolate in corrispondenza di ciascun morsetto dalla differenza delle accelerazioni registrate dalle assi Y (allineate con la verticale). Unità: m/s<sup>2</sup>
- Accelerazioni torsionali teoriche delle torri: calcolate in corrispondenza di ciascun portale dalla differenza delle accelerazioni registrate dalle assi X (allineate con l'asse longitudinale del ponte). Unità: m/s<sup>2</sup>
- Misurazioni della temperatura di rugiada (interne ed esterne): calcolate dalle misurazioni locali dell'umidità relativa e della temperatura dell'aria. Unità: °C
- Misurazioni della temperatura effettiva delle gambe delle torri: calcolate dalle misurazioni locali della temperatura dell'acciaio. Unità: °C
- Misurazioni della temperatura effettiva dei cassoni stradali: calcolate dalle misurazioni locali della temperatura dell'acciaio. Unità: °C
- Misurazioni della temperatura effettiva dei cassoni ferroviari: calcolate dalle misurazioni locali della temperatura dell'acciaio. Unità: °C
- Misurazioni della temperatura effettiva del cavo principale: calcolate dalle misurazioni locali della temperatura dell'acciaio. Unità: °C
- Misurazioni della tensione media dei pendini: calcolate dalle misurazioni locali della tensione dei pendini. Unità: MPa
- Misurazioni della tensione media dei cavi del cavo principale: calcolate dalle misurazioni locali della tensione dei cavi del cavo principale. Unità: MPa



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

- Misurazioni della tensione principale e della tensione di taglio dei morsetti del cavo principale: calcolate dalle misurazioni locali della tensione nei morsetti del cavo principale. Unità: MPa
- Misurazioni della forza degli ammortizzatori: calcolate dalle misure di pressione ottenute da ciascuno dei due cilindri tenuto conto delle misurazioni della temperatura dell'olio. Unità: kN
- Misurazioni con conteggio a pioggia della tensione della lamiera dell'impalcato ortotropico: calcolate dalle misurazioni della tensione indicata. Le misurazioni della tensione dovranno essere elaborate in un numero di oscillazioni per ciascuna gamma di tensione indicata usando un programma di conteggio a pioggia. Dato di uscita: tabella delle gamme e delle conte di tensione in corrispondenza di ciascuna gamma. Unità: MPa e numero delle conte
- Misurazioni con conteggio a pioggia della tensione della lamiera dei fori frontali dei diaframmi dell'impalcato: calcolate dalle misurazioni della tensione designata. Le misurazioni della tensione dovranno essere elaborate in un numero di oscillazioni per ciascuna gamma di tensione indicata usando un programma di conteggio a pioggia. Dato di uscita: tabella delle gamme e delle conte di tensione in corrispondenza di ciascuna gamma. Unità: MPa e numero dei conteggi.
- Misurazioni con conteggio a pioggia della tensione agli angoli della lamiera delle traverse: calcolate dalle misurazioni della tensione designata. Le misurazioni della tensione dovranno essere elaborate in un numero di oscillazioni per ciascuna gamma di tensione designata usando un programma di conteggio a pioggia. Dato di uscita: tabella delle gamme e delle conte di tensione in corrispondenza di ciascuna gamma. Unità: MPa e numero dei conteggi
- Misurazioni con conteggio a pioggia della tensione dei pendini: calcolate dalle misurazioni della tensione designata. Le misurazioni della tensione dovranno essere elaborate in un numero di oscillazioni per ciascuna gamma di tensione designata usando un programma di conteggio a pioggia. Dato di uscita: tabella delle gamme e delle conte di tensione in corrispondenza di ciascuna gamma. Unità: MPa e numero dei conteggi
- Misurazioni con conteggio a pioggia della tensione media dei pendini: calcolate dalle misurazioni della tensione designata. Le misurazioni della tensione dovranno essere elaborate in un numero di oscillazioni per ciascuna gamma di tensione designata usando un

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

programma di conteggio a pioggia. Dato di uscita: tabella delle gamme e delle conte di tensione in corrispondenza di ciascuna gamma. Unità: MPa e numero dei conteggi

- Misurazioni con conteggio a pioggia del movimento dei giunti di dilatazione: calcolate dalle misurazioni dello spostamento lineare dei giunti . Le misurazioni dello spostamento lineare dovranno essere elaborate in un numero di oscillazioni per ciascuna gamma di spostamento designata usando un programma di conteggio a pioggia. Dato di uscita: tabella delle gamme e delle conte di spostamento in corrispondenza di ciascuna gamma. Unità: mm e numero dei conteggi
- Utilizzi della tensione di fatica della lamiera dell'impalcato ortotropico: calcolate dalle misurazioni con conteggio a pioggia della tensione della lamiera dell'impalcato ortotropico. Unità: Utilizzo
- Utilizzi della tensione di fatica della lamiera dei fori frontali dei diaframmi dell'impalcato: calcolate dalle misurazioni con conteggio a pioggia della tensione della lamiera dei fori frontali dei diaframmi dell'impalcato. Unità: Utilizzo
- Utilizzi della tensione di fatica agli angoli della lamiera dell'impalcato in corrispondenza delle traverse: calcolate dalle misurazioni con conteggio a pioggia della tensione angolare della lamiera dell'impalcato. Unità: Utilizzo
- Utilizzi della tensione di fatica dei pendini: calcolata dalle misurazioni con conteggio a pioggia della tensione dei pendini. Unità: Utilizzo
- Utilizzi della tensione di fatica media dei pendini: calcolata dalle misurazioni con conteggio a pioggia della tensione media dei pendini. Unità: Utilizzo
- Utilizzo della manutenzione per i movimenti dei giunti di dilatazione: calcolata dalle misurazioni con conteggio a pioggia del movimento dei giunti di dilatazione. Unità: Utilizzo
- Carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte : assiemato dai dati di peso dei veicoli registrati dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS). Unità: MN
- Densità totale del traffico (stradale) sul ponte: calcolata dai dati di lunghezza dei veicoli registrati dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS). Unità: %

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Flusso di carico del traffico (stradale) in ingresso al e in uscita dal ponte su ciascuna carreggiata: calcolato dai dati di peso dei veicoli registrati dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS). Unità: MN/10sec.
- Flusso della densità del traffico (stradale) in ingresso al e in uscita dal ponte su ciascuna carreggiata: calcolato dai dati di lunghezza dei veicoli registrati dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS). Unità: MN/10sec
- Dati virtuali. Unità: secondo necessità

Tutti gli altri dati verranno presentati nelle unità indicate alla voce Requisiti Minimi dei Sensori.

Tutti i dati dovranno fare riferimento agli elementi come descritto nel Manuale di Ispezione e Manutenzione del Ponte in modo da supportare la ricerca dei dati da parte di altri componenti del Sistema SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS).

#### **10.4 Dati Virtuali**

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) dovrà essere in grado di derivare dei dati aggiuntivi etichettati come dati virtuali basati sui dati registrati dai sensori. Questi dati virtuali dovranno essere considerati come facenti parte del set di dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS). I dati virtuali saranno definiti dall'operatore.

I dati virtuali dovranno essere calcolati con il trattamento matematico dei dati ad alta definizione provvisori. Numerosi sono i dati che possono essere inseriti nel trattamento matematico di un parametro del dato virtuale. E' possibile definire dei coefficienti da inserire nel trattamento matematico.

Le funzioni matematiche standard disponibili comprenderanno:

- Addizione (+)
- sottrazione (-)
- moltiplicazione (x)
- divisione (/)
- elevazione a potenza (^)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Segue un esempio di funzione matematica definibile:

$$((c1 \times d1 + c2) ^ c3 + (c4 \times d2 \times d3) ) ^ c5$$

dove  $cn$  rappresenta un coefficiente definito dall'operatore e  $dn$  rappresenta un canale dati.

Verranno messe a disposizione le seguenti funzioni specialistiche supplementari, soggette ad ulteriore discussione durante il Progetto Esecutivo:

- identificazione in tempo reale di frequenze naturali ottenute dal flusso dati degli accelerometri usando ad esempio la tecnica dell'identificazione ricorsiva stocastica del sottospazio (RSSI) seguita dall'identificazione della frequenza naturale fondamentale
- conversione della frequenza naturale fondamentale identificata dei pendini in previsione di tensionamento nel pendino, tenuto conto della rigidità flessurale

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) dovrà essere in grado di elaborare 200 canali di dati virtuali.

Tutti i dati dovranno fare riferimento agli elementi come descritto nel Manuale di Ispezione e Manutenzione del Ponte in modo da supportare la ricerca dei dati da parte di altri componenti del Sistema SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS).

## 10.5 Orologio del Sistema

L'orologio del sistema verrà impostato sul Tempo Medio di Greenwich +1 ora. L'orologio non dovrà essere regolato in qualsiasi momento sul Tempo di Risparmio della Luce del Giorno.

L'orologio del sistema verrà sincronizzato sulla base dell'orologio Grandmaster dello IEEE1588 previsto come parte del Sistema di Comunicazione (CS). Gli orologi del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e di tutte le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati e delle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati verranno sincronizzati con l'orologio Grandmaster utilizzando i protocolli dello IEEE1588 stabiliti dal Sistema di Comunicazione (CS) raggiungendo una sincronizzazione di <1ms. Tutti i registratori dei dati saranno sincronizzati con l'orologio dell' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati locale con una differenza di <1ms . I dettagli dell'orologio del sistema sono contenuti nel documento CG1001-P-2S-D-P-IT-M4-C3-00-00-06 "Specifiche di Progetto - Lavori meccanici ed elettrici".

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

La deriva massima di tutti gli orologi (Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS), Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU), Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) e registri dati ) sarà di <math><1\text{ms}/24\text{ h}</math>.

## 10.6 Sincronizzazione dei Dati

Tutti i dati saranno sincronizzati in base al e marcati temporalmente secondo l'orologio del sistema.

Tutti i dati registrati dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS), dal Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS) e dal Sistema di Elaborazione, Simulazione e Previsionale (CSP) saranno sincronizzati in base al e marcati temporalmente secondo l'orologio del sistema.

In caso di guasto nel collegamento con la rete WAN e di attivazione dei sistemi di comunicazione wireless, le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) ed i sensori in zona remota interessati si sincronizzeranno con il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) usando l'orologio GPS come riferimento. Alle 02:00, ogni 24 h, il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) effettuerà una correzione dell'ora sulla base dell'orologio della stazione di riferimento GPS. Questa correzione dell'ora verrà inviata a tutte le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) ed ai sensori in zona remota che regoleranno l'orologio di sistema locale rispetto all'orologio GPS e la correzione dell'ora.

## 10.7 Memorizzazione Provvisoria dei Dati delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) saranno dotate della capacità di memorizzazione dei dati per la:

- memorizzazione provvisoria dei dati in caso di disservizio del collegamento con il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- memorizzazione provvisoria dei dati ad alta definizione solo nel caso di un disservizio del collegamento di un'altra Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) con il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

La memorizzazione dei dati dovrà essere sufficiente per conservare i dati elaborati per un periodo di 672 ore (ad es. dati storici, dati del conteggio a pioggia, dati degli eventi, ecc.). I dati ad alta definizione provvisori verranno inizialmente registrati, ma verranno sovrascritti quando la memoria è piena, ad eccezione dei dati delle prime 24 ore. Qualora la memoria dei dati ad alta definizione provvisori si riempia prima delle 24 ore, verranno conservati solo i dati ad alta definizione provvisori registrati nelle prime 12 ore. Nel caso in cui la memoria dei dati ad alta definizione provvisori si riempia prima delle 672 ore di registrazione dei dati elaborati, i file degli eventi saranno sovrascritti, ad eccezione dei dati delle prime 24 ore.

La memoria dei dati elaborati sarà cancellata solo dopo il trasferimento dei dati al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ed al Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS). La memoria dei dati elaborati verrà cancellata su istruzione del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) solo dopo avvenuta conferma positiva del trasferimento dei dati.

I dati ad alta definizione provvisori saranno cancellati solo dopo che tutte le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati saranno state ricollegate al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e tutti i segnali degli eventi saranno stati elaborati. La memoria dati sarà cancellata solo su istruzione dell'operatore tramite il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza completa di energia e di arresto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). La memoria dei dati ad alta definizione provvisori sarà cancellata solo su istruzione dell'operatore attraverso il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza totale di energia e di arresto delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU).

## **10.8 Memoria tampone dei Dati delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)**

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) saranno dotate di memorie tampone dei dati provvisori che funzioneranno da memoria dinamica dei dati ad alta definizione recenti. Lo scopo della memoria tampone è quello di consentire il lancio preliminare dei dati da includere nella registrazione dei dati di evento e di tener conto del ritardo nel ricevimento del segnale di rilevamento degli eventi. La memoria dovrà essere sufficiente a trattenere i dati ad alta definizione degli ultimi 30 minuti. I dati raccolti nella memoria tampone dei dati provvisori dovranno essere

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

continuamente sovrascritti. I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di mancanza totale di energia e di arresto delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU).

## 10.9 Memorizzazione dei Dati Provvisori del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) sarà dotato di una capacità di memorizzazione dei dati per la:

- memorizzazione dei dati provvisori in caso di disservizio del collegamento al Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS)
- memorizzazione dei dati ad alta definizione provvisori creati solo dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) nel caso di disservizio del collegamento di un' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)

La memorizzazione dei dati dovrà essere sufficiente per conservare i dati elaborati per un periodo di 672 ore (ad es. dati storici, dati conteggio a pioggia, dati degli eventi, ecc.) e i dati ad alta definizione provvisori creati solo dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) per un periodo di 24 ore, assumendo il caso peggiore di disservizio contemporaneo di entrambi i collegamenti. I dati ad alta definizione provvisori verranno inizialmente registrati, ma verranno sovrascritti quando la memoria è piena, ad eccezione dei dati delle prime 24 ore che non verranno sovrascritti. Qualora la memoria dei dati si riempia prima delle 24 ore di registrazione dei dati ad alta definizione provvisori, verranno conservati solo i dati ad alta definizione provvisori registrati nelle prime 12 ore. Nel caso in cui la memoria dei dati provvisori si riempia prima delle 672 ore di registrazione dei dati elaborati, i file degli eventi saranno sovrascritti, ad eccezione dei dati delle prime 24 ore. La memoria dei dati elaborati sarà cancellata dopo che:

- i dati che devono essere inviati al Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS) sono stati trasferiti a quest'ultimo. La memorizzazione dei dati dovrà essere cancellata su istruzione dell'operatore solo dopo l'avvenuta conferma positiva del trasferimento dei dati
- tutte le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) vengono ricollegate al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e tutti i segnali di evento sono stati elaborati. La memoria dati verrà cancellata solo su istruzione dell'operatore



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

I dati memorizzati non dovranno andare persi in caso di totale mancanza di energia e di arresto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

## 10.10 Memoria tampone dei dati del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) dovrà essere dotato di una memoria tampone dei dati provvisori che funzionerà da:

- memoria tampone a rotazione dei dati ad alta definizione provvisori recenti ricevuti dai componenti di SCADA del Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) e del Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS)
- memoria tampone dinamica dei dati ad alta definizione provvisori recenti creati dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- memoria tampone dinamica di dati recenti utilizzati da altri componenti di SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS)

Lo scopo della memoria tampone è quello di:

- fornire dati di recente registrazione al Sistema di Elaborazione, Simulazione e Previsionale (CSP)
- consentire il lancio preliminare dei dati da inserire nella registrazione dati di evento e tener conto del ritardo nel ricevimento del segnale di rilevazione degli eventi

La memoria tampone dei dati provvisori dovrà essere sufficiente a conservare i seguenti dati:

- dati ad alta definizione provvisori ricevuti negli ultimi 30 min dal Sistema di Gestione del Traffico di Rete delle strutture di accesso (Network TMS) e dal Sistema di Gestione del Traffico del Ponte (Bridge TMS)
- dati ad alta definizione provvisori creati negli ultimi 30 min dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- tutti i dati ad alta definizione provvisori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale degli ultimi 10min., decimati a 100Hz



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- tutti i dati ad alta definizione provvisori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale delle ultime 24 ore, decimati a 1/3Hz

I dati raccolti nella memoria tampone dei dati provvisori verranno continuamente sovrascritti. I dati memorizzati non dovranno andare persi nel caso di totale mancanza di energia e di arresto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) .

### **10.11 Condizionamento dei Dati e Rilevazione di Malfunzionamento dei Sensori**

I dati registrati dai sensori e dai registri dovranno essere condizionati nelle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) per eliminare importanti dati anomali noti. I dati anomali importanti assumono la forma di transitori di breve durata di grandezza significativa. Un transitorio di grandezza significativa è un segnale dati che supera considerevolmente i limiti compatibili del parametro monitorato. Ad esempio, un giunto di dilatazione ha una disponibilità di movimento limitata e quindi un segnale che riporta un movimento di breve durata ben al di là dei limiti è anomalo. Quindi, i limiti della soglia di errore superiori ed inferiori di ciascun canale dati dovranno essere definiti nel file di configurazione insieme ad una durata massima di possibile presenza dei transitori tali da poterli considerare dei transitori anomali, che dovranno essere definiti nel file di configurazione del sistema. Un transitorio anomalo registrato viene automaticamente rimosso dal flusso dati e sostituito con una copia del valore del dato precedente. Deve essere definita una durata massima in quanto due altre condizioni legittime potrebbero allungare la durata: 1) in caso si verifichi un evento importante con conseguente danno, il segnale potrebbe superare la soglia di lunga durata diventando così un indicatore importante e 2) malfunzionamento dei sensori. Un evento che ha legittimamente causato un grosso transitorio nei dati deve essere registrato e comunicato e non dovrebbe quindi essere rimosso dal flusso dati.

Si dovrà definire una durata minima nel file di configurazione del sistema per permettere, insieme ai limiti di soglia degli errori, di individuare il malfunzionamento dei sensori. La durata minima di individuazione del malfunzionamento dei sensori supererà la durata massima di individuazione dei dati anomali. I dati intermittenti saranno registrati in maniera standard. Quando viene individuato il malfunzionamento di un sensore, il meccanismo di rilevamento dell'evento verrà disattivato sul sensore, i dati provenienti dal sensore non saranno inclusi in alcuna derivazione dei dati, il malfunzionamento del sensore verrà visualizzato sul Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e identificato sul registro degli eventi. La continua registrazione dei dati da parte dei sensori malfunzionanti permetterà l'esecuzione dell'analisi retrospettiva dei dati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

I valori da assegnare ai parametri di configurazione (limiti di soglia degli errori, durata massima di individuazione del segnale anomalo per il condizionamento, durata minima di identificazione del sensore malfunzionante) dovranno essere determinati durante il Progetto Esecutivo dopo l'input del progettista strutturale del ponte, ma prima del completamento della messa a punto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

### 10.12 Filtrazione Anti-alias e Filtrazione Passa-Banda

Dovrà essere prevista la possibilità di applicare un filtro anti-alias sui canali dati prima del campionamento. Il filtro anti-alias filtrerà più del 50% della frequenza di campionamento degli eventi del canale dati. Si dovrà sviluppare un'adeguata strategia dei filtri anti-alias, il che può comportare l'applicazione di un filtro passa-basso analogico seguito da un filtro passa-banda digitale, seguito da sovracampionamento e quindi decimazione per ottenere un set di dati filtrati anti-alias alla frequenza di campionamento richiesta. La strategia dovrà essere proposta al progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale per l'approvazione. Inizialmente, il filtro anti-alias dovrà essere applicato solo agli accelerometri dei pendini, dell'impalcato e delle torri ed agli accelerometri sismici. Esiste tuttavia la possibilità per l'operatore all'interno dell'interfaccia di configurazione di applicare il filtro anti-alias a qualsiasi canale dati.

Ciò permetterà anche di applicare altri filtri passa-banda quali:

- passa-basso
- passa-alto
- passa-banda
- attenua-banda

### 10.13 Campionamento dei Dati

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) sarà in grado di accettare le variazioni apportate dall'operatore alla strategia di campionamento dei dati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 10.13.1 Dati ad Alta Definizione Provvisori

I dati ad alta definizione provvisori verranno campionati per tutti i sensori con un tasso di campionamento base teorico di 1000Hz. I dati ad alta definizione provvisori verranno campionati da dati filtrati come richiesto (ad es., con filtri anti-alias o passa-banda). I dati ad alta definizione provvisori sono i dati di origine di tutta la successiva raccolta dei dati, in particolare i dati di evento. Quindi l'adozione di un tasso di campionamento base di 1000Hz consentirà di variare i tassi di campionamento dei dati di evento a frequenza minore. Se necessario per l'efficienza del sistema, i tassi di campionamento reali possono essere inferiori al tasso di campionamento base teorico, a condizione che i tassi di campionamento ridotti superino i requisiti minimi indicati per il campionamento dei dati di evento. Si propone ad esempio di prendere le misure della temperatura interna del cavo principale dai sensori a fibra ottica continui incassati usando una tecnica che ha un tasso di campionamento effettivo limitato. L'apparecchiatura limiterà quindi il tasso di campionamento a meno del tasso di campionamento base, ma sarà sufficiente a soddisfare i requisiti minimi del tasso di campionamento. Nel caso in cui il tasso di campionamento reale sia inferiore a quello di base teorico, i dati intermedi nei dati ad alta definizione provvisori potranno essere completati come ripetizione del punto dati campionato più recente. Si potranno proporre altre strategie di campionamento dei dati ad alta definizione provvisori, in particolare se migliorano l'efficienza di trattamento dei dati, che dovranno essere sottoposte all'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

I dati ad alta definizione provvisori verranno registrati come valori puntuali.

### 10.13.2 Dati Storici

Le registrazioni dei dati storici dovranno essere campionate con i seguenti periodi di tempo:

- Dati storici 1: 60sec. (1 minuto)
- Dati storici 2: 3600sec. (1 ora)
- Dati storici 3: 86400sec. (1 giorno)
- Dati storici 3: 2629800sec. (1 mese)

I valori dei dati storici saranno di diversi tipi:

- Punto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

- Media dei dati ad alta definizione nel periodo di tempo campionato
- Massimo dei dati ad alta definizione nel periodo di tempo campionato
- Minimo dei dati ad alta definizione nel periodo di tempo campionato
- Deviazione standard dei dati ad alta definizione nel periodo di tempo campionato

### 10.13.3 Dati di evento

Le registrazioni dei dati di evento saranno campionate come indicato nella Tabella 10.1.

*Tabella 10.1 Tassi di Campionamento delle RegISTRAZIONI DEI DATI DI EVENTO*

	Modulo	Sensore	Tasso di campionamento (Hz)	Periodo di campionamento (s)
Dati del Vento - ultrasuoni	EEM	WS(3)(ext)	50	
Velocità del Vento - Meccanica	EEM	WS(2)(ext)	50	
Direzione del Vento - Meccanica	EEM	WD(ext)	50	
GPS - per l'Impalcato	PM	GPS(3)(ext)	1	
GPS - per il Cavo Principale	PM	GPS(3)(ext)	1	
GPS - per la Torre	PM	GPS(3)(ext)	1	
GPS - per il pilastro	PM	GPS(3)(ext)	1	
GPS - per il Blocco di ancoraggio	PM	GPS(3)(ext)	1	
GPS - per zona remota	PM	GPS(3)(ext)	1	
Temperatura dell'Aria - Ombra Esterna	EEM	CT(ext)		600
Temperatura dell'Aria - Interna	IEM	CT(int)		600
Radiazione Solare	EEM	SR(ext)		600
Umidità Relativa - Esterna	EEM	RH(ext)		600
Umidità Relativa - Interna - ad eccezione del Cavo Principale	IEM	RH(int)		600
Umidità Relativa - Interna - per il Cavo Principale	IEM	RH(int)		600

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Tasso di corrosione – interno – per cavo principale	IEM	Cr (int)		600
Pressione dell'Aria - Esterna	EEM	B(ext)		600
Pioggia	RCM	RG(ext)	1	
Umidità Superficiale - Esterna	EEM	SH(ext)		600
Umidità Superficiale - Interna	IEM	SH(int)		600
Temperatura della Strada	RCM	RT(ext)		600
Accelerazione 1D - per Giunto di Dilatazione	DRM	A(1)(ext)	100	
Accelerazione 1D - per Appoggio Giunto di Dilatazione	DRM	A(1)(ext)	100	
Accelerazione 2D - per Pendino	DM	A(2)(ext)	50	
Accelerazione 3D - per Impalcato	DM	A(3)(int)	50	
Accelerazione 3D - per Cavo Principale	DM	A(3)(ext)	50	
Accelerazione 3D - per Torre	DM	A(3)(int)	50	
Accelerazione Sismica 3D - per Torre	DM	SA(3)(int)	100	
Accelerazione Sismica 3D - per Blocco di Ancoraggio	DM	SA(3)(int)	100	
Accelerazione Sismica 3D - per Zona Remota	DM	SA(3)(ext)	100	
Inclinazione Statica 2D - per Torre	DM	SIN(2)(int)	1	
Inclinazione Statica 2D - per Blocco di Ancoraggio	DM	SIN(2)(int)	1	
Inclinazione Dinamica 2D - per Torre	DM	DIN(2)(int)	100	
Inclinazione Dinamica 2D - per Pilastro	DM	DIN(2)(ext)	100	
Inclinazione Dinamica 2D - per Blocco di Ancoraggio	DM	DIN(2)(int)	100	
Inclinazione Dinamica 2D - per Piastra Tettonica	DM	DIN(3)(ext)	100	
Temperatura dell'Acciaio - Generale - ad eccezione del Cavo Principale	GSTM	ST(int)		600
Temperatura dell'Acciaio - Locale - ad eccezione del Cavo Principale	LSTM	ST(int)		600
Temperatura dell'Acciaio - per il Cavo Principale	GSTM	ST(int)		600
Temperatura dell'acciaio – per i binari ferroviari	GSTM	ST (ext)		600
Tensione - Generale - per l'Impalcato	GSSM	SG(int)	50	

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Tensione - Fatica - per l'Impalcato	FSSM	SG(int)	500	
Tensione - per il Cavo Principale	GSSM	SG(int)	1	
Tensione - per la Barra di Ancoraggio del Cavo Principale	GSSM	SG(int)	1	
Tensione - Generale - per il Pendino	GSSM	SG(int)	50	
Tensione - Fatica -per il Pendino	FSSM	SG(int)	50	
Tensione - per la Torre	GSSM	SG(int)	1	
Tensione - per il Tirante Torre	GSSM	SG(int)	1	
Rosetta di tensione - per il Morsetto del Cavo Principale	GSSM	SG(3)(int)	1	
Spostamento - per Giunto di Dilatazione	DRM	LD(ext)	50	
Spostamento - per Ammortizzatore	DRM	LD(ext)	50	
Spostamento - per Perno Ammortizzatore	DRM	LD(ext)	1	
Spostamento - per Cavo Principale verso la Sella	SRM	LD(int)	1	
Spostamento - per Ammortizzatore di Massa Accordato	TMDM	LD(int)	50	
Pressione Idraulica - per Ammortizzatore (Camere)	DRM	HP(ext)	50	
Pressione idraulica - per Ammortizzatore (Serbatoio di Accumulo )	DRM	HP(ext)	50	
Temperatura dell'Olio - per Ammortizzatore	DRM	OT(ext)		600
Corrosione	SCM	CC(ext)		600
Pressione del Terreno	SCM	P(ext)	1	
Pressione interstiziale del Terreno	SCM	IP(ext)	1	

I dati del traffico saranno registrati ad un tasso di campionamento di 1Hz.

I dati di evento saranno registrati come valori puntuali.

#### **10.13.4 Dati degli Eventi Sismici**

Le registrazioni dei dati degli eventi sismici verranno campionate come le registrazioni dei dati di evento.

I dati degli eventi sismici verranno registrati come valori puntuali.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

### 10.13.5 Dati del Conteggio a Pioggia

Le registrazioni dei dati del conteggio a pioggia verranno create ogni 3600sec. (1 ora).

I dati del conteggio a pioggia saranno equivalenti ai valori puntuali.

### 10.13.6 Dati Statistici

I dati statistici verranno campionati con le seguenti frequenze:

- Dati del vento : 5Hz

I dati statistici verranno registrati come valori puntuali.

### 10.13.7 Dati Supplementari

I dati supplementari verranno campionati nello stesso periodo di tempo dei Dati Storici 1:

- Dati di temperatura supplementari : 60sec. (1 min.)

I dati supplementari verranno registrati come valori puntuali.

## 10.14 Eventi ed Avvertimenti

I dati ad alta definizione provvisori registrati dal Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale verranno valutati per quelle condizioni che:

- Indicano che si è verificato o sta per verificarsi un evento di interesse
- indicano la prossimità di un evento

Una volta identificato un evento, si dovranno intraprendere le seguenti azioni:

- un indicatore di eventi verrà reperito sui display del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- l'evento verrà aggiunto al registro eventi
- i dati associati con l'evento verranno registrati

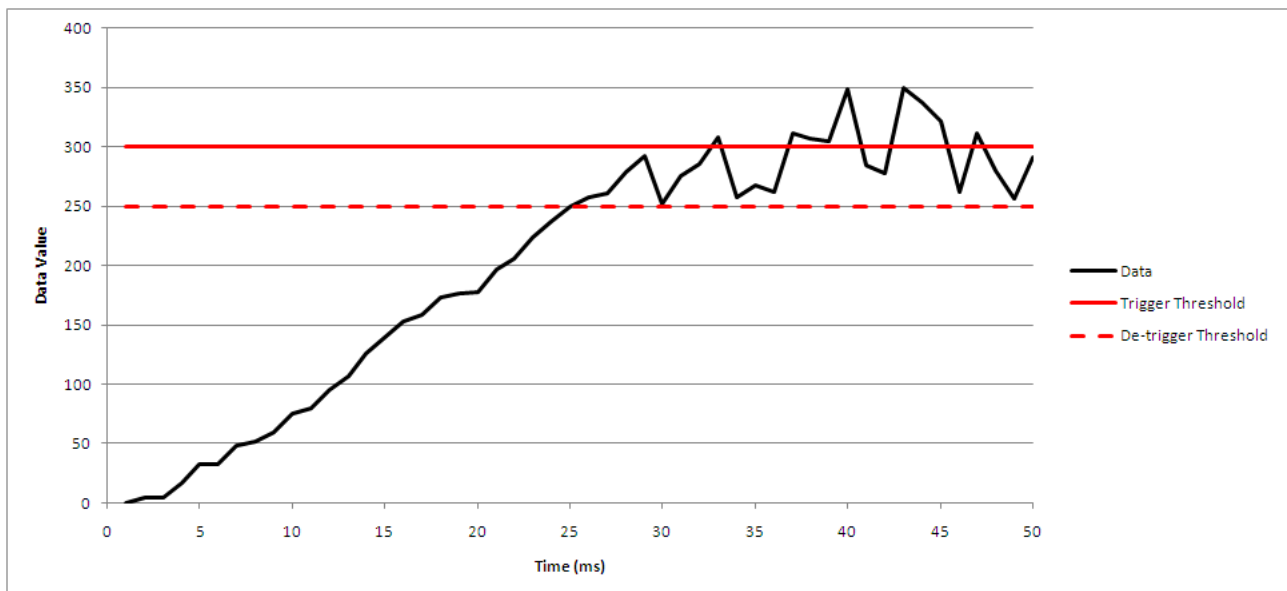
Vengono identificati due tipi di evento :

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

- Evento
- Evento Sismico

Gli eventi verranno identificati quando i dati superano i limiti di soglia di evento superiori e inferiori, ad es. non solo un evento viene identificato quando i dati passano il limite di soglia, ma esso continua ad essere identificato mentre i dati rimangono al di là del limite di soglia. I limiti di soglia di evento superiori e inferiori verranno definiti per ciascun canale dati nel file di configurazione. Per evitare lo scatto ripetuto dello stato di evento a causa dell'oscillazione dei dati attraverso il limite di soglia di scatto, in particolare a causa del livello del rumore di fondo sui dati, il canale dati resterà in uno stato di evento fino a quando i dati non saranno scesi al di sotto di un livello di soglia di disattivazione. Il principio di attivazione / disattivazione è indicato nella Valore dei dati - Dati - Soglia di attivazione- Soglia di disattivazione - Tempo (ms)

Figura 10.3. I limiti di soglia di disattivazione saranno definiti nel file di configurazione per ciascun canale dati.



Valore dei dati - Dati - Soglia di attivazione- Soglia di disattivazione - Tempo (ms)

**Figura 10.3** *Illustrazione del Principio di Trigger / De-trigger*

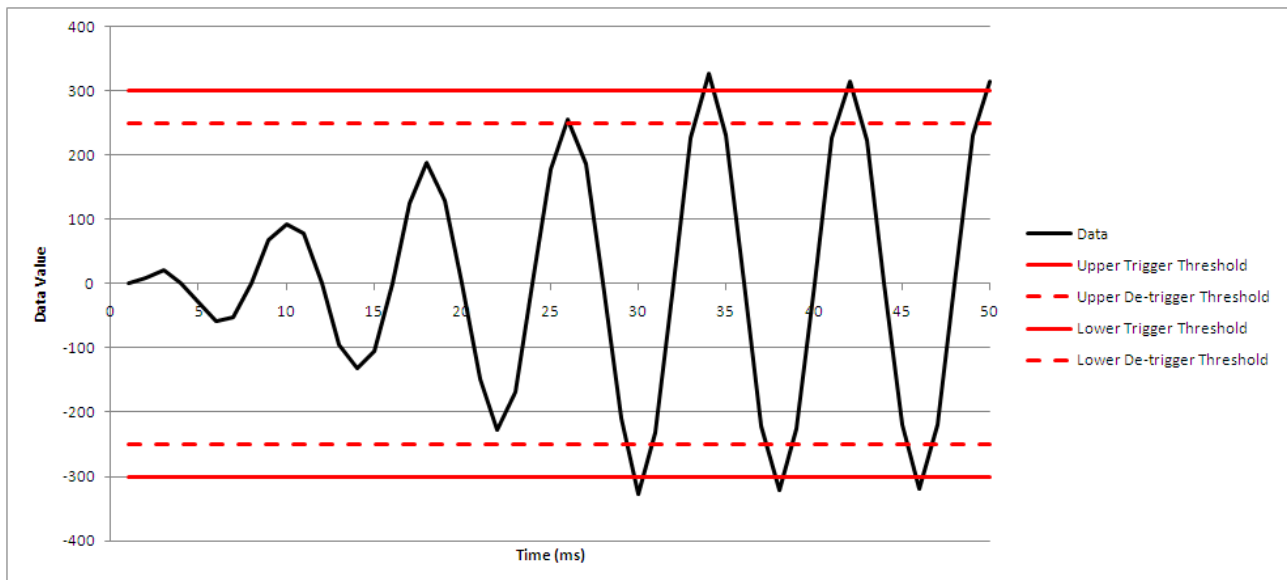
Poichè le vibrazioni comportano delle oscillazioni in una condizione di regime, i dati registrati dagli accelerometri richiederanno un trattamento supplementare per evitare il continuo innesco dello



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011	

stato di evento. Il problema è illustrato nella Valore dei dati – Dati - Soglia di attivazione superiore - Soglia di disattivazione superiore - Soglia di attivazione inferiore - Soglia di disattivazione inferiore

Figura 10.4. Il triggering sui dati di accelerazione sismica verrà trattato in maniera diversa come sotto descritto. Dopo l'attivazione iniziale dello stato di evento, il protocollo di ricerca dei trigger verrà provvisoriamente disattivato su quel canale di accelerometri per un periodo definito dall'utente prima del termine del periodo di post-attivazione per il file di evento ad es. 10sec., che verrà definito nel file di configurazione del sistema. In questo modo, lo stato di evento continuerà solo se l'accelerazione continua a superare il limite di soglia.



Valore dei dati – Dati - Soglia di attivazione superiore - Soglia di disattivazione superiore - Soglia di attivazione inferiore - Soglia di disattivazione inferiore

*Figura 10.4 Illustrazione del Principio di Attivazione / Disattivazione a fronte dei Dati degli Accelerometri*

Un evento sismico viene identificato ai fini dell'importanza di eseguire una valutazione iniziale delle condizioni della struttura dopo il verificarsi di tale evento. Un evento sismico verrà identificato mediante rilevamento dell'evento stesso solo attraverso gli accelerometri sismici a terra. Due sono gli algoritmi di attivazione applicati al sistema, anche se solo uno di essi verrà selezionato in quanto attivo.

*Algoritmo di attivazione sismico 1: Attivazione di livello.* Un evento sismico è un evento globale che interesserà una grossa area e quindi verrà registrato da numerosi accelerometri sismici contemporaneamente. Per limitare la possibilità di informazioni false, l'evento sismico verrà

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

segnalato nel momento in cui i limiti di soglia verranno superati da numerosi canali contenenti accelerometri sismici entro un periodo definito: è necessario che un numero minimo di canali dati scattino entro un periodo di tempo prefissato, ad es. 4 canali contenenti accelerometri sismici entro un periodo di tempo di 10sec. I limiti di soglia saranno definiti nel file di configurazione. Altri parametri verranno definiti nel file di configurazione del sistema.

*Algoritmo di attivazione sismico 2: Attivazione della media a lungo/breve termine (STA/LTA).* Questo algoritmo verrà applicato a ciascun canale contenente accelerometri sismici. I dati accelerometrici verranno filtrati con filtro passa-banda. Un valore a rotazione del rapporto STA - LTA verrà calcolato come un nuovo canale dati. Per questo rapporto verranno stabiliti dei valori di soglia, che verranno definiti nel file di configurazione. Altri parametri quali la durata dei periodi di STA e LTA, ad es. 0,5s e 200s, e le caratteristiche passa-banda, ad es. passa-basso e passa-alto, verranno definiti nel file di configurazione del sistema.

I consigli sui parametri di attivazione dovranno essere richiesti al centro sismologico locale durante il Progetto Esecutivo.

Dopo un evento sismico, i dati forniti dagli accelerometri a terra dovranno essere successivamente elaborati usando un'integrale di Duhamel per l'ottenimento di uno spettro di risposte di confronto con lo spettro di progetto al quale farà seguito l'emissione automatica di un rapporto.

I dati di evento comprenderanno i dati registrati in un periodo di tempo prima e dopo il verificarsi dell'evento. I periodi di registrazione prima e dopo l'evento verranno definiti nel file di configurazione del sistema. Il periodo precedente al verificarsi dell'evento dovrà essere sufficiente a registrare l'insorgere dell'evento stesso, ad es. 30sec. Il periodo successivo all'evento deve essere sufficiente a registrare l'intero evento comprendente quindi l'insorgere e la fine delle vibrazioni ed a fornire una sufficiente risoluzione di frequenza dei dati accelerometrici convertiti nel campo delle frequenze, ad es. 120sec. per gli eventi non-sismici e 240sec. per gli eventi sismici.

A ciascun canale dati, al quale vengono assegnati i livelli di soglia per il lancio dei dati di evento (inclusi i dati dell'evento sismico), verranno associati i canali dati inclusi nella registrazione dei dati di evento. Tali associazioni verranno indicate nel file Associazioni di Evento. All'atto della registrazione del verificarsi dell'evento, al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ed alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) verrà trasmesso un segnale di rilevamento dell'evento contenente il canale intervenuto e la marcatura temporale di intervento. Questo segnale consentirà al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) di visualizzare l'intervento sugli

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

schermi dell'operatore ed al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ed alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) di creare i dati di evento richiesti. Qualora durante la registrazione di un evento si verificano degli eventi successivi, tutti i dati associati a questi ultimi verranno aggiunti alla registrazione attiva dei dati di evento che verrà incrementata del tempo di post-intervento successivo al tempo dell'ultimo evento. Il periodo previsto per i dati di evento dovrà essere bloccato per evitare la registrazione continua e la creazione di un file di dimensioni eccessive. Il blocco del tempo previsto per i dati di evento verrà definito nel file di configurazione del sistema.

Una volta individuato l'approssimarsi di un evento, si dovranno intraprendere le seguenti azioni:

- verrà inserito sugli schermi del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) un indicatore di avvertimento
- la segnalazione verrà aggiunta al registro degli eventi

E' da notare che i dati non verranno registrati quando viene individuata una segnalazione. Le segnalazioni verranno recepite al superamento delle soglie di avvertimento superiori e inferiori assegnate, che verranno definite nel file di configurazione per ciascun canale dati.

I canali dati da assegnare con i limiti di soglia dell'evento e della segnalazione ed i valori da assegnare ai parametri di configurazione (limiti di soglia dell'evento e della segnalazione e parametri supplementari per gli eventi sismici) dovranno essere determinati durante la fase dello sviluppo di dettaglio con l'input del progettista strutturale del ponte, ma prima del completamento della messa a punto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

Le segnalazioni e gli eventi verranno stabiliti ad esempio per i seguenti parametri:

- velocità trasversale del vento a livello di impalcato: velocità del vento di progetto limite
- posizione verticale dell'impalcato: limite di movimento associato all'involucro con spazio libero per i canali di navigazione
- posizione laterale dell'impalcato: limite di movimento previsto dal progetto
- posizione longitudinale della sommità delle torri: limite di movimento previsto dal progetto
- posizione trasversale della sommità delle torri: limite di movimento previsto dal progetto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- posizione dei blocchi di ancoraggio: movimento statico ammissibile
- posizione dei pilastri di tie-down : movimento statico ammissibile
- posizione basi torri: movimento statico ammissibile
- posizione verticale delle basi torri da est a ovest: movimento statico ammissibile
- accelerazione pendini : accelerazione di punta accettabile
- accelerazione impalcato: accelerazione di punta accettabile
- accelerazione torsionale teorica dell'impalcato: accelerazione di punta accettabile
- accelerazione cavo principale: accelerazione di punta accettabile
- accelerazione torsionale teorica del cavo principale: accelerazione di punta accettabile
- accelerazione delle torri: accelerazione di punta accettabile
- accelerazione torsionale teorica delle torri: accelerazione di punta accettabile
- ribaltamento torri: movimento statico ammissibile
- tensione media pendini: tensione limite
- tensione media cavo principale: tensione limite
- tensione cassoni longitudinali impalcato: tensione limite
- tensione traverse impalcato: tensione limite
- tensione gambe torri: tensione limite
- tensione portali (traversa) torri: tensione limite.
- tensione tiranti base torri: tensione limite
- tensione barre di ancoraggio cavo principale: tensione limite
- spostamento giunti di dilatazione: movimento limite
- forza ammortizzatore: forza limite

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- spostamento ammortizzatore: movimento limite
- spostamento ammortizzatori di massa accordati delle torri : movimento limite
- spostamento cavo principale rispetto alla sella della torre: movimento statico ammissibile
- spostamento cavo principale rispetto alla sella blocco di ancoraggio: movimento statico ammissibile
- pressione del terreno: pressione ammissibile
- pressione interstiziale del terreno: pressione ammissibile
- accelerazioni del terreno per il rilevamento di un evento sismico: come sopra indicato

I canali dati da assegnare con i limiti di soglia dell'evento e della segnalazione ed i valori da assegnare ai parametri di configurazione (limiti di soglia dell'evento e della segnalazione e parametri supplementari per gli eventi sismici) dovranno essere determinati durante la fase dello sviluppo di dettaglio con l'input del progettista strutturale del ponte, ma prima del completamento della messa a punto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

### 10.15 Segnalazione Eventi sul Ponte

L'operatore dovrà essere reso consapevole delle condizioni di sicurezza generali del ponte. Le condizioni del ponte verranno indicate da un sistema a 3 livelli: "assenza di pericolo", "pericolo in avvicinamento" e "pericolo". Le condizioni del ponte verranno valutate automaticamente tramite una valutazione dei carichi applicati ed una valutazione derivante dall'insieme delle segnalazioni e degli eventi unite ad un riesame delle condizioni degli elementi valutate. I criteri di segnalazione di eventi sul ponte comprendenti la matrice di associazione delle segnalazioni e degli eventi singoli sui canali dati che porterà alle segnalazioni degli eventi sul ponte verranno indicati nel file di configurazione degli eventi sul ponte. Una volta individuata la segnalazione di un evento che interessa il ponte:

- verrà inserito sugli schermi del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) un indicatore di avvertimento
- la segnalazione verrà aggiunta al registro degli eventi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Le condizioni del ponte verranno valutate sulla base della seguente valutazione dei carichi applicati:

- pressione del vento: limite dell'effetto del carico
- carico del traffico totale: limite dell'effetto del carico
- pressione del vento e carico del traffico totale: limite di combinazione degli effetti del carico

Le condizioni del ponte verranno valutate ad esempio per le seguenti associazioni di segnalazioni ed eventi:

- posizione verticale verso il basso dell'impalcato e posizione longitudinale verso l'interno della sommità della torre: movimenti limite
- tensione media dei pendini per ciascun pendino in coppia: sollecitazioni limite
- tensione media del cavo principale di ciascun cavo del cavo principale in coppia in un punto di misurazione: sollecitazioni limite
- tensione delle gambe delle torri in due punti di misura della superficie opposti in una posizione di misurazione: sollecitazioni limite
- tensione delle traverse delle torri in due punti di misura della superficie opposti in una posizione di misurazione: sollecitazioni limite
- tensione longitudinale dei cassoni impalcato in due punti di misura della superficie opposti in una posizione di misurazione: sollecitazioni limite
- tensione delle traverse dell'impalcato in due punti di misura della superficie opposti in una posizione di misurazione: sollecitazioni limite

L'associazione di segnalazioni ed eventi da considerare per le segnalazioni di eventi che interessano il ponte, l'impatto delle condizioni e la categorizzazione delle condizioni del ponte verranno determinati durante la fase dello sviluppo di dettaglio con l'input del progettista strutturale del ponte, ma prima del completamento della messa a punto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Dopo una segnalazione di evento sul ponte, verrà presentata una valutazione automatica della causa e dell'impatto di tale evento insieme alle raccomandazioni circa le azioni da intraprendere. Le azioni potranno comprendere:

- limitazione del traffico sul ponte
- chiusura al traffico del ponte
- evacuazione del ponte
- indagine visiva
- riesame dei dati

La valutazione automatica verrà stabilita sulla base di una matrice di risultati anticipati. Alle valutazioni automatiche verranno assegnati dei codici di identificazione univoci che verranno salvati nel registro degli eventi dopo una segnalazione. La matrice ed i codici associati verranno indicati nel file di configurazione delle segnalazioni di eventi sul ponte. La matrice dovrà essere determinata durante la fase dello sviluppo di dettaglio con input del progettista strutturale del ponte, ma prima del completamento della messa a punto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

### **10.16 Segnalazione della Viabilità (e Manutenzione)**

L'operatore dovrà essere reso consapevole delle condizioni di viabilità (e manutenzione) per un efficace funzionamento del ponte ed una valida pianificazione della manutenzione. A tale scopo, si dovrà prevedere un sistema di attivazione delle segnalazioni. Non è tuttavia necessario creare delle registrazioni di dati degli eventi con tali segnalazioni. Le segnalazioni di viabilità (e manutenzione) verranno determinate tramite confronto dei dati rispetto ai limiti di soglia delle segnalazioni di viabilità superiori e inferiori, che verranno definiti per ciascun canale dati nel file di configurazione delle segnalazioni sulla viabilità. Una volta individuata la segnalazione di viabilità :

- verrà inserito sugli schermi del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) un indicatore di segnalazione
- la segnalazione verrà aggiunta al registro degli eventi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Le segnalazioni di viabilità (e manutenzione) saranno previste ad esempio per i seguenti parametri:

- Velocità del vento trasversale a livello di impalcato: limite operativo per l'utilizzo sicuro della strada e della ferrovia
- Temperatura minima dell'acciaio meno temperatura di rugiada nel punto di misurazione: limite
- Umidità relativa (interna): limite operativo
- Tasso di corrosione cavo principale (interno); limite operativo
- Posizione verticale dell'impalcato: limite di movimento associato all'involucro con spazio libero per i canali di navigazione
- Accelerazione impalcato: limite operativo accelerazione di punta per comfort
- Accelerazione torsionale teorica dell'impalcato: limite operativo accelerazione di punta per comfort
- Pioggia: limite operativo per un utilizzo sicuro della strada
- Utilizzo a fatica dell'impalcato: limite di manutenzione
- Utilizzo manutenzione per movimento dei giunti di dilatazione (indicatore di usura dei giunti di dilatazione): limite di manutenzione
- Forza e spostamento ammortizzatore: limite operativo con la combinazione di effetti di carico
- Spostamento ammortizzatori di massa accordati delle torri: limite operativo
- Corrosione armatura calcestruzzo: limite di manutenzione

I canali dati da assegnare con i limiti di soglia di segnalazione della viabilità ed i valori da assegnare ai parametri di configurazione (limiti di soglia di segnalazione della viabilità) dovranno essere determinati durante la fase dello sviluppo di dettaglio con l'input del progettista strutturale del ponte, ma prima del completamento della messa a punto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 10.17 Strategia per il Trattamento di Eventi e Segnalazioni Multipli Simultanei

Verrà sviluppata un'energica strategia di trattamento degli eventi e delle segnalazioni multipli contemporanei comprendenti le segnalazioni di eventi che interessano il ponte e le segnalazioni di viabilità per garantire che il sistema o parte di esso:

- continui a funzionare in tempo reale
- non si blocchi
- non si rompa

In particolare, si dovrà prevedere una strategia speciale durante la registrazione di un evento sismico in quanto parti significative del sistema saranno chiamate a registrare eventi e segnalazioni.

La strategia potrà prevedere dei protocolli di prioritizzazione. Comunque, tutti gli eventi e le segnalazioni dovranno essere registrati e trattati sulla base dei requisiti operativi del sistema.

La strategia verrà sottoposta al progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale per l'approvazione.

## 10.18 Conteggio dei Cicli

Il conteggio dei cicli verrà eseguito secondo il metodo contenuto nella norma ASTM E-1049 *Prassi standard per il Conteggio dei Cicli nell'Analisi della Fatica*. Il conteggio dei cicli verrà eseguito sulla base dei dati ad alta definizione provvisori, dove i dati verranno assemblati per tutta la durata del file dati del conteggio a pioggia, ad es. 1 ora.

Il conteggio dei cicli sui dati di tensione sarà basato su 1000 celle di grandezza oscillante tra 0MPa e 1000MPa con incrementi di 1MPa. Gli utilizzi della fatica verranno calcolati dai dati di conteggio a pioggia totale secondo le procedure presentate nel progetto di base. La classe di fatica potrà essere definita dall'utente. Le celle più piccole conterranno delle oscillazioni che non sono reali, ma dovute al rumore. L'utente dovrà essere in grado di definire quali celle non vengono utilizzate nel calcolo degli utilizzi della fatica. I valori iniziali dovranno essere determinati durante la fase dello sviluppo di dettaglio con l'input del progettista strutturale del ponte, ma prima del completamento della messa a punto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Il conteggio dei cicli sui dati di spostamento lineare sarà basato su 1000 celle di grandezza oscillante tra 0mm e 2000mm con incrementi di 2mm. Per scopi di elaborazione, il sistema dovrà essere in grado di registrare provvisoriamente 2000 celle di grandezza oscillante tra 0mm e 4000mm con incrementi di 2mm. I campi registrati oltre 2000mm verranno aggiunti alla cella da 1998-2000mm. Gli utilizzi per manutenzione dovranno essere calcolati partendo dai dati del conteggio a pioggia totale. A ciascuna cella verranno assegnate delle ponderazioni di importanza variabili tra 0,000 e 1,000. Una ponderazione di importanza di 0,000 consentirà di escludere dal calcolo gli utilizzi per manutenzione delle celle più piccole contenenti delle oscillazioni che non sono reali, ma che sono dovute al rumore. La procedura per il calcolo dell'utilizzo per manutenzione e delle ponderazioni di importanza iniziali dovrà essere determinata durante la fase dello sviluppo di dettaglio con l'input del progettista strutturale del ponte, ma prima del completamento della messa a punto del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

## 10.19 File Dati e Contenuto dei File

Il presente paragrafo descrive il sistema di gestione che deve essere stabilito per la gestione dei dati ed il funzionamento del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS). Il sistema di gestione è stato descritto in termini di file e di strutture di file. Sarà tuttavia accettabile un sistema stabilito su una struttura di database, a condizione che vengano mantenute le concezioni e le funzioni del sistema di gestione. Inoltre, durante il Progetto Esecutivo, si dovrà sviluppare l'architettura dettagliata della Tecnologia Informatica (IT) del database SCADA. Può quindi risultare conveniente indirizzare direttamente i dati destinati al Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS) senza convertirli in file fisici. Questo perfezionamento verrà preso in considerazione nel Progetto Esecutivo.

### 10.19.1 File Creati dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)

L'Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) creerà i seguenti tipi di file:

- File ad alta definizione (provvisorio)
- File Storico 1 (periodo 1)
- File Storico 2 (periodo 2)
- File Storico 3 (periodo 3)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- File Storico 4 (periodo 4)
- File degli eventi
- File degli eventi sismici
- File dei dati statistici
- File dei dati supplementari
- File dati del conteggio a pioggia

I nomi dei file identificheranno l'Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) alla quale i dati si riferiscono. I nomi dei file identificheranno l'ora di creazione dei file.

I file ad alta definizione conterranno i dati con valori puntuali registrati ad alta definizione, ad es. 1000Hz. I file ad alta definizione conterranno dati che coprono intervalli di 1 secondo e verranno memorizzati solo provvisoriamente sul breve termine. I file ad alta definizione verranno salvati sull'unità di disco fisso del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS), se comandato dall'operatore nell'interfaccia di sistema. I file ad alta definizione verranno etichettati "Highdef-DAUnn-yyyymmdd-hhmmss".

I file storici conterranno dati dei valori massimi, minimi, medi e di punta e dati di deviazione standard per tutti i canali dati. I file storici conterranno dati relativi alle scale temporali definite dall'utente, ad es. 1 giorno, 7 giorni, 1 mese, 1 anno. I dati registrati nei file storici saranno basati su periodi di campionamento definiti dall'utente, ad es. 1 minuto, 1 ora, 1 giorno, 1 mese. I file storici verranno etichettati "Hist1-DAUnn-yyyymmdd", "Hist2-DAUnn-yyyymmdd", "Hist3-DAUnn-yyyymmdd", e "Hist4-DAUnn-yyyymmdd".

I file degli eventi e degli eventi sismici conterranno valori puntuali registrati alle frequenze di campionamento degli eventi citate per tutti i canali associati all'evento. I dati contenuti nei file degli eventi indicheranno dei periodi temporali definiti dall'utente prima e dopo il verificarsi di un evento. I file degli eventi e degli eventi sismici verranno etichettati "Event-DAUnn-yyyymmdd-hhmmss" e "SeisEvent-DAUnn-yyyymmdd-hhmmss".

I file dei dati statistici conterranno tutti i dati dei valori puntuali registrati per scopi statistici (ad es. vento) con i parametri richiesti. L'etichettatura dei file deve essere proposta e concordata con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

I file dei dati supplementari conterranno tutti i dati dei valori puntuali registrati per scopi aggiuntivi (ad es. temperatura dettagliata) con i parametri richiesti. L'etichettatura dei file deve essere proposta e concordata con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

I file dati del conteggio a pioggia conterranno tutti i dati di questo tipo per un periodo definito dall'utente, ad es. 1 giorno. I dati del conteggio a pioggia verranno pure aggiunti ad un file dati del conteggio a pioggia totale sul Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). L'etichettatura dei file deve essere proposta e concordata con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

#### **10.19.2 File Creati dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)**

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) creerà i seguenti file di dati:

- File ad alta definizione provvisorio per i dati di traffico
- File storico 1 (periodo 1) per i dati di traffico
- File storico 2 (periodo 2) per i dati di traffico
- File storico 3 (periodo 3) per i dati di traffico
- File storico 4 (periodo 4) per i dati di traffico
- File degli eventi per i dati di traffico
- File degli eventi sismici per i dati di traffico
- File ad alta definizione provvisorio per i dati virtuali
- File storico 1 (periodo 1) per i dati virtuali
- File storico 2 (periodo 2) per i dati virtuali
- File storico 3 (periodo 3) per i dati virtuali
- File storico 4 (periodo 4) per i dati virtuali
- File degli eventi per i dati virtuali
- File degli eventi sismici per i dati virtuali

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- File dati di conteggio a pioggia totale
- File di utilizzo

I file ad alta definizione provvisori per i dati di traffico dovranno concordare con il formato dei file ad alta definizione provvisori principali creati dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). I file ad alta definizione per i dati di traffico verranno etichettati “Highdef-TMS-yyyymmdd-hhmmss”.

I file storici per i dati di traffico dovranno concordare con il formato dei file storici principali creati dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). I file storici per i dati di traffico verranno etichettati “Hist1-TMS-yyyymmdd”, “Hist2-TMS-yyyymmdd”, “Hist3-TMS-yyyymmdd”, e “Hist4-TMS-yyyymmdd”.

I file degli eventi e degli eventi sismici per i dati di traffico dovranno concordare con il formato dei file degli eventi e degli eventi sismici principali creati dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). I file degli eventi e degli eventi sismici per i dati di traffico verranno etichettati “Event-TMS-yyyymmdd-hhmmss” e “SeisEvent-TMS-yyyymmdd-hhmmss”.

I file ad alta definizione provvisori per i dati virtuali dovranno concordare con il formato dei file ad alta definizione provvisori principali creati dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). I file ad alta definizione per i dati virtuali verranno etichettati “Highdef-VIRT-yyyymmdd-hhmmss”.

I file storici per i dati virtuali dovranno concordare con il formato dei file storici principali creati dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). I file storici per i dati virtuali verranno etichettati “Hist1-VIRT-yyyymmdd”, “Hist2-VIRT-yyyymmdd”, “Hist3-VIRT-yyyymmdd”, e “Hist4-VIRT-yyyymmdd”.

I file degli eventi e degli eventi sismici per i dati virtuali dovranno concordare con il formato dei file degli eventi e degli eventi sismici principali creati dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). I file degli eventi e degli eventi sismici per i dati virtuali verranno etichettati “Event-VIRT-yyyymmdd-hhmmss” and “SeisEvent-VIRT-yyyymmdd-hhmmss”.

I file dati di conteggio a pioggia totale assembleranno i file dati discreti del conteggio a pioggia ricevuti dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). Un file dati di conteggio a pioggia totale verrà salvato ad intervalli di 1 giorno con un identificatore univoco basato sulla data.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

L'etichettatura dei file deve essere proposta e concordata con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

Il file di utilizzo conterrà dati di utilizzo con valori puntuali calcolati dai dati di conteggio a pioggia totale e registrati ad intervalli equivalenti al trasferimento di ciascun file dati di conteggio a pioggia dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). Un file di utilizzo verrà salvato ad intervalli di 28 giorni con un identificatore univoco basato sulla data. L'etichettatura dei file deve essere proposta e concordata con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale.

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) aggiornerà le seguenti registrazioni log:

- Record di log degli eventi

I record di log degli eventi verranno creati direttamente sul database di SCADA e conterranno un elenco di tutti gli eventi (eventi, eventi sismici, segnalazioni, segnalazioni di viabilità, segnalazioni degli eventi sul ponte, malfunzionamento dei sensori) comprendenti l'ora dell'evento, il sensore intervenuto, il valore di intervento superato, il valore minimo nel file degli eventi, il valore massimo nei record di log, le segnalazioni di viabilità, le segnalazioni degli eventi sul ponte e il malfunzionamento dei sensori) comprendenti l'ora dell'evento, il sensore intervenuto, il valore di intervento superato, il valore minimo e massimo nei file degli eventi, il valore medio nel record degli eventi, la deviazione standard nel record degli eventi, il riferimento ai record degli eventi, codice di valutazione automatica (in caso di segnalazione evento sul ponte) e la condizione attuale indicata dall'operatore del componente che è intervenuto (presa dal log delle condizioni). I dati verranno aggiunti ai record di log degli eventi dall'operatore in risposta all'evento e comprenderanno il raggruppamento degli eventi in un evento singolo, la valutazione iniziale degli eventi (importanza, pertinenza e gravità), la valutazione dell'importanza dei dati degli eventi per la memorizzazione dei dati a lungo termine e la data e l'ora di variazione dell'immissione nel log. Se memorizzati in formato file, i record di log degli eventi conterranno i dati di copertura delle scale temporali definite dall'utente, ad es. 1 giorno, e verranno etichettati "EventLog-yyyymmdd".

### **10.19.3 Altri File di Funzionamento del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS)**

Saranno inclusi altri file necessari per il funzionamento del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS), che saranno creati e gestiti dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS):

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- File di configurazione
- File di configurazione dei sistemi
- File di stato dei canali
- File di associazione degli eventi
- File di configurazione delle segnalazioni degli eventi sul ponte
- File di configurazione delle segnalazioni di viabilità
- File di Condizione
- File di log di configurazione
- File di log di aggiornamento del software
- File di log di evoluzione del sistema

I file di configurazione conterranno la configurazione dei canali dati (incluso un offset definibile dall'utente), i tassi di campionamento degli eventi, l'intervento di eventi ed i livelli di disattivazione, i livelli di segnalazione degli eventi, i livelli limite dei componenti ed i livelli limite degli indicatori di malfunzionamento. Per tutti i canali dati esisterà un solo file di configurazione. Ciascun file di configurazione creato verrà mantenuto e memorizzato sul Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS). I file di configurazione saranno etichettati "Config-yyyymmdd-hhmmss".

I file di configurazione dei sistemi forniranno tutti i dati di configurazione generali dei sistemi. Ciascun file di configurazione dei sistemi creato verrà mantenuto e memorizzato sul Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS). I file di configurazione dei sistemi saranno etichettati "SysConfig-yyyymmdd-hhmmss".

I file di stato dei canali indicheranno lo stato del canale, ad es. attivo, disattivato, malfunzionante. Ciascun file di stato dei canali creato verrà mantenuto e memorizzato sul Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS). I file di stato dei canali saranno etichettati "ChStatus-yyyymmdd-hhmmss".

I file di associazione degli eventi conterranno l'associazione dei canali dati da registrare nel caso si verifichi un evento per ciascun canale che interviene. Ciascun file di associazione degli eventi



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

creato verrà mantenuto e memorizzato sul Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS). I file di associazione degli eventi saranno etichettati "EventAssoc-yyyymmdd-hhmmss".

Il file di configurazione delle segnalazioni degli eventi sul ponte conterrà varie combinazioni di canali dati di evento che riportano una condizione di allerta per la sicurezza del ponte nonché dei messaggi di outcome e relativi identificatori di codici. Il file di configurazione delle segnalazioni degli eventi sul ponte verrà etichettato "BrWarningConf".

Il file di Configurazione delle Segnalazioni di Viabilità fornirà tutti i livelli di segnalazione della viabilità. Il file di Configurazione delle Segnalazioni di Viabilità verrà etichettato "ServWarningConf".

Il file di Condizione riporta la condizione valutata dell'elemento monitorato. I dati verranno aggiunti al file di condizione dall'operatore. Il file di condizione verrà etichettato "Condition".

Il file di Log della Configurazione riporta lo stato di riconfigurazione dei sistemi inclusi l'ora di riconfigurazione, i nomi dei file di configurazione e lo stato di riconfigurazione sulle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). Il file di Log della Configurazione verrà etichettato "ConfigLog".

Il file di Log di Aggiornamento del Software viene aggiornato manualmente ogni volta che viene aggiornato il software del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale. Esso indica il numero di versione, la data di aggiornamento, il dettaglio dell'aggiornamento e l'impatto valutato dell'aggiornamento sull'output dati. Il file di Log di Aggiornamento del Software verrà etichettato "SoftUpdateLog".

Il file di Log di Evoluzione del Sistema viene aggiornato manualmente ogni volta che il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale evolve. Le immissioni verranno registrate con la data. Verranno descritti i particolari delle variazioni inclusi il sito di variazione e la valutazione dell'impatto della variazione sull'output dati. Il file di Log di Evoluzione del Sistema sarà anche un log nel quale verranno apportate le osservazioni generali relative a qualsiasi aspetto del sistema. Il file di Log di Evoluzione del Sistema verrà etichettato "SysEvoLog".

## 10.20 Formato dei File Dati del Sistema

I file dati del sistema sono file creati dal Sistema di Controllo dell'Integrità della Struttura (SHMS), ad es. file storici. I file dati del sistema vengono avviati sotto forma di record al Server di Controllo



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

dei Dati SHMS (SHMS DSS) per la memorizzazione a lungo termine e l'accessibilità da parte di altri componenti di SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS).

La struttura dei file dati del sistema sarà semplice. I dati verranno presentati in colonne conformemente al canale dati, con le prime colonne dedicate alla marcatura temporale. I dati verranno marcati temporalmente con la precisione di 1ms . La marcatura temporale comprenderà la data sotto forma di yyyy-mm-dd, l'ora nel formato orologio di 24h, minuto, secondo e millisecondo. Le prime file di ciascun file dati forniranno dati identificativi comprendenti il nome del ponte, ad es. Ponte di Messina, l'Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) e la localizzazione della stessa, il file di configurazione esistente, lo stato di ciascun canale dati e le unità di ciascun canale dati.

I file dati del sistema saranno in modalità testo o database. I file dati verranno compressi per ridurre al minimo le dimensioni.

Verranno sviluppati dei programmi di conversione per l'accesso ai e la conversione dei dati dal formato file primario ad altri formati file comprendenti la presentazione dei dati in modalità testo non compresso con separazione di virgola. Questi programmi di conversione saranno disponibili in un programma di interfaccia utente e per altri componenti di SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS)..

## 10.21 Configurazione del Sistema

La configurazione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale sarà eseguita tramite un'interfaccia di configurazione dedicata sul Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). Alcuni dati di configurazione sono richiesti esclusivamente dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). Altri dati di configurazione sono richiesti dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) e devono quindi essere trasmessi a tutte queste Unità dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). Con un sistema modularizzato di nodi orbitali che comunicano con package dati discreti inviati con una rete WAN pluriuso (ad es. sistema di collegamento fisso non dedicato), si dovrà stabilire un sistema forte per garantire una configurazione positiva a livello di sistema. Il protocollo di configurazione comporterà dei file di configurazione con nome, data e ora attuali conservati in un archivio sul Server di Controllo dei Dati SHMS (SHMS DSS). Il nome del file di configurazione sarà stampato su tutti i file dati. Il processo di riconfigurazione sarà il seguente:

- L'operatore aprirà l'interfaccia di configurazione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- L'operatore apporterà le variazioni come richiesto (password permettendo)
- L'operatore sceglierà di salvare le variazioni
- L'interfaccia di configurazione creerà un nuovo nome di file di configurazione con data e ora attuali
- L'operatore sceglierà di inviare il file di configurazione alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- L'interfaccia di configurazione invierà il file di configurazione alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) sostituiranno il file di configurazione esistente con il nuovo file di configurazione
- Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) invieranno una copia del file di configurazione sostituito all'interfaccia di configurazione del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- L'interfaccia di configurazione confronterà i file ricevuti con il file inviato come verifica di errore
- Ciascun file di ritorno registrato come positivamente trasferito dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) verrà indicato sull'interfaccia di configurazione
- Qualora una qualsiasi Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) venga indicata come non positivamente riconfigurata, l'operatore dovrà cercare di inviarla nuovamente a queste Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- In caso di ulteriore insuccesso, all'operatore non resterà che accedere alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) e copiare il file di configurazione manualmente
- Il risultato finale di riconfigurazione verrà aggiunto al file di log della configurazione
- Lo stato di riconfigurazione verrà indicato sullo schermo generale

Esiste la possibilità che la comunicazione con una Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) venga interrotta impedendo la riconfigurazione a livello di sistema.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 10.22 Raggruppamento dei Canali Dati

I canali dati saranno raggruppati in famiglie (o gruppi), ad es. sensori installati sugli ammortizzatori delle torri, per permettere una gestione efficiente ed efficace del sistema. Ciò viene consigliato per la configurazione del sistema. Tuttavia, i dati non verranno registrati sulla base di famiglie (o gruppi) per record di dati di evento in quanto ciò impatterebbe considerevolmente sulla flessibilità del sistema e sulla memorizzazione dei dati e la post-elaborazione degli eventi. I particolari per il raggruppamento dei canali dati, inclusi i nomi di famiglie (o gruppi) saranno soggetti all'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

## 10.23 Sommario di Trasferimento delle Informazioni

Le informazioni che verranno trasferite tra il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) comprenderanno:

- I dati dall' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- I dati di configurazione dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- Ricevimento dei dati di configurazione dall' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- Segnale di rilevamento eventi dall' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e ad altre Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- Segnale di rilevamento eventi dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- Segnale di malfunzionamento dei sensori dall' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- Segnale di controllo protocollo memoria provvisoria dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Segnale di controllo di cancellazione della memoria provvisoria dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- Segnale di correzione del tempo di sincronizzazione dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) all' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) interessata in caso di disservizio del collegamento tramite WAN

Le informazioni che verranno trasferite tra il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) sono riassunte nella Unità di Acquisizione ed

Dati Elaborazione dei Dati (DAU)	Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) Dati di configurazione Ricevimento dati di configurazione Segnale di rilevamento eventi (inviato anche alle DAU) Segnale di rilevamento eventi Segnale di malfunzionamento sensori Segnale di controllo protocollo memoria provvisoria Segnale di controllo cancellazione memoria provvisoria Segnale di correzione tempo di sincronizzazione (provvisorio)
-------------------------------------	---

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		Codice documento <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20/06/2011

Figura 10.5.

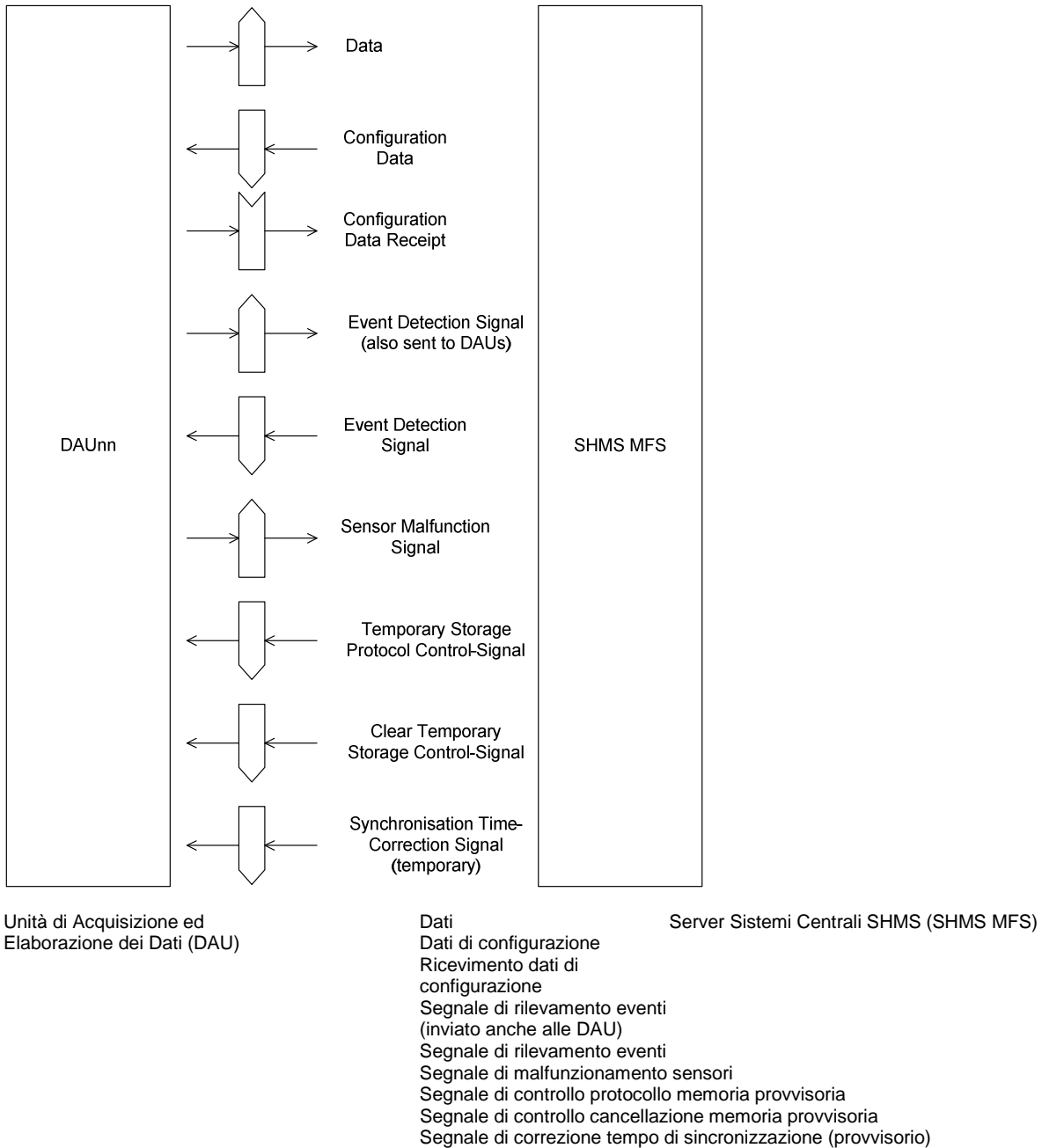


Figura 10.5 Comunicazione tra il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Altri segnali dati e ricevuti dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e dalle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) comprenderanno:

- Segnali di sincronizzazione tra il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) e l'orologio Grandmaster della norma IEEE1588

Sarà inoltre previsto l'accesso alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) per la manutenzione generale.

## 10.24 Interfaccia del Sistema

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) sarà accessibile innanzitutto dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS), tuttavia il sistema SCADA sarà in grado in qualsiasi momento di assumere il controllo del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) e come tale avrà la priorità assoluta di controllo del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS). Un'interfaccia di sistema dedicata sul Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) :

- Presenterà di continuo un sommario dello stato del sistema (ad es. stato dei sensori, stato degli eventi, stato del ponte, ecc.)
- Presenterà di continuo i dati chiave in un formato semplice e facile da seguire
- Offrirà un facile accesso al log degli eventi dal sistema e la visualizzazione dei dati per l'aggiunta di commenti ed il raggruppamento degli eventi da parte dell'operatore
- Consentirà all'operatore di resettare lo stato dei canali dati
- Consentirà il riesame visivo dei dati di evento e di evento sismico
- Consentirà il riesame visivo dei report automatici
- Consentirà all'operatore di modificare la configurazione del sistema
- Consentirà all'operatore di iniziare un record dei dati in formato evento da un canale dati prescelto, da una serie di canali (sulla base di canali dati destinati ad essere registrati con il canale dati prescelto) e da tutti i canali, che dovranno essere memorizzati sul Server di Memorizzazione dei Dati (SHMS DSS) (ma diversi dai dati di evento)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Consentirà all'operatore di trasmettere periodi di dati ad alta definizione provvisori definiti dall'utente all'unità disco fisso del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) per l'estrazione manuale e l'analisi dei dati

Con il componente Sistema di Elaborazione, Simulazione e Previsionale (CSP) del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS), fornito da terzi, sarà previsto un dispositivo per la visualizzazione ed il riesame dei dati storici.

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) sarà controllato tramite un'interfaccia utente grafica operata da mouse utilizzando le voci di controllo standard quali menu, cursori e controlli radio. Se l'utente deve selezionare da un elenco di voci pre-definite, tale selezione verrà eseguita usando un menu. I dati in ingresso progettati per essere immessi esclusivamente tramite tastiera saranno limitati per quanto possibile a voci non definite quali il testo ed i numeri immessi dall'utente. Le operazioni standard quali selezione della stampante, selezione del nome del file, testo di editazione, ridimensionamento delle finestre ecc., che hanno un equivalente diretto nei sistemi operativi di interfaccia con l'operatore lavorati nello stesso ambiente, ad es. Windows, dovranno usare lo stesso modulo o mantenere lo stesso "look and feel" del modulo.

Per l'assistenza all'utente saranno previsti dei menu ausiliari estesi. Tutti gli schermi di prova e di visualizzazione grafica avranno un collegamento ausiliario tramite mouse o tastiera, che metterà a disposizione uno schermo di visualizzazione ausiliario.

Per la visualizzazione del sistema saranno previsti come minimo 6 monitor:

- 1 monitor sarà dedicato alla visualizzazione della panoramica generale del sistema
- 3 monitor saranno dedicati alla visualizzazione dei video dati con scelta da parte dell'operatore dei video da visualizzare
- 1 monitor sarà dedicato alla visualizzazione dei dati di evento ed evento sismico
- 1 monitor sarà dedicato alla visualizzazione dei report automatici, alla configurazione, alla gestione del Sistema di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS) ed all'accesso alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)

I monitor dovranno essere disposti in una griglia per massimizzare la visualizzazione simultanea da parte di un solo operatore, ad es. larghezza 3 x altezza 2.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>		<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) e il Sistema di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS) saranno accessibili da posizione remota per consentire al committente ed al gestore del ponte di visionare il funzionamento del sistema da altri punti (ad es. dagli uffici), alle società con contratto di manutenzione di mantenere il sistema efficiente ed efficace ed alle società con contratto di fornitura di servizi tecnici di avere accesso ai dati e di esaminare le condizioni del ponte per una prestazione efficiente ed efficace. L'accesso remoto avverrà tramite un collegamento sicuro a banda larga con interfaccia VNC o simile soggetta all'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale. L'accesso sarà protetto da una password e conforme ai Requisiti di Sicurezza del Sistema. Inoltre, l'accesso remoto sarà possibile solo da indirizzi IP registrati. L'accesso remoto iniziale al Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) ed al Sistema di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS) sarà limitato alla sola visualizzazione. Il corpo esterno potrà richiedere il controllo di accesso, che sarà autorizzato o negato dall'operatore, con permessi stabiliti in base ai diritti dell'utente. Durante il controllo di accesso remoto, l'operatore potrà in qualsiasi momento togliere il controllo di accesso e limitare l'accesso alla sola visualizzazione. Tutti gli accessi remoti verranno registrati automaticamente.

Ciascuna Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) sarà dotata di un monitor e di dispositivi per la visualizzazione dei dati associati all' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) interessata. Saranno inoltre forniti gli attrezzi per la manutenzione del software. I display dati avranno caratteri simili a quelli principali del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) dovranno essere accessibili:

- nell' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU)
- nell' Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) con laptop di manutenzione collegato
- dal Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)
- in via remota tramite il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) saranno controllate tramite un'interfaccia utente grafica operata da mouse utilizzando le voci di controllo standard quali menu, cursori e controlli radio. Se l'utente deve selezionare da un elenco di voci pre-definite, tale selezione verrà eseguita usando un menu. I dati in ingresso progettati per essere immessi esclusivamente tramite tastiera saranno limitati per quanto possibile a voci non definite quali il testo ed i numeri immessi



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

dall'utente. Le operazioni standard quali selezione del nome del file, del testo di editazione, del ridimensionamento delle finestre ecc., che hanno un equivalente diretto nei sistemi operativi di interfaccia con l'operatore lavorati nello stesso ambiente, ad es. Windows, dovranno usare lo stesso modulo o mantenere lo stesso "look and feel" del modulo.

## 10.25 Visualizzazione dei Dati

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) dovrà acquisire un'enorme quantità di dati per vari scopi. La visualizzazione efficace dei dati è importante per garantire la massima efficienza del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) nell'ambito dell'esercizio e della manutenzione della struttura. La visualizzazione dei dati varierà in relazione allo scopo. Strategie singole di visualizzazione dei dati non sono adeguate per tutti i dati.

Verrà sviluppata una varietà di schermi per la visualizzazione dei dati:

- Schermo e sotto-schermi di riepilogo generale
- Schermi di visualizzazione dei dati generali
- Schermi di revisione dei dati di evento e di evento sismico

I dati storici devono essere visualizzati come parte del componente CSP del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione (MMS) fornito da terzi.

I dati registrati dai computer e dai server di controllo portatili non verranno visualizzati..

Tutti i testi visualizzati verranno presentati in doppia lingua con possibilità di selezione della lingua: italiano e inglese (UK).

I caratteri visualizzati sui monitor a tutto schermo avranno un'altezza minima di 2mm. I schermi di esempio sono illustrati nell'Allegato A . La strategia di visualizzazione dei dati sotto riportata e/o i requisiti minimi dei monitor potranno richiedere delle modifiche per favorire il requisito minimo di altezza dei caratteri. La presentazione sugli schermi sarà soggetta all'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

Saranno sviluppati dei dispositivi di manipolazione degli schermi per aiutare la visualizzazione delle informazioni, ad es. zoom.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Un certo numero di visualizzazioni può comprendere dei grafici, che saranno inizialmente rimpiccioliti o ingranditi per mostrare tutti i valori dei dati. Le date e le ore saranno rappresentate rispettivamente in dd/mm/yyyy e hh:mm. Saranno disponibili le seguenti funzioni di manipolazione grafica:

- Definizione manuale dei limiti degli assi
- Definizione manuale dei valori di intervallo degli assi
- Modifica di qualunque asse su scala logaritmica o lineare. Dovranno essere previste delle segnalazioni adeguate nel caso in cui i dati non possano essere tracciati correttamente (ad es. valori negativi delle scale logaritmiche)
- Visualizzazione dei valori associati con un punto dati identificato dall'utente
- Per gli istogrammi ed i diagrammi a barre visualizzazione del numero corrispondente a ciascun valore, adeguatamente formattato, vicino alle rispettive colonne

### 10.25.1 Particolari generici

Tutti gli schermi ed i sotto-schermi di riepilogo generale e gli schermi ed i sotto-schermi di visualizzazione generale dei dati avranno un colore di fondo comune per indicare le condizioni reali valutate (condizioni globali) del ponte:

- Bianco : il ponte non è in pericolo
- Giallo : il ponte può entrare in pericolo
- Rosso : il ponte è in pericolo

I dati saranno presentati in celle dati. Un pulsante di stato verrà assegnato a celle dati singole o raggruppate. Il colore delle celle dati e del pulsante di stato dovrà riflettere le condizioni locali insieme alla lettura dei dati od alle condizioni del sensore. Le condizioni associate a dei colori saranno le seguenti in ordine di importanza:

- Bianco: quando i valori rientrano in una gamma di valori accettabili definiti
- Giallo: quando i valori superano la soglia di segnalazione della viabilità
- Arancione: quando i valori superano la soglia di segnalazione eventi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Rosso: quando i valori superano la soglia eventi
- Blu: quando un sensore si è autodefinito malfunzionante
- Nero: quando un sensore viene indicato dall'operatore fuori linea
- Grigio: quando un valore non è registrato con il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

Nel caso in cui un pulsante di stato rappresenti un gruppo di sensori, l'ordine di importanza verrà modificato come segue:

- Bianco: quando tutti i valori dei sensori rientrano in una gamma accettabile definita
- Blu: quando un qualsiasi sensore si è autodefinito malfunzionante
- Giallo: quando i valori di un qualsiasi sensore superano la soglia di segnalazione della viabilità
- Arancione: quando i valori di un qualsiasi sensore superano la soglia di segnalazione eventi
- Rosso: quando i valori di un qualsiasi sensore superano la soglia eventi
- Nero: quando tutti i sensori vengono indicati dall'operatore fuori linea
- Grigio: quando i valori di tutti i sensori non sono registrati con il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS)

Il colore delle celle dati dovrà riflettere la condizione associata alla lettura diretta. Il pulsante di stato visualizzerà il colore relativo alla massima importanza dello stato (o gravità dei dati di lettura) del canale dati o del gruppo di canali dati. Il pulsante di stato può essere resettato solo con il lancio della password accessibile dal menu del pulsante di stato. Se un canale dati si trova in stato di evento durante il resettaggio del pulsante, quest'ultimo dovrà essere aggiornato per riflettere tale condizione.

Il menu del pulsante di stato presenta le seguenti opzioni:

- Recepimento: per aprire il log di evento per l'editazione, recepire la variazione di stato e resettare il pulsante di stato

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Visualizzazione: per visualizzare i dati in diretta su una scala temporale equivalente ai dati ad alta definizione provvisori
- Registrazione dei Dati: per attivare manualmente una registrazione dei dati (in formato evento)
- Registrazione di Dati stile Evento: per attivare manualmente una registrazione di dati (in formato evento) da tutti i canali dati connessi a canali dati attivi allo scopo di creare dei record di evento
- Registrazione di tutti i dati: per attivare manualmente una registrazione di dati (in formato evento) da tutto il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS)

### 10.25.2 Schermi e sotto-schermi di Riepilogo Generale

Gli schermi e sotto-schermi di riepilogo generale mostreranno lo stato generale dei sensori in un qualsiasi punto particolare del ponte nonché lo stato generale di configurazione delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU). Lo schermo di riepilogo generale verrà sempre visualizzato su uno dei monitor del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).

I sensori saranno raggruppati per modulo in ciascun punto. Un pulsante di stato colorato indicherà la condizione peggiore di un sensore del modulo in quel punto. Una volta scelto il pulsante di stato, apparirà un sotto-schermo in grado di fornire maggiori informazioni sul gruppo di sensori in un dato punto.

L'Appendice 1 mostra un esempio degli schermi e sotto-schermi di riepilogo generale.

### 10.25.3 Schermate generiche di Visualizzazione dei Dati

Per la presentazione dei dati in diretta verranno create numerose schermate e sotto-schermate progettate in sintonia con i dati da visualizzare e lo scopo di tali dati, vale a dire esercizio e manutenzione, massimo impatto ed efficace panorama delle prestazioni .

L'Appendice 1 mostra un esempio delle schermate generiche di visualizzazione dei dati.

#### **SCHERMATA GENERICA: CONDIZIONI AMBIENTALI INTERNE**

I dati registrati e derivati per le condizioni ambientali interne comprendono:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

- Tutti i dati di umidità relativa (interna) comprendente l'umidità relativa misurata all'interno dei cavi principali
- Tutti i tassi di corrosione (interni) misurati all'interno dei cavi principali
- Tutti i dati di temperatura dell'aria (Interna)
- Tutti i dati dell'umidità superficiale (Interna)
- Tutti i dati della temperatura di rugiada

I dati verranno visualizzati sotto forma di tabelle delle letture. I pulsanti di stato saranno basati su un gruppo di sensori in un punto.

Dati supplementari da visualizzare nelle tabelle delle letture:

- Temperatura minima dell'acciaio nel punto di misurazione – da copiare dai dati di Temperatura dell'acciaio

La temperatura minima dell'acciaio dovrà essere confrontata con la temperatura di rugiada.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente l'influenza continua ed il funzionamento del sistema di deumidificazione. Questa schermata sarà una delle principali schermate di interesse dell'operatore.

Un esempio di questa schermata è illustrato nell'Appendice 1.

#### **SCHERMATA GENERICA: CONDIZIONI DEL VENTO**

I dati registrati e derivati per le condizioni del vento comprendono :

- Tutti i dati del vento

Per tutte le posizioni (ad eccezione delle 4 posizioni supplementari a metà campata specificatamente identificate per l'acquisizione dei dati statistici) verranno visualizzati i seguenti dati:

- Velocità del Vento a Raffiche Orizzontale
- Velocità Media del Vento Orizzontale

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Direzione del vento a Raffiche Orizzontale

I dati verranno visualizzati numericamente, raggruppati per posizione. Su una rosetta verranno pure visualizzati per ciascuna posizione la Velocità e la Direzione del Vento a Raffiche Orizzontale.

A dimostrazione del funzionamento continuo, verranno visualizzati i dati del vento con valori puntuali su tre assi per le 4 posizioni supplementari a metà campata specificatamente identificate per l'acquisizione dei dati statistici.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente il funzionamento continuo degli anemometri e delle condizioni generali del vento.

Un esempio di questa schermata è illustrato nell'Appendice 1.

#### **SCHERMATA GENERICA: CONDIZIONI AMBIENTALI (E STRADALI E DEI BINARI FERROVIARI) ESTERNE**

I dati registrati e derivati per le condizioni ambientali esterne comprendenti i dati che influenzano le condizioni stradali ad integrazione dei dati presentati dal componente Sistema di Gestione del Traffico del Ponte in SCADA comprendono:

- Tutti i dati del Vento dell'Impalcato (ad eccezione delle 4 posizioni supplementari a metà campata specificatamente identificate per l'acquisizione dei dati statistici)
- Tutti i dati di Temperatura dell'Aria (esterna)
- Tutti i dati di Umidità Relativa (esterna)
- Tutti i dati di Radiazione Solare
- Tutti i dati di Pressione dell'Aria
- Tutti i dati di Umidità Superficiale (esterna)
- Tutti i dati di Temperatura della Strada
- Tutti i dati di Temperatura della ferrovia
- Tutti i dati sulla Pioggia

I dati verranno presentati numericamente per tipo di dato e disposti per posizione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)		<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011

Verranno visualizzati i seguenti dati del vento dell'impalcato:

- Velocità del Vento a Raffiche Orizzontale
- Direzione del vento a Raffiche Orizzontale

Saranno previsti dei pulsanti di selezione che consentiranno all'operatore di selezionare fino a 2 punti di misurazione del vento da visualizzare su 2 rosette, ciascuna delle quali fornirà i seguenti dati:

- Velocità del Vento a Raffiche Orizzontale
- Velocità Media del Vento Orizzontale
- Direzione del vento a Raffiche Orizzontale

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente se le condizioni del ponte consentono il transito sicuro dei veicoli. Questa schermata sarà una delle principali schermate di interesse dell'operatore.

Un esempio di questa schermata è illustrato nell'Appendice 1.

#### **SCHERMATA GENERICA: POSIZIONE**

I dati registrati e derivati per la posizione comprendono:

- Tutte le coordinate GPS
- L'inclinazione statica di tutte le torri (misurata a livello del portale superiore)
- L'inclinazione statica di tutti i blocchi di ancoraggio (inclusa l'inclinazione di selle e cavi principali)
- Spostamento del cavo principale rispetto alla sella

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Sarà prevista una grafica supplementare che visualizzerà la posizione verticale dell'impalcato. La grafica fornirà una rappresentazione visiva del limite di spazio libero per la navigazione. Si dovranno poter visualizzare sempre 15 min. di dati recenti utilizzando la gradazione di colore che identifica l'ora di rilevazione dei dati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente le condizioni generali del ponte ed i requisiti di spazio libero dei canali per la navigazione. Questa schermata sarà una delle principali schermate di interesse dell'operatore.

Un esempio di questa schermata è illustrato nell'Appendice 1.

#### **SCHERMATA GENERICA: DINAMICA DEL PONTE**

I dati registrati e derivati per la dinamica del ponte comprendono:

- Tutte le accelerazioni dell'impalcato (compresa l'accelerazione torsionale teorica)
- Tutte le accelerazioni delle torri (compresa l'accelerazione torsionale teorica)
- Tutte le accelerazioni del cavo principale (compresa l'accelerazione torsionale teorica)
- Tutti gli spostamenti degli Ammortizzatori di Massa Accordati delle torri

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente la dinamica del ponte e quindi la sua stabilità.

Un esempio di questa schermata è illustrato nell'Appendice 1.

#### **SCHERMATA GENERICA: DINAMICA DEL TERRENO**

I dati registrati e derivati per la dinamica del terreno comprendono:

- Tutte le accelerazioni delle basi delle torri
- L'inclinazione dinamica di tutte le basi delle torri
- L'inclinazione dinamica di tutte le basi dei pilastri
- Tutte le accelerazioni dei blocchi di ancoraggio
- L'inclinazione dinamica di tutti i blocchi di ancoraggio
- Tutte le accelerazioni remote
- L'inclinazione dinamica di tutte le scarpate sottomarine



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente la dinamica del terreno, soprattutto di verificare il funzionamento di questi sensori che registreranno i principali dati sismici.

Un esempio di questa schermata è illustrato nell'Appendice 1.

#### **SCHERMATA GENERICA: DINAMICA DEI PENDINI**

I dati registrati e derivati per la dinamica dei pendini comprendono:

- Tutte le accelerazioni dei pendini

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente la dinamica dei pendini.

#### **SCHERMATA GENERICA: TEMPERATURA DELL'ACCIAIO DEL CAVO PRINCIPALE**

I dati registrati e derivati per la temperatura dell'acciaio del cavo principale comprendono:

- Tutti i dati di temperatura dell'acciaio del cavo principale
- Tutti i dati di temperatura effettiva dell'acciaio del cavo principale

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente il funzionamento continuo dei sensori di temperatura del cavo principale.

#### **SCHERMATA GENERICA: TENSIONE DEL CAVO PRINCIPALE**

I dati registrati e derivati per la tensione del cavo principale comprendono:

- Tutte le sollecitazioni del cavo principale (esclusi i ferri nei blocchi di ancoraggio)
- Tutte le effettive sollecitazioni del cavo principale

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di tensione dei cavi principali.

**SCHEMATA GENERICA: TENSIONE DELLE BARRE DI ANCORAGGIO, TEMPERATURA DELL'ACCIAIO DEL CAVO PRINCIPALE E TENSIONE DEI MORSETTI DEL CAVO PRINCIPALE**

I dati registrati e derivati per la tensione delle barre di ancoraggio e la temperatura dell'acciaio del cavo principale e la tensione dei morsetti del cavo principale comprendono:

- Tutte le sollecitazioni delle barre di ancoraggio del cavo principale
- Tutti i dati di temperatura dell'acciaio delle barre di ancoraggio del cavo principale
- Tutte le sollecitazioni dei morsetti del cavo principale (incluse le sollecitazioni principali e la tensione di taglio)

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di tensione delle barre di ancoraggio del cavo principale ed il funzionamento continuo dei sensori di temperatura delle barre di ancoraggio.

**SCHEMATA GENERICA: TEMPERATURA DELL'ACCIAIO DELL'IMPALCATO**

I dati registrati e derivati per la temperatura dell'acciaio dell'impalcato comprendono:

- Tutti i dati di temperatura dell'acciaio dell'impalcato
- Tutti i dati di temperatura effettiva dell'acciaio dei cassoni stradali
- Tutti i dati di temperatura effettiva dell'acciaio dei cassoni ferroviari

Dati supplementari da visualizzare:

- Temperatura minima dell'acciaio nel punto di misurazione – da calcolarsi a partire dai dati presentati, e da copiare sullo schermo dati delle Condizioni Ambientali Interne.

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente il funzionamento continuo dei sensori di temperatura dell'impalcato.

#### **SCHERMATA GENERICA: TENSIONE DELL'IMPALCATO**

I dati registrati e derivati per la tensione dell'impalcato comprendono:

- Tutti i dati di tensione dell'impalcato (escluse la tensione a fatica dell'impalcato ortotropico, la tensione a fatica dei fori frontali dei diaframmi e la tensione a fatica agli angoli della lamiera delle traverse)

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di tensione dell'impalcato.

#### **SCHERMATA GENERICA: TEMPERATURA DELL'ACCIAIO DELLE TORRI**

I dati registrati e derivati per la temperatura dell'acciaio delle torri comprendono:

- Tutti i dati di temperatura dell'acciaio delle torri
- Tutti i dati di temperatura effettiva dell'acciaio delle gambe delle torri

Dati supplementari da visualizzare:

- Temperatura minima dell'acciaio nel punto di misura – da calcolarsi dai dati presentati e da copiare nella schermata dei dati relativi alle Condizioni Ambientali Interne

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente il funzionamento continuo dei sensori di temperatura delle torri.

#### **SCHERMATA GENERICA: TENSIONE DELLE TORRI**

I dati registrati e derivati per la tensione delle torri comprendono:

- Tutti i dati di tensione delle torri

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Tutti i dati di tensione dei tiranti delle basi delle torri

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di tensione della torre.

#### **SCHERMATA GENERICA: TENSIONE DEI PENDINI – VICINO ALLE TORRI**

I dati registrati e derivati per la tensione dei pendini comprendono:

- Tensione dei pendini 1, 5, 6, 114, 115 e 119
- Tensione media dei pendini 1, 5, 6, 114, 115 e 119

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di tensione dei pendini situati vicino alle torri.

#### **SCHERMATA GENERICA: TENSIONE DEI PENDINI - VICINO A UN QUARTO DI CAMPATA**

I dati registrati e derivati per la tensione dei pendini comprendono:

- Tensione dei pendini 18, 19, 41, 42, 43, 77, 78, 79, 101 e 102
- Tensione media dei pendini 18, 19, 41, 42, 43, 77, 78, 79, 101 e 102

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di tensione dei pendini situati vicino a un quarto di campata.

#### **SCHERMATA GENERICA: TENSIONE DEI PENDINI – A METÀ CAMPATA**

I dati registrati e derivati per la tensione dei pendini comprendono:

- Tensione dei pendini 59, 60 e 61
- Tensione media dei pendini 59, 60 e 61

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di tensione dei pendini situati vicino a metà campata.

#### **SCHERMATA GENERICA: TENSIONE MEDIA DEI PENDINI**

I dati registrati e derivati per la tensione media dei pendini comprendono:

- Tensione media di tutti i pendini

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di tensione media di tutti i pendini.

Un esempio di questa schermata è illustrato nell'Appendice 1.

#### **SCHERMATA GENERICA: FATICA DEI PENDINI - VICINO ALLE TORRI**

I dati registrati e derivati per la fatica dei pendini comprendono:

- Utilizzi di fatica dei pendini 1, 5, 6, 114, 115 e 119
- Dati di conteggio a pioggia totale dei pendini 1, 5, 6, 114, 115 e 119

Gli utilizzi di fatica saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

I dati di conteggio a pioggia totale saranno presentati su un grafico del Numero dei Conteggi rispetto alla Dimensione delle Celle. L'asse del Numero dei Conteggi dovrà essere presentato su una scala logaritmica. Solo una posizione per volta verrà presentata nella schermata. L'operatore dovrà essere in grado di selezionare quale posizione deve essere mostrata. Sarà previsto un grafico supplementare che mostrerà l'Utilizzo di Fatica rispetto al Tempo. La vita utile residua verrà calcolata e visualizzata per la posizione selezionata e sarà basata sul cambio di utilizzo nelle precedenti 24 ore.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di fatica dei pendini situati vicino alle torri.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### **SCHERMATA GENERICA: FATICA DEI PENDINI – VICINO A UN QUARTO DI CAMPATA**

I dati registrati e derivati per la fatica dei pendini comprendono:

- Utilizzi di fatica dei pendini 18, 19, 41, 42, 43, 77, 78, 79, 101 e 102
- dati di conteggio a pioggia totale per i pendini 18, 19, 41, 42, 43, 77, 78, 79, 101 e 102

Gli utilizzi di fatica saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

I dati di conteggio a pioggia totale saranno presentati su un grafico del Numero dei Conteggi rispetto alla Dimensione delle Celle. L'asse del Numero dei Conteggi dovrà essere presentato su una scala logaritmica. Solo una posizione per volta verrà presentata nella schermata. L'operatore dovrà essere in grado di selezionare quale posizione deve essere mostrata. Sarà previsto un grafico supplementare che mostrerà l'Utilizzo di Fatica rispetto al Tempo. La vita utile residua verrà calcolata e visualizzata per la posizione selezionata e sarà basata sul cambio di utilizzo nelle precedenti 24 ore.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di fatica dei pendini situati vicino a un quarto di campata.

### **SCHERMATA GENERICA: FATICA DEI PENDINI – A METÀ CAMPATA**

I dati registrati e derivati per la fatica dei pendini comprendono:

- Utilizzi di fatica dei pendini 59, 60 e 61
- dati di conteggio a pioggia totale dei pendini 59, 60 e 61

Gli utilizzi di fatica saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

I dati di conteggio a pioggia totale saranno presentati su un grafico del Numero dei Conteggi rispetto alla Dimensione delle Celle. L'asse del Numero dei Conteggi dovrà essere presentato su una scala logaritmica. Solo una posizione per volta verrà presentata nella schermata. L'operatore dovrà essere in grado di selezionare la posizione da mostrare. Sarà previsto un grafico supplementare che mostrerà l'Utilizzo di Fatica rispetto al Tempo. La vita utile residua verrà calcolata e visualizzata per la posizione selezionata e sarà basata sul cambio di utilizzo nelle precedenti 24 ore.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di fatica dei pendini situati a metà campata.

#### **SCHERMATA GENERICA: TENSIONE A FATICA DELL'IMPALCATO**

I dati registrati e derivati per la tensione da fatica dell'impalcato comprendono:

- Tutti i dati di tensione da fatica dell'impalcato ortotropico
- Tutti i dati di tensione da fatica dei fori frontali dei diaframmi dell'impalcato
- Tutti i dati di tensione da fatica sugli angoli della lamiera dell'impalcato in corrispondenza delle traverse

La tensione da fatica sarà presentata numericamente e raggruppata per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente il funzionamento continuo dei sensori di fatica dell'impalcato.

#### **SCHERMATA GENERICA: UTILIZZO DI FATICA DELL'IMPALCATO**

I dati registrati e derivati per l'utilizzo di fatica dell'impalcato comprendono:

- Tutti gli utilizzi di fatica dell'impalcato ortotropico
- Tutti i dati di conteggio a pioggia totale dell'impalcato ortotropico riferiti alla fatica
- Tutti gli utilizzi di fatica dei fori frontali dei diaframmi dell'impalcato
- Tutti i dati di conteggio a pioggia totale dei fori frontali dei diaframmi dell'impalcato
- Tutti gli utilizzi di fatica sugli angoli delle lamiere dell'impalcato in corrispondenza della traversa
- Tutti i dati di conteggio a pioggia totale sugli angoli delle lamiere dell'impalcato in corrispondenza della traversa

Gli utilizzi di fatica saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

I dati di conteggio a pioggia totale saranno presentati su un grafico del Numero dei Conteggi rispetto alla Dimensione delle Celle. L'asse del Numero dei Conteggi dovrà essere presentato su

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

una scala logaritmica. Solo una posizione per volta verrà presentata nella schermata. L'operatore dovrà essere in grado di selezionare la posizione da mostrare. Sarà previsto un grafico supplementare che mostrerà l'Utilizzo di Fatica rispetto al Tempo.

La vita utile residua verrà calcolata e visualizzata per la posizione selezionata e sarà basata sul cambio di utilizzo nelle precedenti 24 ore.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di fatica dell'impalcato.

#### **SCHEMATA GENERICA: MOVIMENTO DEI GIUNTI DI DILATAZIONE**

I dati registrati e derivati per il movimento dei giunti di dilatazione comprendono:

- Tutti gli spostamenti dei giunti di dilatazione (esclusi gli spostamenti degli ammortizzatori)
- Tutte le accelerazioni dei giunti di dilatazione stradali
- Tutte le accelerazioni dei giunti di dilatazione in corrispondenza degli appoggi

Gli spostamenti dei giunti di dilatazione, le accelerazioni dei giunti di dilatazione stradali e le accelerazioni dei giunti di dilatazione in corrispondenza degli Appoggi saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato dei giunti di dilatazione ed il funzionamento continuo degli accelerometri dei giunti di dilatazione.

#### **SCHEMATA GENERICA: ACCUMULO DEI MOVIMENTI DEI GIUNTI DI DILATAZIONE**

I dati registrati e derivati per l'accumulo dei movimenti dei giunti di dilatazione comprendono:

- Tutti gli utilizzi di manutenzione dei movimenti dei giunti di dilatazione
- Tutti i dati di conteggio a pioggia totale dei movimenti dei giunti di dilatazione

Gli utilizzi di manutenzione verranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

I dati di conteggio a pioggia totale saranno presentati su un grafico del Numero dei Conteggi rispetto alla Dimensione delle Celle. L'asse del Numero dei Conteggi dovrà essere presentato su una scala logaritmica. Per il calcolo di utilizzo della manutenzione verrà mostrata la ponderazione



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

applicata alla dimensione delle celle. Solo una posizione per volta verrà presentata nella schermata. L'operatore dovrà essere in grado di selezionare la posizione da mostrare. Sarà previsto un grafico supplementare che mostrerà l'Utilizzo di Manutenzione rispetto al Tempo.

La vita utile residua verrà calcolata e visualizzata per la posizione selezionata e sarà basata sul cambio di utilizzo nelle precedenti 24 ore.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di manutenzione dei giunti di dilatazione.

#### **SCHERMATA GENERICA: PRESTAZIONE DEGLI AMMORTIZZATORI**

I dati registrati e derivati per la prestazione degli ammortizzatori comprendono :

- Tutti i dati di pressione delle camere degli ammortizzatori
- Tutti i dati di pressione del serbatoio di accumulo degli ammortizzatori
- Tutti i dati di forza degli ammortizzatori
- Tutti i dati di spostamento degli ammortizzatori
- Tutti i dati di temperatura dell'olio degli ammortizzatori
- Tutti i dati di tensione del vincolo impalcato-torre
- Tutti i dati di spostamento dei perni rispetto alle piastre portaperni degli ammortizzatori

Tutti i dati verranno presentati numericamente e raggruppati per posizione. Tutti i dati di forza e di spostamento degli ammortizzatori saranno presentati graficamente e raggruppati per posizione. I grafici mostreranno la forza rispetto allo spostamento degli ammortizzatori. Sui tracciati verranno mostrate anche le prestazioni di progetto. L'operatore dovrà essere in grado di selezionare un grafico per volta presentato su più larga scala.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente la prestazione continua degli ammortizzatori, lo stato di tensione della carpenteria metallica di vincolo impalcato-torre e lo stato di manutenzione dei perni degli ammortizzatori.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### **SCHEMATA GENERICA: CONDIZIONI DEL TERRENO**

I dati registrati e derivati per le condizioni del terreno comprendono:

- Tutti i dati di corrosione
- Tutti i dati di pressione del terreno
- Tutti i dati di pressione interstiziale del terreno

Tutti i dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato delle condizioni del terreno.

### **SCHEMATA GENERICA: DATI VIRTUALI**

I dati derivati per i dati virtuali comprendono:

- Tutti i dati virtuali

I dati verranno visualizzati numericamente in tabelle.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente lo stato di quei parametri che sono stati giudicati importanti per essere derivati da combinazioni di dati differenti.

### **SCHEMATA GENERICA: CARICHI APPLICATI**

I dati registrati e derivati per i carichi applicati comprendono:

- Carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sulla struttura
- Densità totale del traffico (stradale) sulla struttura
- Pressione del vento a raffiche trasversali sull'impalcato
- Pressione del vento media trasversale sull'impalcato
- Velocità e direzione del vento a raffiche sull'impalcato
- Dati previsionali ricevuti dal Sistema di elaborazione, simulazione e previsionale (CSP)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Su questa schermata apparirà solo una posizione per la Velocità e la Direzione del Vento a Raffiche dell'Impalcato e per le Pressioni del Vento Medie ed a Raffiche Trasversali dell'impalcato. L'operatore dovrà essere in grado di selezionare l'anemometro dell'impalcato da usare per fornire i dati che devono essere visualizzati.

I dati saranno visualizzati graficamente.

Verranno visualizzati i seguenti grafici:

- carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sulla struttura rispetto al tempo inclusa la previsione futura
- carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sulla struttura rispetto alla densità totale del traffico (stradale) sulla struttura
- velocità del vento a raffiche sull'impalcato rispetto al tempo inclusa la previsione futura
- velocità e direzione del vento a raffiche dell'impalcato su rosette inclusa la previsione futura
- pressione del vento a raffiche trasversale dell'impalcato e pressione del vento media trasversale dell'impalcato rispetto al carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sulla struttura inclusa la previsione futura

Tutti i grafici che mostrano i dati tracciati rispetto al tempo conterranno 2 ore di dati registrati e 2 ore di dati previsionali. La gradazione dei colori verrà adottata per indicare l'ora dei dati. Verranno mostrati i limiti di progetto.

Per il grafico del carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte tracciato a fronte della densità del traffico stradale sul ponte e per le rosette, la durata dei dati potrà essere definita dall'utente ed impostata inizialmente su 10 minuti di dati registrati e 10 minuti di dati previsionali. La gradazione dei colori verrà adottata per indicare l'ora dei dati. Verranno mostrati i limiti di progetto. Per il grafico del carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sul ponte tracciato a fronte della densità del traffico stradale sul ponte, saranno pure previste delle linee teoriche indicanti la correlazione prevista di 1) solo autovetture, e 2) solo veicoli di trasporto pesanti.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente la condizione di carico totale del ponte. Questa schermata sarà una delle principali schermate di interesse per l'operatore.

Un esempio della schermata è contenuto nell'Appendice 1.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### **SCHEMATA GENERICA: DATI POSIZIONALI NELLA FASE DI COSTRUZIONE**

Sarà necessaria la visualizzazione di dati supplementari per la fase di costruzione allo scopo di fornire un feedback di riferimento rapido fondamentale sulle prestazioni della struttura durante la costruzione.

I dati registrati e derivati per i dati posizionali nella fase di costruzione comprendono:

- Tutte le coordinate GPS

I dati saranno presentati numericamente e raggruppati per posizione.

I pulsanti di selezione previsti consentiranno all'operatore di selezionare fino a 10 set di dati (nominali) da visualizzare su grafici separati. Ciascun grafico presenterà i dati con l'ora. Verranno visualizzate 6 ore (nominali) di dati recenti. Ciascun grafico mostrerà inoltre la posizione prevista dall'analisi del progettista nonché i limiti di soglia e quelli strutturali. I valori previsti, ed i valori di soglia e limite saranno forniti dai progettisti strutturali del ponte ed immessi nel sistema a tempo debito dall'operatore.

Questa schermata consentirà all'operatore di verificare rapidamente la condizione generale del ponte durante l'installazione. Questa schermata sarà una delle principali schermate di interesse per l'operatore. Tale schermata sarà attiva solo durante la fase di costruzione.

#### **10.25.4 Schermata dati di evento e di evento sismico**

I dati di evento e di evento sismico verranno presentati su una singola schermata. I dati di evento e di evento sismico saranno messi a disposizione dal Sistema di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS).

Un pulsante di stato indicherà la possibilità o meno che sia stato registrato un evento sismico dall'ultima volta in cui il pulsante è stato resettato. L'operatore dovrà resettare il pulsante di stato. Il resettaggio sarà protetto da password.

Verranno presentati un elenco di file di evento e un elenco di file di evento sismico, di cui quest'ultimo dovrà riportare tutti i file degli eventi sismici registrati da quando il sistema è stato inizializzato. L'elenco dei dati di evento mostrerà tutti i giorni in cui gli eventi sono stati registrati; la selezione di un giorno aprirà un elenco di tutti gli eventi registrati in quel giorno. Un evento di interesse dovrà essere selezionato da questi elenchi per il riesame.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

La selezione di un file di evento o di evento sismico aprirà un elenco di tutti i record dei canali dati disponibili in quel file nonché, nel caso di un file di evento sismico, un elenco degli spettri di risposta. Il canale dati che ha iniziato la registrazione dell'evento verrà evidenziato in rosso. Gli altri canali dati che hanno registrato degli eventi durante la registrazione dell'evento saranno evidenziati in arancione. I canali dati di interesse per il riesame verranno selezionati da questo elenco di canali dati. Saranno disponibili due metodi di visualizzazione: i 12 canali dati (nominali) possono essere visualizzati su singoli grafici di dati a fronte del tempo oppure un numero qualsiasi di canali dati selezionati può essere visualizzato su singoli grafici di dati a fronte del tempo (differenziati per colore e tipo di linea). Sarà disponibile anche l'opzione di mettere a disposizione i limiti assegnati e di stampare una copia del file del(i) grafico(i) visualizzato(i).

L'operatore dovrà essere in grado di modificare le dimensioni (con lo zoom) dell'asse di uno qualsiasi dei grafici. L'operatore dovrà poter selezionare un qualsiasi punto dati presentato su un qualsiasi grafico e vedere il valore e la marcatura temporale dei dati.

## 10.26 Reporting di Sistema

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) produrrà dei report automatici di tipo elettronico presentati in formato Adobe pdf o simile. I report dovranno essere inviati automaticamente al componente Sistema Elettronico di Gestione Documenti (EDMS) in MMS per la memorizzazione sul database di MMS. I report verranno automaticamente inviati al componente Sistema Elettronico di Gestione Documenti (EDMS) in MMS per la memorizzazione sul database di MMS. I report dovranno essere inviati automaticamente via e-mail ad un elenco di indirizzi definiti dall'operatore e protetti da password. I report verranno aperti automaticamente sulla schermata indicata.

Verranno prodotti i seguenti report automatici:

- Settimanalmente - etichettatura "weekly-report-yyyy-mm-dd"
- Mensilmente - etichettatura "monthly-report-yyyy-mm-dd"
- Annualmente - etichettatura "yearly-report-yyyy-mm-dd"
- Subito dopo l'evento sismico - etichettatura "seismic-report-yyyy-mm-dd-hh-mm"

Altri report verranno prodotti su richiesta:

- Stato di carico - etichettatura "load-status-report-yyyy-mm-dd-hh-mm"

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Stato di fatica - etichettatura "fatigue-status-report-yyyy-mm-dd-hh-mm"
- Stato delle condizioni ambientali esterne - etichettatura "weather-report-yyyy-mm-dd-hh-mm"
- Stato dei giunti di dilatazione - etichettatura "expansion-joint-status-report-yyyy-mm-dd-hh-mm"
- Stato di log - etichettatura "log-status-report-yyyy-mm-dd-hh-mm"

Per ciascun report dovranno essere presentati i dati statistici dei dati di default elencati. Sarà anche possibile per l'operatore, password permettendo, selezionare i dati supplementari da aggiungere al report.

I grafici che devono essere inseriti verranno ridotti di misura o ingranditi in modo da mostrare tutti i valori dei dati. Le date e le ore verranno presentate rispettivamente come dd/mm/yyyy e hh:mm.

Nei paragrafi a seguire, il riferimento alla variazione di stato di un canale dati starà ad indicare qualsiasi variazione indicata dal cambio di colore del pulsante di stato:

- quando viene registrata una segnalazione di viabilità
- quando viene registrata una segnalazione di evento
- quando viene registrato un evento
- quando viene registrato un sensore malfunzionante
- quando un sensore viene indicato dall'operatore come fuori-linea

### 10.26.1 Report Settimanale

Il report settimanale presenterà un elenco di canali dati che hanno registrato una variazione di stato nel corso della settimana con il conteggio di ciascun tipo di variazione dello stato, il valore minimo registrato durante la settimana, il limite assegnato al valore minimo, il valore massimo registrato durante la settimana ed il valore limite assegnato al valore massimo.

Il report settimanale presenterà un elenco di segnalazioni di eventi sul ponte e di segnalazioni di viabilità registrate durante la settimana con l'ora delle segnalazioni ed i canali dati che hanno fatto scattare le segnalazioni.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Il report settimanale presenterà un conteggio di eventi (immissioni di log) registrati durante la settimana, un conteggio degli eventi recepiti (immissioni di log) registrati durante la settimana ed un conteggio di eventi (immissioni di log) che restano da recepire da quando il sistema è stato lanciato.

Il report settimanale presenterà un conteggio di eventi sismici registrati durante la settimana.

Il report settimanale presenterà un grafico di dati massimi e minimi per i seguenti canali a fronte del tempo di tutta la settimana:

- Velocità del vento (orizzontale, sia media che a raffiche) a livello di impalcato a metà campata
- Direzione del vento (orizzontale) a livello di impalcato a metà campata
- Carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sulla struttura
- Temperatura effettiva dell'impalcato a metà campata
- Temperatura effettiva delle torri al di sopra del portale inferiore
- Temperatura effettiva del cavo principale a metà campata
- Coordinate longitudinali GPS sulla sommità delle torri
- Coordinate trasversali GPS sulla sommità delle torri
- Coordinate verticali GPS a metà campata dell'impalcato
- Coordinate orizzontali GPS a metà campata dell'impalcato
- Coordinate trasversali GPS a metà campata dell'impalcato
- Coordinate verticali GPS degli ancoraggi
- Coordinate longitudinali GPS degli ancoraggi
- Coordinate verticali GPS della base della torre
- Coordinate verticali GPS del pilastro di tie-down
- Accelerazioni verticali a metà campata dell'impalcato

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Accelerazioni torsionali teoriche a metà campata dell'impalcato
- Accelerazioni verticali al punto terzo dell'impalcato
- Accelerazioni torsionali teoriche al punto terzo dell'impalcato
- Accelerazioni dei pendini
- Movimento dei giunti di dilatazione
- Utilizzo di fatica dell'impalcato
- Utilizzo di fatica dei pendini.

Il report settimanale presenterà un grafico relativo all'intera settimana per i seguenti canali dati:

- Forza rispetto allo spostamento degli ammortizzatori
- Movimento dei giunti di dilatazione (grosso spostamento dei giunti) rispetto alla temperatura effettiva dell'impalcato a metà campata.

### 10.26.2 Report Mensile

Il report mensile presenterà un elenco di canali dati che hanno registrato una variazione di stato durante il mese con un conteggio di ciascun tipo di variazione di stato durante il mese, il valore minimo registrato durante il mese, il limite assegnato al valore minimo, il valore massimo registrato durante il mese ed il valore limite assegnato al valore massimo.

Il report mensile presenterà un conteggio delle segnalazioni di eventi sul ponte e delle segnalazioni della viabilità durante il mese.

Il report mensile presenterà un conteggio di eventi (immissioni di log) registrati durante il mese, un conteggio degli eventi recepiti (immissioni di log) registrati durante il mese ed un conteggio di eventi recepiti (immissioni di log) durante il mese e un conteggio di eventi (immissioni di log) che devono ancora essere recepiti da quando il sistema è stato lanciato.

Il report mensile presenterà un conteggio degli eventi sismici durante il mese.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 10.26.3 Report Annuo

Il report annuo presenterà un elenco di canali dati che hanno registrato una variazione di stato durante l'anno con un conteggio di ciascun tipo di variazione di stato, il valore minimo registrato durante l'anno, il limite assegnato al valore minimo, il valore massimo registrato durante l'anno ed il valore limite assegnato al valore massimo.

Il report annuo presenterà un conteggio delle segnalazioni di eventi sul ponte e delle segnalazioni della viabilità durante l'anno.

Il report annuo presenterà un conteggio degli eventi (immissioni di log) registrati durante l'anno, una conteggio degli eventi recepiti (immissioni di log) registrati durante l'anno ed un conteggio di eventi recepiti (immissioni di log) durante l'anno e un conteggio di eventi (immissioni di log) che devono ancora essere recepiti da quando il sistema è stato lanciato.

Il report annuo presenterà un grafico del conteggio settimanale degli eventi (immissioni di log) registrati durante l'anno, un grafico del conteggio settimanale degli eventi (immissioni di log) registrati durante l'anno e un grafico del conteggio degli eventi (immissioni di log) che restano da recepire da quando il sistema è stato lanciato.

Il report annuale presenterà un conteggio di eventi sismici registrati durante l'anno.

### 10.26.4 Report Sismico

Il report sismico presenterà un grafico di dati correlati con l'ora durante l'evento sismico ed i relativi spettri di risposta derivati per i seguenti canali di dati:

- Accelerazioni del terreno (sismiche)

Il report sismico presenterà una tabella del punto dei primi dati e del punto degli ultimi dati ricavati dal file dell'evento sismico per i seguenti canali di dati:

- Coordinate longitudinali GPS della sommità della torre
- Coordinate trasversali GPS della sommità della torre
- Coordinate verticali GPS a metà campata dell'impalcato
- Coordinate orizzontali GPS a metà campata dell'impalcato

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Coordinate trasversali GPS a metà campata dell'impalcato
- Coordinate verticali GPS dell'ancoraggio
- Coordinate longitudinali GPS dell'ancoraggio
- Coordinate verticali GPS della base della torre
- Coordinate verticali GPS del pilastro di tie-down
- Posizione dei giunti di dilatazione
- Posizione del cavo principale rispetto alla sella
- Posizione degli ammortizzatori

Il report sismico presenterà un grafico di dati correlati con l'ora relativi all'evento sismico per i seguenti canali dati:

- Velocità del vento (orizzontale, sia media che a raffiche) a livello di impalcato a metà campata
- Direzione del vento (orizzontale) a livello di impalcato a metà campata
- Carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sulla struttura
- Temperatura effettiva dell'impalcato a metà campata
- Temperatura effettiva delle torri al di sopra del portale inferiore
- Temperatura effettiva del cavo principale a metà campata
- Coordinate longitudinali GPS sulla sommità delle torri
- Coordinate trasversali GPS sulla sommità delle torri
- Coordinate verticali GPS a metà campata dell'impalcato
- Coordinate orizzontali GPS a metà campata dell'impalcato
- Coordinate trasversali GPS a metà campata dell'impalcato
- Coordinate verticali GPS degli ancoraggi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Coordinate longitudinali GPS degli ancoraggi
- Coordinate verticali GPS della base della torre
- Coordinate verticali GPS del pilastro di tie-down
- Movimento dei giunti di dilatazione
- Movimento degli Ammortizzatori di Massa Accordati
- Movimento del cavo principale rispetto alla sella

Il report sismico presenterà un grafico relativo all'evento sismico per i seguenti canali dati:

- Forza rispetto allo spostamento degli ammortizzatori

L'ora dei dati dovrà essere indicata con la gradazione di colore

Il report sismico presenterà una tabella di valori massimi e minimi registrati durante l'evento sismico per tutti i canali dati che hanno superato il limite di soglia durante l'evento sismico.

Il report sismico presenterà tutti i particolari registrati per tutte le segnalazioni di evento sul ponte e le segnalazioni di viabilità registrate durante l'evento sismico.

#### **10.26.5 Report dello Stato di Carico**

Il report dello stato di carico presenterà un grafico di dati correlati al tempo relativamente alle 2 ore precedenti ed alla previsione di dati per le successive 2 ore (o come previsto) per i seguenti canali dati:

- Velocità del vento a raffiche sull'impalcato a metà campata
- Direzione del vento sull'impalcato a metà campata
- Carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sulla struttura

Il report dello stato di carico presenterà un grafico dei dati delle precedenti due ore e la previsione dei dati per le successive 2 ore (o come previsto) per i seguenti canali dati:

- Pressione del vento a raffiche trasversale sull'impalcato e pressione del vento media trasversale sull'impalcato rispetto al carico stradale totale (stada e ferrovia) sulla struttura

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Carico totale del traffico (stradale e ferroviario) sulla struttura rispetto alla densità totale del traffico (stadale) sulla struttura
- Velocità del vento a raffiche sull'impalcato a metà campata e direzione del vento a raffiche sull'impalcato a metà campata su una rosetta

L'ora dei dati verrà mostrata con gradazione di colore. Anche i limiti assegnati verranno visualizzati sui grafici.

#### **10.26.6 Report dello Stato di Fatica**

Il report dello stato di fatica presenterà un grafico di sviluppo dell'utilizzo da quando il sistema è stato inizializzato, l'utilizzo corrente, la vita utile residua e un tracciato di numeri correnti di conteggi relativi a ciascun campo di oscillazione per i seguenti canali dati:

- Tensione della lamiera dell'impalcato ortotropico
- Tensione della lamiera dei fori frontali dei diaframmi dell'impalcato
- Tensione sugli angoli della lamiera dell'impalcato in corrispondenza della traversa
- Tensione dei pendini
- Tensione media dei pendini

#### **10.26.7 Report delle Condizioni Atmosferiche**

Il report delle condizioni atmosferiche presenterà un grafico di dati rispetto al tempo per le precedenti 2 ore e la previsione dei dati per le successive 2 ore (o come previsto) per i seguenti canali dati:

- Tutti i dati di velocità del vento a raffiche sull'impalcato
- Tutti i dati di velocità del vento media sull'impalcato
- Tutti i dati di direzione del vento a raffiche sull'impalcato

Il report delle condizioni atmosferiche presenterà un grafico di dati rispetto al tempo per le precedenti 2 ore per i seguenti canali dati:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Tutti i dati di umidità relativa esterna
- Tutti i dati di temperatura dell'aria esterna
- Tutti i dati di radiazione solare
- Tutti i dati della pressione dell'aria
- Tutti i dati della temperatura stradale
- Tutti i dati della temperatura della ferrovia
- Tutti i dati sulla pioggia

#### **10.26.8 Report dello Stato dei Giunti di Dilatazione**

Il report dello stato dei giunti di dilatazione presenterà un grafico di sviluppo dell'utilizzo da quando il sistema è stato inizializzato, l'utilizzo corrente, la vita utile residua ed un tracciato del numero attuale dei conteggi per ciascun campo di oscillazione (dati attuali di conteggio a pioggia) per i seguenti canali dati:

- Movimento dei giunti di dilatazione

Il report dello stato dei giunti di dilatazione presenterà un elenco dell'attuale condizione degli elementi immesso dall'utente così come presentato nel file di condizione.

#### **10.26.9 Report dello Stato di Log**

Il report dello stato di log presenterà un conteggio degli eventi (immissioni di log) che restano ancora da recepire da quando il sistema è stato lanciato.

Il report dello stato di log presenterà un grafico del conteggio settimanale degli eventi (immissioni di log) registrati da quando il sistema è stato lanciato, un grafico del conteggio settimanale degli eventi recepiti (immissioni di log) registrati da quando il sistema è stato lanciato ed un grafico di conteggio degli eventi (immissioni di log) che restano da recepire da quando il sistema è stato lanciato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 10.27 Gestione della Memoria del Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS)

Il Server di Memorizzazione Dati SHMS (SHMS DSS) rappresenterà una parte del database di SCADA. La gestione a lungo termine dei dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) non sarà quindi una funzione di quest'ultimo. I dati SHMS devono essere analizzati molti anni dopo la loro creazione. E' quindi essenziale un'adeguata gestione a lungo termine dei dati SHMS per garantire che venga tratto il massimo vantaggio dal Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) sul lungo termine.

Oltre a riflettere i dati sul database, si dovranno stabilire delle procedure per il salvataggio dei dati su tipi di supporto informatico affidabili (ad es. DVD, Unità dischi fissi, ecc.). Quando vengono sviluppati nuovi tipi di supporto informatico, tutti i dati verranno salvati anche in questi, mentre quelli vecchi verranno gradualmente eliminati. L'adozione di queste procedure non proteggerà solo i dati contro le perdite, ma garantirà la continua accessibilità ai dati.

All'inizio può non risultare evidente la necessità di economizzare sulla memoria dati del database, ma tale necessità potrà insorgere in un futuro. Si dovranno quindi stabilire nella fase preparatoria i programmi di riduzione della quantità dei dati e si dovrà trovare la soluzione per la memorizzazione logaritmica dei dati. I dati verranno cancellati dal database secondo un ordine strutturato seguendo una serie di regole:

- Verranno cancellati solo i dati che sono stati salvati.
- Verranno cancellati solo i dati più vecchi di un periodo definito.
- I file dati degli eventi verranno cancellati preferibilmente al posto dei file dei dati storici e dei file dei dati statistici (e supplementari). I dati statistici (e supplementari) verranno cancellati preferibilmente al posto dei file dei dati storici, che non verranno cancellati a meno che non venga richiesta un'ulteriore riduzione della quantità dei dati dopo la cancellazione di tutti i file di allerta e statistici (e supplementari).
- I file dei dati degli eventi di minore importanza verranno cancellati preferibilmente al posto di quelli di importanza rilevante. Dopo ciascun evento, l'operatore dovrà stabilire l'importanza dell'evento per la memorizzazione sul lungo termine ed assegnerà un codice di importanza al log di evento.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- La preferenza di cancellazione verrà data ai file dati più vecchi piuttosto che a quelli più recenti.

I programmi di riduzione della quantità dei dati dovranno essere stabiliti durante il Progetto Esecutivo.

## 10.28 Interazione tra il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) e il database di SCADA

Il Server di Memorizzazioni Dati SHMS (SHMS DSS) rappresenterà una parte del database di SCADA. Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) invierà quindi i dati al database di SCADA per la memorizzazione. Tutti i dati dovranno fare riferimento agli elementi descritti nel Manuale di Ispezione e Manutenzione del ponte a supporto della ricerca dati da parte di altri componenti di SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione. Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) estrarrà dal database di SCADA anche i dati che sono stati registrati da altri componenti in SCADA. Il database di SCADA sarà accessibile tramite un Livello di Servizio Dati stabilito dai progettisti del database di SCADA. Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) comprenderà un Livello Conversione, Rilascio ed Interrogazione dei Dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale per la conversione ed il rilascio dei dati nonché per l'interrogazione e l'estrazione dei dati dal database di SCADA tramite il Livello di Servizio Dati.

Un programma indipendente di interfaccia con l'utente verrà fornito insieme con il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) che consentirà l'estrazione di dati da archiviare per altri scopi. Il programma di interfaccia con l'utente consentirà la produzione di una serie di formati file comuni ivi incluso il formato del file di testo con separazione di virgola.

## 11 Requisiti Minimi di Sicurezza del Sistema

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale opererà sulla base di un account utente. Gli utenti avranno diritto di eseguire svariate azioni tra cui:

- variazione delle schermate sui monitor in SCADA
- accesso alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) ed alle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) per visualizzare solo le schermate dati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- recepimento degli eventi
- accesso al log eventi solo a scopo di visualizzazione
- modifica del log eventi
- possibilità per gli utenti esterni di assumere il controllo provvisorio del sistema
- modifica dei file di configurazione
- accesso ai dati dell'Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e dell'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) solo a scopo di visualizzazione
- accesso al Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS) solo a scopo di visualizzazione
- copiatura dei dati dall'Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e dall'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU)
- copiatura dei dati dal Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS)
- modifica e cancellazione dei dati sull'Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e sull'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU)
- modifica e cancellazione dei dati sul Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS)
- amministrazione del software dell'Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e del software dell'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU)
- amministrazione del software del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS)

Verranno stabiliti i seguenti tipi di account utente:

- Operatore – l'operatore avrà diritto di modificare le schermate in sala SCADA e di accedere alle Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) ed alle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) solo allo scopo di visualizzare i dati.
- Operatore Senior – l'operatore senior avrà i diritti dell'Operatore ed il diritto di recepire gli eventi, accedere al log eventi, modificare il log eventi e consentire agli utenti esterni di assumere il controllo provvisorio del sistema.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Engineer – l'engineer avrà i diritti dell'Operatore Senior ed il diritto di modificare i file di configurazione, di accedere ai dati dell'Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e dell'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) solo a scopo di visualizzazione e di accedere al Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS) solo ai fini della visualizzazione.
- Senior Engineer – il senior engineer avrà i diritti dell'Engineer nonchè il diritto di copiare i dati dall'Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e dall'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU), di copiare i dati dal Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS), di modificare e cancellare i dati sull'Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e sull'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) e di modificare e cancellare i dati sul Server di Memorizzazione dei Dati SHMS (SHMS DSS).
- System Engineer – il system engineer avrà i diritti dell'Engineer nonchè il diritto di amministrare il software dell'Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e il software dell'Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU) e di amministrare il software del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS).
- System Administrator – il system administrator avrà diritto di accedere a tutte le aree del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale ivi incluso il codice di origine del software personalizzato secondo le esigenze del cliente e di apportarvi le modifiche. Sarà previsto l'accesso leggi-scrivi al codice di origine del software personalizzato secondo le esigenze del cliente.
- Sistemi SCADA – i sistemi SCADA (incluso il Sistema di Elaborazione, Simulazione e Previsionale CSP) avranno il diritto di accesso alla memoria tampone dei dati del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) per la visualizzazione e la copiatura dei dati.

A ciascuna persona ed ai Sistemi in SCADA verranno assegnati degli account utente univoci. Tutti gli account utente saranno protetti da password. Le password scadranno ogni 4 settimane ad eccezione di quelle assegnate ai Sistemi in SCADA.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

## 12 Requisiti Minimi della Documentazione

Con il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) sarà prevista la seguente documentazione:

- Manuale Operativo
- Manuale di Manutenzione
- Guida all'architettura di sistema
- Guida al codice di origine del Software
- Codice di origine del software stampato
- Guida alla ricerca guasti
- Schede di consultazione dell'identificazione dei sensori (nome, posizione, ecc.)
- Guida alla diagnosi eventi
- Documenti di Controllo della Qualità
- Piano di revisione per 25 anni

Per ciascun documento verranno fornite tre copie. I documenti saranno forniti in Italiano e in Inglese.

Si consiglia al committente od al gestore del ponte di prevedere un manuale supplementare dopo 3 anni di funzionamento del ponte riportante il comportamento caratteristico del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

### 12.1.1 Manuale Operativo

Il manuale operativo descriverà tutta l'interfaccia operativa del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) nonché l'interfaccia locale a livello di Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e di Unità Intermedia di Ritrasmissione dei Dati (IDRU).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

### 12.1.2 Manuale di Manutenzione

Il manuale di manutenzione illustrerà tutte le attività di manutenzione richieste per mantenere il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) operativo per 25 anni. Le attività di manutenzione dovranno essere suddivise nelle seguenti categorie:

- manutenzione generale regolare (inclusi la ritaratura dei sensori ed il sopralluogo della stazione di riferimento GPS)
- manutenzione specifica dell'evento

Il manuale di manutenzione descriverà le attività di manutenzione e gli intervalli necessari, i metodi di esecuzione della manutenzione, le attrezzature e le parti di ricambio richieste. Il manuale di manutenzione presenterà pure un pro-forma di ispezione.

Il manuale di manutenzione identificherà anche le azioni di manutenzione richieste durante gli eventi che richiedono la manutenzione, ad es. ispezione delle apparecchiature e ripristino dei fusibili di protezione antifulmine dopo un lampo.

### 12.1.3 Guida all'architettura del Sistema

La guida all'architettura del sistema presenterà l'intera disposizione del hardware del sistema. Fornirà inoltre delle fotografie e l'identificazione di tutti i terminali, del hardware e dei sensori.

### 12.1.4 Guida al Codice di Origine del Software

La guida al codice di origine del software presenterà dei dettagli sufficienti del codice di origine del software per permettere a un tecnico esperto di software di capire e modificare il sistema.

### 12.1.5 Codice di origine del software stampato

Per il Livello di Conversione, Rilascio ed Interrogazione dei Dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) sarà previsto il codice di origine del software stampato comprensivo di guida.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

### 12.1.6 Guida alla Ricerca Guasti

La guida alla ricerca guasti illustrerà le azioni da intraprendere per risolvere i problemi di base del sistema comprendenti il blocco e l'arresto del sistema, la perdita di dati nei canali dati, ecc.

### 12.1.7 Schede di Consultazione delle Identificazioni dei Sensori

Le schede di consultazione delle identificazioni dei sensori consisteranno in un semplice elenco delle identificazioni dei canali dati con la descrizione e la posizione dei sensori.

### 12.1.8 Guida alla Diagnosi degli Eventi

La guida alla diagnosi degli eventi dovrà essere preparata dal progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) e illustrerà le cause previste degli eventi registrati nonché i consigli sulle successive azioni da intraprendere. La guida alla diagnosi degli eventi verrà sviluppata sulla base della matrice degli esiti previsti per la valutazione automatica delle Segnalazioni degli Eventi del Ponte.

### 12.1.9 Documenti di Controllo della Qualità

I documenti di controllo della qualità verranno presentati in un file organizzato o un documento con indice di riferimento.

### 12.1.10 Piano di Revisione per 25 anni

Il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) richiederà una revisione al termine della vita di progetto. La funzionalità e le condizioni del sistema e dei suoi componenti verranno riesaminate man mano che si avvicinerà la fine della vita di progetto. Se necessario, verrà eseguita una revisione parziale o totale. La revisione sarà richiesta per:

- la manutenzione del sistema
- l'aggiornamento in vista degli avanzamenti tecnologici

La revisione parziale o totale verrà eseguita in maniera progressiva in modo che:

- il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) continui a garantire in qualsiasi momento le funzioni operative

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) continui a garantire in qualsiasi momento più del 90% di tutti i canali dati
- il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) continui a garantire in qualsiasi momento più del 75% dei dati necessari per ciascuna esigenza di controllo
- i divari tra i dati siano ridotti al minimo

Verrà preparata una strategia di revisione totale del sistema comprendente la sequenza prevista per la sostituzione dei vari componenti ed illustrata nel piano di revisione per 25 anni.

## **13 Requisiti Minimi di Controllo della Qualità**

### **13.1 Selezione dei Sub-appaltatori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS)**

I sub-appaltatori candidati per la fornitura del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) daranno evidenza del loro operato con un sistema della qualità approvato (ad es. ISO 9001). I candidati dovranno dare evidenza della loro esperienza con i Sistemi di Controllo dell'Integrità Strutturale e le installazioni di elevata qualità che hanno dato prova di funzionare con successo, prova che dovrà essere fornita come minimo sotto forma di referenze della clientela, CV dell'esperienza in campo e dimostrazioni del sistema. La valutazione delle offerte di sub-appalto del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) comprenderà una valutazione dell'esperienza e della qualità.

### **13.2 Collaudi**

I collaudi di sensori, cablaggi, hardware, software e programmi di elaborazione dati saranno necessari nelle fasi principali del progetto. I collaudi comprenderanno i collaudi di funzionamento e di precisione. Tutti i collaudi saranno accompagnati dalla documentazione di qualità e concordati con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

### 13.2.1 Certificati

Tutte le apparecchiature incluse quelle di collaudo verranno fornite munite di certificati operativi e certificati di garanzia. Tutti i sensori e le apparecchiature di collaudo verranno forniti accompagnati dai certificati di taratura.

### 13.2.2 Collaudi di Accettazione in Fabbrica

Tutti i programmi di elaborazione e manipolazione dei dati dovranno essere collaudati separatamente ed approvati dal progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) prima della spedizione in cantiere.

Tutti i software dovranno essere collaudati separatamente ed approvati dal progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) prima della spedizione in cantiere. Il processo di collaudo comprenderà una simulazione completa del funzionamento dell'intera rete SHMS incluse le prove segnali e guasti.

Tutti i componenti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) dovranno essere collaudati separatamente ed approvati dal progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) prima della spedizione per l'installazione. I componenti dotati di certificazione emessa da enti di accreditamento europei consolidati (ad es. UKAS) potranno essere esonerati dalle prove, fatta salva l'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

### 13.2.3 Collaudi di Accettazione in Cantiere

Subito dopo l'installazione, tutti i componenti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) inclusi i display, verranno sottoposti a prove di funzionamento ed approvati dal progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) prima della spedizione del relativo componente strutturale in cantiere.

Tutti i componenti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) verranno sottoposti a prove di funzionamento dopo il montaggio del relativo componente strutturale ed approvati dal progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

Prima dell'apertura del ponte al pubblico e dopo l'avvenuta installazione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS), quest'ultimo sarà sottoposto ad una prova dimostrativa per

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

confermare che il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) funziona senza che si verifichino degli errori. La prova consisterà nel funzionamento continuo del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) inclusa l'esecuzione dei compiti operativi designati. La prova dovrà essere eseguita per un minimo di 30 giorni continuativi. Un errore, quando scoperto, dovrà essere immediatamente rimediato. La prova dovrà dimostrare il funzionamento perfetto per un minimo di 15 giorni continuativi. La durata della prova sarà prolungata, se necessario. Il sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) dovrà eseguire la prova dimostrativa con un sufficiente margine per garantire che il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) venga certificato prima dell'apertura del ponte.

#### **13.2.4 Collaudo del Sensore Incassato del Cavo Principale**

Poichè l'installazione dei sensori incassati del cavo principale non è comprovata, il loro sviluppo richiederà delle prove dimostrative della progettazione dettagliata finale a conferma che il funzionamento resterà inalterato dopo l'installazione, dove possibile:

- la formazione del sensore come parte di un trefolo del cavo principale (sensori continui e multipli)
- il posizionamento del trefolo (e del sensore) in cantiere (sensori continui e multipli)
- la compattazione del cavo principale in cantiere (sensori singoli e sensori continui e multipli)
- l'installazione dei morsetti del cavo principale e del filo di avvolgimento (sensori singoli e sensori continui e multipli)

La misurazione dell'umidità relativa con cavi a fibre ottiche non è al momento ben consolidata, per cui il progetto dettagliato finale dovrà essere sottoposto a delle prove dimostrative a conferma del funzionamento secondo i requisiti minimi.

Il collaudo della fase di sviluppo è discusso nell'Appendice 2.

#### **13.2.5 Collaudo del Carico Strutturale**

Il funzionamento del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) e la taratura dei sensori dovranno essere verificati durante il collaudo del carico strutturale. I difetti riscontrati dovranno essere eliminati.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

### 13.3 Riparazioni

Tutti i difetti riscontrati durante il collaudo dovranno essere eliminati. I componenti difettosi dovranno essere nuovamente collaudati dopo la riparazione. La procedura verrà ripetuta fino a quando non verrà dimostrato che il sistema funziona secondo i requisiti di controllo e che il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) non avrà dato la sua approvazione. Tutti i difetti riscontrati ed eliminati verranno formalmente registrati nei documenti di controllo della qualità.

### 13.4 Etichettatura e Identificazione

Tutti i componenti fisici (hardware) (sensori, datalogger, cavi, Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU), Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU), armadi, apparecchiature di controllo portatili ecc) verranno etichettati in modo univoco e faranno riferimento agli elementi descritti nel Manuale di Ispezione e Manutenzione del Ponte. I cavi verranno etichettati a ciascuna estremità e ad intervalli regolari. Tutte le etichette verranno applicate all'apparecchiatura prima dell'installazione. L'etichettatura sarà basata sulla nomenclatura presentata nella Tabella 4.4. Tutte le etichette saranno soggette all'approvazione del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS). Dove possibile e necessario, l'allineamento dell'asse dei sensori dovrà essere marcato sulla carpenteria metallica adiacente. Le etichette e le marcature dovranno essere permanenti, ma non dovranno danneggiare la struttura o il sistema protettivo (ad es. verniciatura o simili).

Tutto l'hardware dovrà essere identificato nella Guida all'Architettura del Sistema contenente le fotografie e la registrazione della posizione di ciascun componente del hardware, inclusa la posizione e l'orientamento di ciascun sensore. Le fotografie saranno corredate delle etichette necessarie. Le fotografie dovranno essere di una qualità e precisione sufficienti a permettere la verifica di eventuali variazioni dopo l'installazione.

## 14 Requisiti Minimi dei Diritti d'Autore

Il committente del ponte dovrà condividere tutti i diritti d'autore relativi al codice di origine di tutti i software personalizzati ed alla documentazione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 15 Requisiti Minimi di Vita Utile e di Garanzia

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) avrà una vita utile di 25 anni e funzionerà per 25 anni a condizione che vengano eseguite le attività di manutenzione dettagliate nel manuale di manutenzione. Dopo 25 anni, il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) necessiterà di un riesame ed una revisione.

La garanzia minima di tutti i componenti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) sarà di 1 anno, fatte salve le esclusioni sotto elencate.

La garanzia di tutti i componenti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) sarà di 5 anni, a condizione che il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) venga mantenuto secondo il manuale di manutenzione.

## 16 Manutenzione

Tutte le apparecchiature del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS), ad eccezione dei sensori "incassati", dovranno essere installate in modo tale da poter essere accessibili per la manutenzione e la sostituzione. I sensori incassati sono quelli non accessibili per limiti fisici, più precisamente:

- sensori incassati nei cavi principali
- sensori annegati nelle fondazioni in calcestruzzo

Le Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati saranno costituite da moduli hot swept.

## 17 Sviluppo della Strategia di Manutenzione

### 17.1 Analisi dei Modi, degli Effetti e della Criticità dei Guasti (FMECA)

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) sarà sottoposto ad un'analisi dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti. Tale analisi prenderà in esame:

- il funzionamento del sistema in generale

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- il funzionamento del sistema nel trasmettere i requisiti di controllo
- i componenti
- l'importanza dei componenti nell'ambito dell'importanza dei requisiti di controllo inclusa l'importanza dei sensori per il funzionamento e la manutenzione del ponte, ad es. identificazione dei sensori critici per la sicurezza di elevata priorità

La FMECA sarà alla base dello sviluppo di:

- raccomandazioni per l'ispezione generale
- strategia per la riparazione e la sostituzione delle apparecchiature
- elenco delle parti di ricambio

La FMECA verrà riesaminata:

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

Le variazioni individuate verranno inserite nelle raccomandazioni per l'ispezione, nella strategia per la riparazione e la sostituzione delle apparecchiature e nell'elenco parti di ricambio.

## 17.2 Raccomandazioni per l'Ispezione Generale

Le raccomandazioni per l'ispezione generale di tutti i componenti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) dovranno essere sviluppate sulla base di un output da FMECA.

L'analisi preliminare dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti ha individuato le seguenti raccomandazioni per le ispezioni:

- Esecuzione di regolari controlli di funzionamento ad intervalli di 3 mesi del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) di riserva
- Verifica regolare ad intervalli di 3 mesi del salvataggio dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) dal database di SCADA
- Esecuzione delle prove di funzionamento regolare ad intervalli di 3 mesi del sistema di comunicazione wireless di salvataggio

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- Esecuzione dell'ispezione visiva regolare ad intervalli di 3 mesi delle condizioni operative delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione Dati (DAU) e delle Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati (IDRU)
- Esecuzione dell'ispezione di pronta risposta entro 48 ore dei fusibili dopo un lampo
- Esecuzione dell'ispezione visiva regolare ad intervalli di 3 mesi dei sensori remoti

### 17.3 Strategia di Riparazione e Sostituzione delle Apparecchiature

Verrà sviluppata una strategia di riparazione e sostituzione delle apparecchiature sulla base di un output da FMECA. La strategia comprenderà l'identificazione dell'importanza dei sensori, la prioritizzazione dei sensori nell'assistere l'operatore nello sviluppo e nel riesame di programmi di riparazione strategici e dei tempi di risposta ammissibili in caso di guasto.

L'analisi preliminare dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti ha individuato le seguenti considerazioni:

- la durata di fuori servizio massima ammessa per i ricevitori GPS a metà campata è di 24 ore
- la durata di fuori servizio massima ammessa in un anno di un qualsiasi anemometro delle torri è di 1 mese

In considerazione della disposizione ramificata del sistema, si possono usare esempi di malfunzionamento dei sensori e di perdita dei dati per individuare i componenti che necessitano di riparazione o sostituzione, ad es. la perdita di dati da tutti i sensori che rilasciano dati tramite un'Unità Intermedia di Ritrasmissione è indice di guasto di detta Unità o del cavo dati diretto alla successiva derivazione (IDRU o DAU). Questo tipo di osservazione verrà inclusa nella strategia di riparazione e sostituzione delle apparecchiature.

### 17.4 Parti di Ricambio

Sulla base di un output da FMECA verrà sviluppato un programma delle parti di ricambio.

L'analisi preliminare dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti ha portato all'identificazione delle seguenti raccomandazioni per le parti di ricambio:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- 1 Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) di back-up (incluso specificatamente nel piano di controllo)
- hardware del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) (per i componenti che hanno più probabilità di guastarsi e per quelli che richiederanno troppo tempo per una sostituzione)
- 2 Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati portatili
- 2 Unità Intermedie di Ritrasmissione dei Dati portatili
- Cablaggi (in particolare per sezioni critiche della rete del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS))
- 2 ricevitori GPS (per le torri - per il rischio di danni da lampi)
- 2 ricevitori GPS (per l'impalcato)
- 4 sensori di spostamento lineare dei giunti di dilatazione (per posizioni sulle torri)
- 4 sensori di spostamento lineare dei giunti di dilatazione (per posizioni sulle strutture terminali)

## 18 Progetto di Ampliamento

### 18.1 Ampliamento Immediato dopo la Consegna

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) completato verrà dotato della capacità di ampliamento immediata di 20 sensori per ciascuna Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) di qualsiasi tipo inseriti nel Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) al completamento del Progetto Esecutivo.

Disposizioni specifiche sono necessarie per l'ampliamento di SHMS per includere il monitoraggio acustico. Il monitoraggio acustico potrebbe essere incluso quasi immediatamente dopo completamento della costruzione del ponte o altrimenti in data avvenire. SHMS deve dunque essere organizzato in modo che il sistema di monitoraggio acustico possa essere immediatamente integrato quando collegato. Il sistema di monitoraggio acustico sarà dotato di propria alimentazione e infrastruttura di comunicazione nonché di propria DAU. La DAU collegherà ed elaborerà tutti i

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

dati di monitoraggio acustico. L'unica interfaccia fra il sistema di monitoraggio acustico e SHMS sarà sotto forma di trasferimento dato fra DAU e SHMS MFS. Il DAU interagirà con SHMS MFS come segue:

- Invio di segnali di allerta al SHMS MFS quando viene rilevata una incrinatura
- Invio file dati a SHMS MFS per stoccaggio in SHMS DSS
- Invio report a SHMS MFS per inoltre automatic al componente EDMS di MMS per stoccaggio in database MMS

Si deve prevedere di integrare 4 DAU. In via temporanea, si prevede che le DAU saranno situate nei blocchi di ancoraggio.

## 18.2 Ampliamento Futuro

Il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) dovrà essere sviluppato in modo tale da facilitare un futuro ampliamento o una ristrutturazione. L'architettura modulare del sistema comprendente l'architettura dei file offre un elevato grado di flessibilità dove i moduli possono essere aggiunti, tolti o riorganizzati. Il software del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) verrà sviluppato tenendo conto della flessibilità per future espansioni o ristrutturazioni. Anche l'hardware delle Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) verrà sviluppato per consentire l'ampliamento, ad es. prevedendo degli slot liberi per schede di acquisizione di dati supplementari. Ciascuna Unità di Acquisizione ed Elaborazione dei Dati (DAU) sarà in grado di ricevere tutti i tipi di sensori inclusi nel Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) al completamento del Progetto Esecutivo.

## 19 Esecutivo. Avanzamento Tecnologico Post-Progettazione

Le tecnologie del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) sono in rapido sviluppo, per cui, dove possibile, verranno adottate nuove tecnologie di sviluppo se avanzate rispetto a quelle precedentemente indicate, fatti salvi i seguenti principi:

- le nuove tecnologie verranno adottate solo se hanno dimostrato di essere affidabili

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- le nuove tecnologie verranno adottate solo se sufficientemente consolidate
- le nuove tecnologie verranno adottate solo se hanno dimostrato di apportare dei vantaggi alle priorità di controllo
- le nuove tecnologie verranno adottate solo se finanziariamente fattibili
- le nuove tecnologie verranno adottate solo se possono dimostrare di essere compatibili con il progetto del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS)
- il processo di adozione di nuove tecnologie sarà compito esclusivo del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) assistito da esperti dotati di sufficiente esperienza nell'esecuzione del lavoro agli elevati standard richiesti.

## 20 Disegni

- CG1000-P1LDPIT-M3SM000000-01: Quadro d'insieme del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Torri e Fondazioni
- CG1000-P1LDPIT-M3SM000000-02: Quadro d'insieme del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Impalcato
- CG1000-P1LDPIT-M3SM000000-03: Quadro d'insieme del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Pendini e Cavi Principali
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-01: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Impalcato - Generale
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-02: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Impalcato - in corrispondenza delle torri
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-03: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Impalcato - in corrispondenza delle Strutture Terminali
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-04: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Impalcato - Particolare 1

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-05: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Impalcato - Particolare 2
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-06: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Impalcato - Particolare 3
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-07: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Torri - Generale
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-08: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Torri - Particolare
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-09: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Cavi Principali
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-10: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Pendini
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-11: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Blocchi di ancoraggio - Generale
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-12: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Blocchi di ancoraggio - Particolare
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-13: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Basi delle torri
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-14: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Pilastri di Tie-down
- CG1000-P1ADPIT-M3SM000000-15: Disposizione dei Sensori del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS): Zona remota
- CG1000-P2ADPIT-M3SM000000-01: Architettura dei Moduli SHMS: Impalcato
- CG1000-P2ADPIT-M3SM000000-02: Architettura dei Moduli SHMS: Gamba Torre Ovest
- CG1000-P2ADPIT-M3SM000000-03: Architettura dei Moduli SHMS: Gamba Torre Est

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

- CG1000-P2ADPIT-M3SM000000-04: Architettura dei Moduli SHMS: Blocco di ancoraggio Sicilia
- CG1000-P2ADPIT-M3SM000000-05: Architettura dei Moduli SHMS: Blocco di ancoraggio Calabria
- CG1000-PDXDPIT-M3SM000000-01: Schema di flusso dell'Architettura Dati SHMS

## 21 Requisiti Edificio SCADA (Centro Direzionale)

L'edificio SCADA (Centro Direzionale) è descritto alla Componente n.19.

### 21.1 Requisiti di Progetto per l'Edificio SCADA

L'edificio SCADA ospiterà la stazione di riferimento GPS alla quale faranno riferimento tutti i dati verticali GPS. L'edificio SCADA dovrà essere dettagliato contro i cedimenti.

### 21.2 Spazio per il Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS) in sala SCADA

In sala SCADA verrà messo a disposizione uno spazio di 2,5m x 2,5m per gli schermi di visualizzazione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale e del Server Sistemi Centrali SHMS (SHMS MFS). Nella posizione designata saranno previste min. 10 prese di potenza e 4 prese LAN. La sala SCADA sarà condizionata.

### 21.3 Spazio per le Parti di Ricambio del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale nell'Edificio Manutenzione

Nell'edificio manutenzione sarà prevista una stanza per le parti di ricambio e per le apparecchiature di controllo portatili.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 22 Raccomandazioni per l'Adozione di Altre Tecnologie di Controllo

Sebbene l'SHMS sia un sistema sofisticato ed integrato, le tecniche di indagine del ponte sono migliorate dallo sviluppo del progetto di gara originario del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS). In particolare, un metodo moderno di controllo dei cavi principali dei ponti sospesi consiste nell'uso di controlli acustici. L'adozione del monitoraggio acustico sui cavi principali è stata studiata. Attualmente, il monitoraggio acustico non è stato proposto nel piano di monitoraggio in ragione della mancanza di esperienza pratica di questa tecnologia applicata ai cavi principali. Il monitoraggio acustico per i cavi-principali sarà riesaminato all'inizio del Progetto Esecutivo quando studi maggiormente dettagliati e prove di questa tecnologia saranno disponibili.

## 23 Log della Fase di Costruzione

Il costruttore provvederà ad un log dettagliato di installazione generale del ponte durante la fase di costruzione onde fornire un record storico delle condizioni di installazione del ponte stesso. Tale registrazione farà da ponte con i dati registrati dal Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS). Verranno registrate tutte le modifiche alla struttura che hanno un impatto sui dati registrati. Il log comprenderà ad esempio:

- Data e ora della modifica
- Carichi interessati
- Posizione interessata
- Schema generale del ponte prima e dopo la modifica
- Fotografie di visione generale del cantiere

## 24 Requisiti per il collaudo del Carico Strutturale

I requisiti per il collaudo del carico strutturale verranno sviluppati durante il Progetto Esecutivo. Questa attività non fa parte del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS). I dati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

registrati dal Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) verranno usati per una verifica della risposta alle prove del carico strutturale.

I requisiti del collaudo del carico strutturale saranno definiti dal costruttore in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte ed il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS). Il collaudo del carico strutturale comprenderà le seguenti attività:

- risposta strutturale globale alle prove sul carico dovuto al traffico statico effettuate con l'uso di veicoli pesanti ponderati con precisione (camion, veicoli pesanti, treni, ecc.) posizionati con varie disposizioni lungo il ponte
- risposta strutturale locale alle prove sul carico dovuto al traffico statico effettuate con l'uso di veicoli pesanti ponderati con precisione (camion, veicoli pesanti, treni, ecc.) posizionati sull'elemento strutturale locale
- risposta strutturale globale alle prove sul carico dovuto al traffico dinamico effettuate con l'uso di veicoli pesanti ponderati con precisione (camion, veicoli pesanti, treni, ecc.) guidati in varie disposizioni lungo il ponte
- risposta strutturale locale alle prove sul carico dovuto al traffico dinamico effettuate con l'uso di veicoli pesanti ponderati con precisione (camion, veicoli pesanti, treni, ecc.) guidati sull'elemento strutturale locale
- risposta strutturale globale alle prove sul carico del vento quasi-statico con riesame del comportamento strutturale agli eventi di vento che si verificano
- risposta strutturale globale alle prove sul carico del vento dinamico con riesame del comportamento strutturale agli eventi di vento che si verificano
- risposta strutturale globale alle prove sul carico quasi-statico delle temperature con riesame del comportamento strutturale alle condizioni di temperatura che si verificano

I progettisti strutturali del ponte determineranno l'output previsto dal Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) per ciascuna delle prove di carico da eseguire.

Il collaudo del carico strutturale verificherà il comportamento strutturale del ponte ed il funzionamento del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20/06/2011	

## 25 Compiti per il Progetto Esecutivo

Sono stati sviluppati e presentati nel presente documento lo schema e l'architettura generale del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS). Il presente documento descrive i principi fondamentali del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) da fornire. I dettagli del sistema richiedono tuttavia il contributo di numerose parti diverse, in quanto il sistema abbraccia molti attori quali:

- Sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) – la scelta più efficiente del software e del hardware dipenderà dall'architettura dettagliata del sistema. Numerosi sono i metodi a disposizione per formulare l'architettura di dettaglio. Poiché ciascun sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) ha un proprio sistema preferenziale, l'architettura finale dipenderà dal sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) prescelto. Si raccomanda quindi che il costruttore scelga un sub-appaltatore che lavori di concerto con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) per la preparazione dettagliata durante il Progetto Esecutivo.
- Progettisti strutturali del ponte – il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) verrà installato sulla struttura che potrà necessitare di un rinforzo locale. Il posizionamento finale dei sensori dipenderà da quelle zone del ponte identificate come le più critiche dopo il completamento del progetto. Saranno necessari i particolari relativi ai limiti ed al carico per garantire l'efficace funzionamento del sistema eventi, particolari che sono ben noti ai progettisti strutturali de ponte.
- Costruttore e sub-appaltatori – il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) verrà installato durante la fabbricazione dei componenti strutturali in modo che ciascun sensore possa essere attivato immediatamente per il controllo della fase costruttiva e che si possano registrare le condizioni di carico statico della struttura . Il costruttore ed i sub-appaltatori dovranno inserire l'installazione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) nel programma di costruzione. .

Durante il Progetto Esecutivo verranno eseguiti i seguenti compiti di dettaglio:

- Costituzione della task force di progetto dettagliato del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) comprendente il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

Strutturale (SHMS), il sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS), i fornitori di preferenza del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) prescelti, i progettisti strutturali del ponte, il costruttore ed i sub-appaltatori.

- Riesame del piano di controllo del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) nell'ambito del progetto strutturale completo da parte del progettista del Sistema in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte.
- Riesame del sensore di deformazione/ calibratura nell'ambito del progetto strutturale completato, da parte di progettista SHMS in collaborazione con progettisti strutturali del ponte.
- Riesame da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) dell'inserimento di sensori aggiuntivi dell'umidità relativa a fibre ottiche discreti per i cavi principali ad integrazione dell'attuale schema.
- Riesame da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) dell'inserimento di sensori di deformazione a fibre ottiche supplementari (tra morsetti cavi adiacenti) per i cavi principali ad integrazione dell'attuale schema.
- Riesame da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) delle tecnologie disponibili da inserire nel Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).
- Identificazione e dettaglio da parte del costruttore in collaborazione con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) di sensori supplementari necessari solo durante la fase costruttiva ed utili per il controllo della costruzione.
- Posizionamento finale dei sensori da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte e con il sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).
- Dettaglio della struttura di supporto (trave) degli anemometri da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte ed il sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Posizionamento dettagliato dei punti di riferimento del movimento del terreno e dei relativi inclinometri dinamici e dettaglio della struttura di riferimento da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con il centro sismologico locale.
- Sviluppo della struttura del database di SCADA da parte del sub-appaltatore dello stesso congiuntamente con i sub-appaltatori ed i progettisti di tutti i componenti di SCADA.
- Sviluppo del Livello di Servizio del Database da parte del sub-appaltatore del database di SCADA e sviluppo del Livello di Conversione, Invio ed Interrogazione dei dati del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) da parte del sub-appaltatore di quest'ultimo.
- Determinazione dei dettagli di interfaccia tra i vari componenti di SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione comprensivi del formato comune dei file dati trasferiti direttamente tra i componenti di SCADA e del Sistema di Gestione, Manutenzione e Simulazione da parte dei progettisti di questi ultimi congiuntamente ai sub-appaltatori dei componenti stessi.
- Sviluppo della strategia di software e del montaggio del sistema compresa l'identificazione del software, dell'hardware, dei data logger e dei sensori da parte del sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con il progettista di detto sistema.
- Sviluppo dei display del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) da parte del sub-appaltatore dello stesso in collaborazione con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).
- Sviluppo dei rapporti del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) da parte del sub-appaltatore dello stesso in collaborazione con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).
- Continuo riesame della fattibilità dei sensori a fibre ottiche interni del cavo principale a tutta lunghezza da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).
- Sviluppo del sensore di umidità a fibre ottiche comprendente le prove dimostrative da parte del fornitore di preferenza.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Sviluppo dei sensori a fibre ottiche interni del cavo principale a tutta lunghezza comprendente le prove dimostrative da parte del fornitore di preferenza.
- Dettaglio della carpenteria metallica di supporto del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) da parte del sub-appaltatore dello stesso.
- Dettaglio del collegamento della carpenteria metallica di supporto del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) al ponte da parte del progettista dello stesso in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte.
- Dettaglio del rinforzo locale del ponte per l'aggiunta della carpenteria metallica di supporto del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con il progettista dello stesso.
- Identificazione dei canali dati per la definizione dei trigger e delle segnalazioni da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte.
- Definizione dei limiti di soglia di attivazione e dei livelli di soglia di ripristino per tutti gli eventi, le segnalazioni e le segnalazioni di viabilità da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte.
- Definizione dei parametri di attivazione per gli eventi sismici da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in consultazione con il centro sismologico locale.
- Definizione dei criteri di segnalazione degli eventi sul ponte (inclusa la matrice delle associazioni di segnalazioni ed eventi, l'impatto della condizione e la categorizzazione di stato del ponte) nonché della matrice degli esiti previsti per la valutazione automatica da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte.
- Definizione di associazione dei canali dati da registrare all'innesco di un evento su ciascun canale dati da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte.
- Finalizzazione delle procedure da adottare nel calcolo degli utilizzi di fatica e degli utilizzi di manutenzione, inclusa la scelta dei parametri di ponderazione iniziali da parte del progettista

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con i progettisti strutturali del ponte.

- Definizione dei parametri di configurazione da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con il sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).
- Esecuzione di un'analisi dei modi, degli effetti e della criticità dei guasti (FMECA) a supporto dello sviluppo delle raccomandazioni per la manutenzione inclusa l'identificazione dell'importanza, della prioritizzazione e delle scale dei tempi di manutenzione per ciascun sensore da parte del sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con il progettista dello stesso ed i progettisti strutturali del ponte.
- Sviluppo delle raccomandazioni per l'ispezione del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) da parte del sub-appaltatore del sistema stesso in collaborazione con il progettista del sistema.
- Sviluppo di una strategia per la riparazione e la sostituzione delle apparecchiature per il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) da parte del sub-appaltatore del sistema stesso in collaborazione con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).
- Sviluppo di un programma per le parti di ricambio da parte del sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con il progettista del sistema stesso.
- Sviluppo dei requisiti per il collaudo del carico strutturale inclusa la valutazione dei dati in uscita previsti da parte del costruttore in collaborazione con il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) e dei progettisti strutturali del ponte
- Stesura iniziale di tutti i manuali e le guide da parte del sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con il progettista dello stesso.
- Preparazione delle schede di consultazione per l'identificazione dei sensori da parte del progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con il sub-appaltatore del sistema stesso.



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_F0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20/06/2011</i>	

- Stesura iniziale del programma di installazione da parte del costruttore e dei sub-appaltatori in collaborazione con il sub.appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) e del progettista del sistema stesso.
- Preparazione delle istruzioni dei metodi di installazione da parte del sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) in collaborazione con il costruttore, i sub-costruttori ed il progettista del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).
- Preparazione del piano di revisione per 25 anni da parte del sub.appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

## 26 Commenti sulla Fase di Costruzione

Durante la fase di costruzione tutte le parti contribuiranno alla consegna della struttura completa e degli accessori incluso il Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

Il sub-appaltatore del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) lavorerà insieme al costruttore ed ai sub-appaltatori per la consegna del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) nell'ambito del programma di fabbricazione e montaggio.

Il costruttore ed i sub-appaltatori faciliteranno l'installazione delle apparecchiature del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) a tempo debito durante il programma di fabbricazione e montaggio.

Dopo l'installazione delle apparecchiature del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS), il costruttore ed i sub-appaltatori dovranno sempre esercitare un'attenzione ragionevole verso le apparecchiature del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS) Il costruttore ed i sub-appaltatori saranno responsabili dei danni causati dalle attività di costruzione dopo l'installazione delle apparecchiature del Sistema di Controllo dell'Integrità Strutturale (SHMS).

I progettisti strutturali del ponte dovranno fornire previsioni tempestive dei dati ed i limiti per i trigger di segnalazione e di evento.

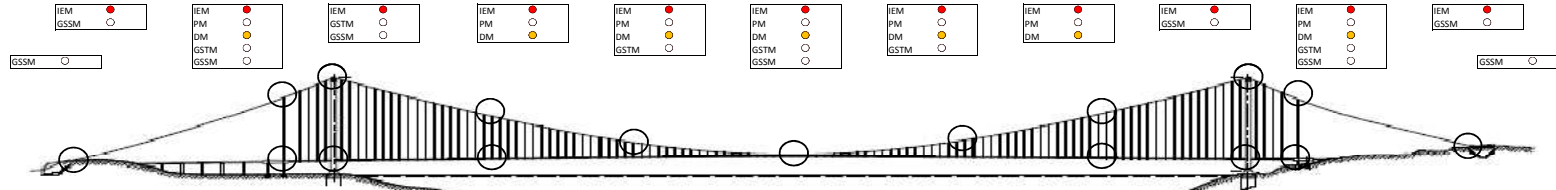
I progettisti strutturali del ponte dovranno indicare le previsioni iniziali accuratamente valutate per i dati di tensione del cavo principale nelle varie fasi di montaggio dell'impalcato del ponte inclusa la condizione iniziale del cavo principale senza sezioni di impalcato sospese.



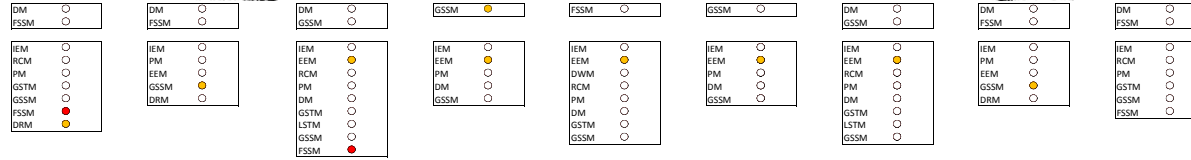
		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
<p>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</p>	<p><i>Codice documento</i> PI0038_0_ITA.docx</p>	<p><i>Rev</i> 0</p>	<p><i>Data</i> 13-04-2011</p>	

## Appendice 1 - Esempio di Schermi di visualizzazione

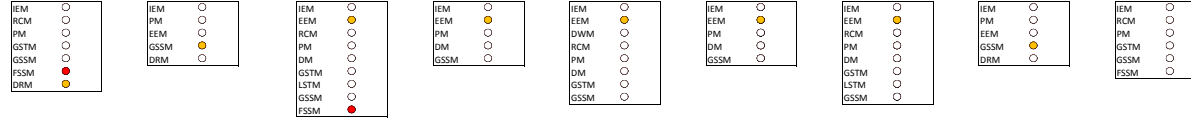
**Cavo Principale:**  
Main Cable:



**Pendini:**  
Hangers:



**Impalcato Stradale & Ferroviario:**  
Road & Rail Girders:

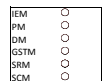


**Stato della Configurazione**  
Configuration Status

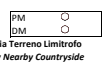
DAU01	<input type="checkbox"/>
DAU02	<input type="checkbox"/>
DAU03	<input type="checkbox"/>
DAU04	<input type="checkbox"/>
DAU05	<input type="checkbox"/>
DAU06	<input type="checkbox"/>
DAU07	<input type="checkbox"/>
DAU08	<input type="checkbox"/>
DAU09	<input type="checkbox"/>
DAU10	<input checked="" type="checkbox"/>
DAU11	<input type="checkbox"/>
DAU12	<input type="checkbox"/>
DAU13	<input type="checkbox"/>
DAU14	<input type="checkbox"/>
DAU15	<input type="checkbox"/>



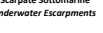
**Sicilia Pilastro**  
Sicily Pier



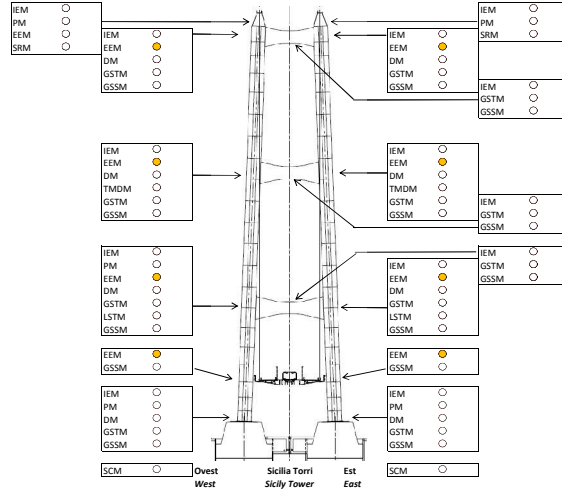
**Sicilia Blocco d'Ancoraggio**  
Sicily Anchor Block



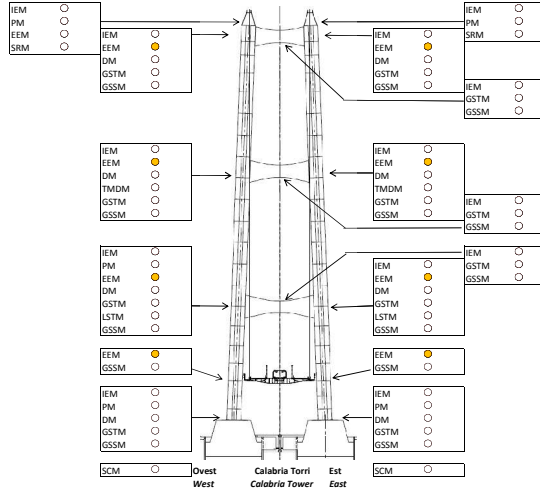
**Sicilia Terreno Limitrofo**  
Sicily Nearby Countryside



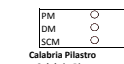
**Sicilia Scarpate Sottomarine**  
Sicily Underwater Escarpments



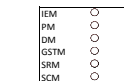
West Sicily Tower East



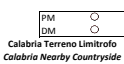
West Calabria Tower East



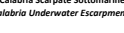
**Calabria Pilastro**  
Calabria Pier



**Calabria Blocco d'Ancoraggio**  
Calabria Anchor Block



**Calabria Terreno Limitrofo**  
Calabria Nearby Countryside

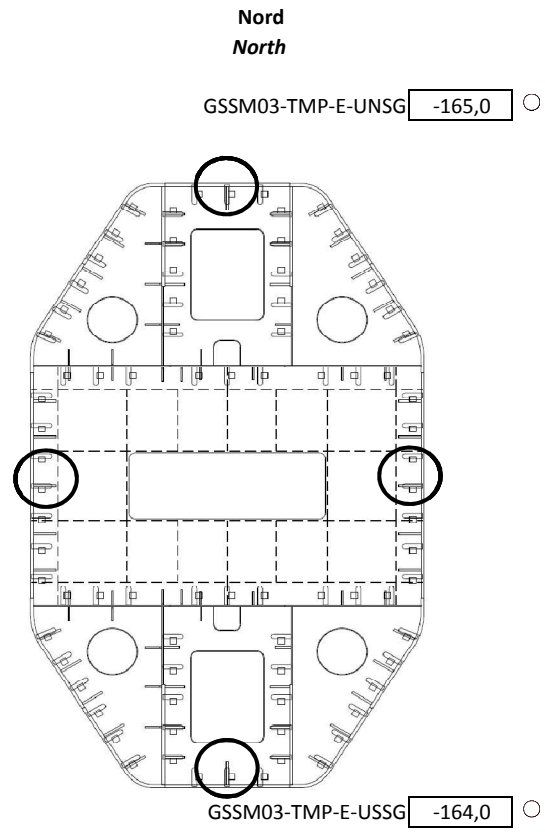


**Calabria Scarpate Sottomarine**  
Calabria Underwater Escarpments

Sopra la Traversa:  
Above Cross-Beam:

GSSM03-TMP-E-UWSG -177,0

Ovest  
West

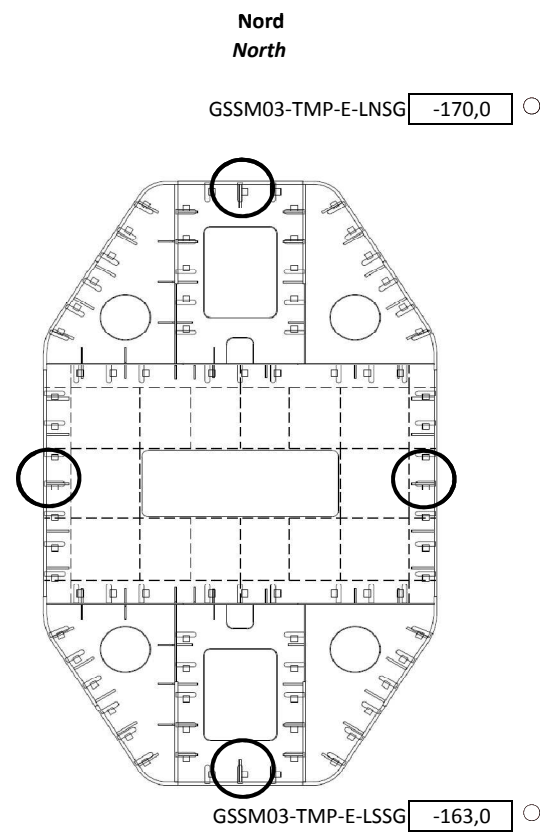


Sud  
South

Sotto la Traversa:  
Below Cross-Beam:

GSSM03-TMP-E-LWSG -157,0

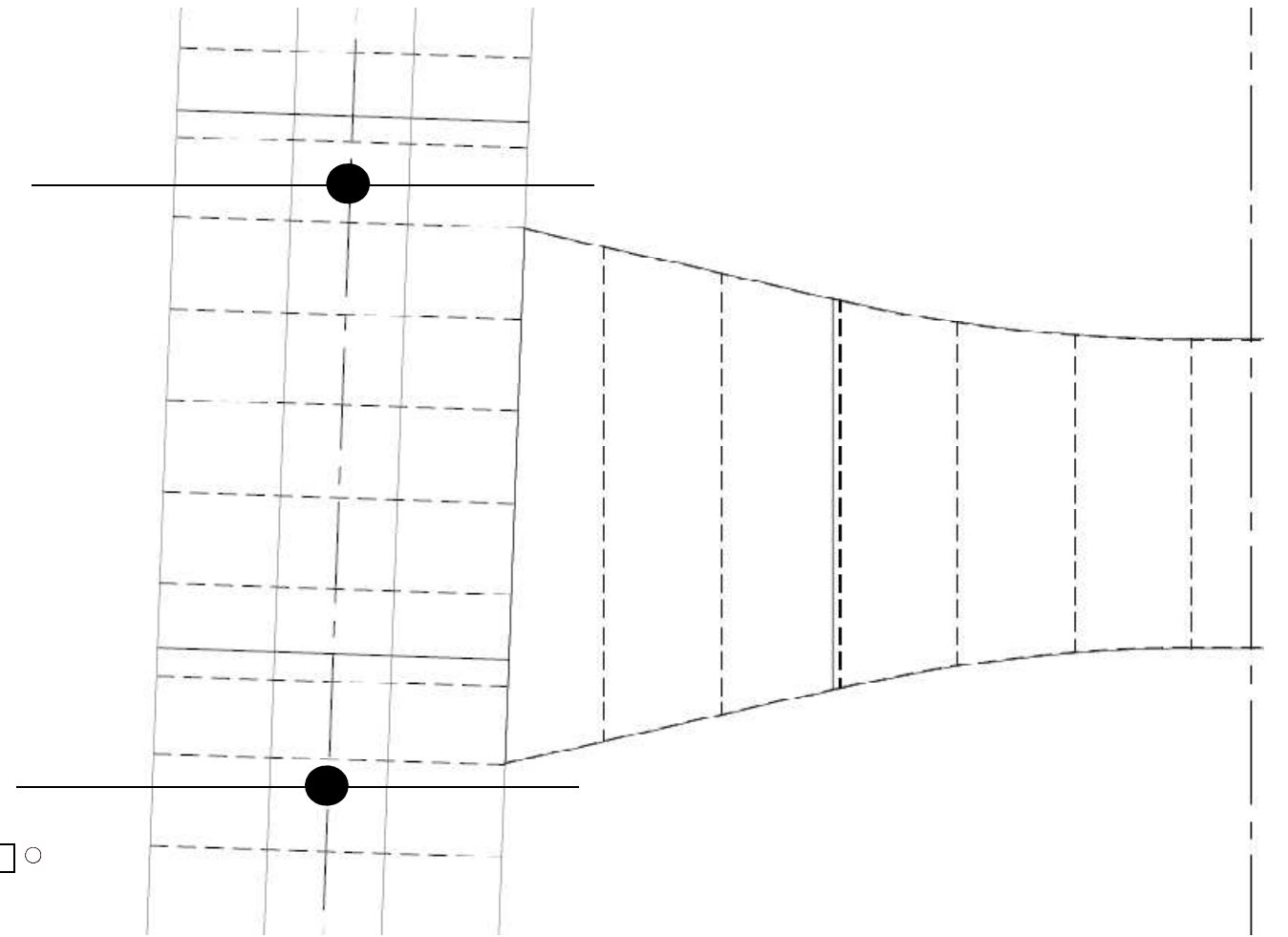
Ovest  
West



Sud  
South

GSSM03-TMP-E-UESG -177,0

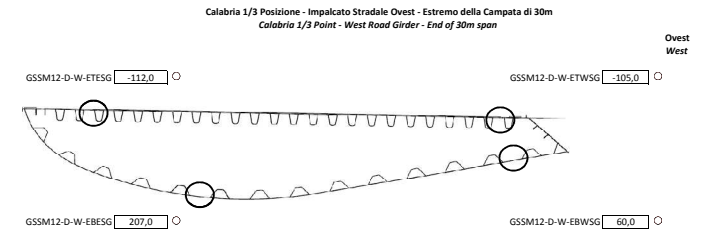
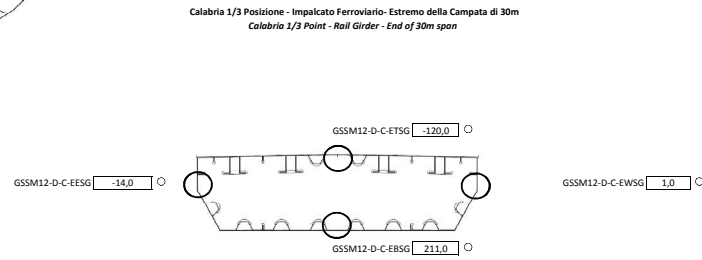
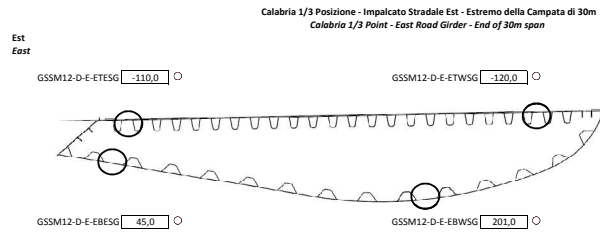
Est  
East



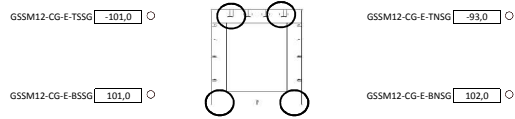
GSSM03-TMP-E-LESg -164,0

Est  
East

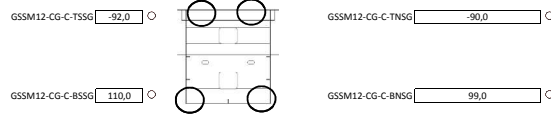
Sicilia Torri - Gamba Est - Presso la Traversa 2  
Sicily Tower - East Leg - at Cross-Beam 2



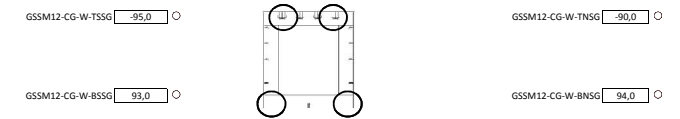
Calabria 1/3 Posizione - Traversa - Est  
Calabria 1/3 Point - Cross Beam - East



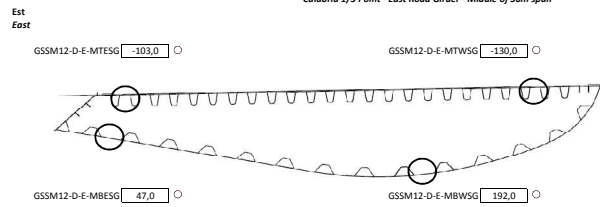
Calabria 1/3 Posizione - Traversi - Centro  
Calabria 1/3 Point - Cross Beam - Centre



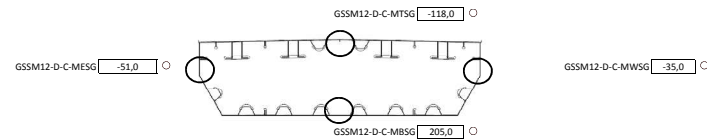
Calabria 1/3 Posizione - Traversi - Ovest  
Calabria 1/3 Point - Cross Beam - West



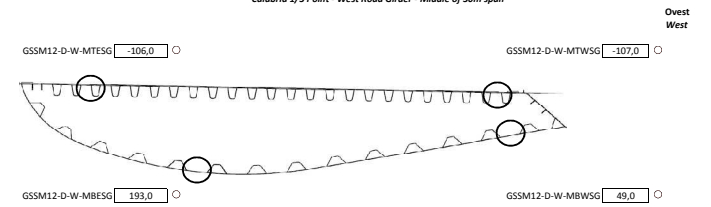
Calabria 1/3 Posizione - Impalcato Stradale Est - Messaria della Campata di 30m  
Calabria 1/3 Point - East Road Girder - Middle of 30m span



Calabria 1/3 Posizione - Impalcato Ferroviario - Messaria della Campata di 30m  
Calabria 1/3 Point - Rail Girder - Middle of 30m span



Calabria 1/3 Posizione - Impalcato Stradale Ovest - Messaria della Campata di 30m  
Calabria 1/3 Point - West Road Girder - Middle of 30m span



**Ambiente Interno**  
**Internal Environment**

Identificativo del canale dati:  
Data-channel identifier: RH SH AT DPT min ST  
(%) (%) (degC) (degC) (degC)

**Sicilia Blocco d'Ancoraggio**  
**Sicily Anchor Block**

IEM01-AB-E	59,0		25,0	16,8	11,0
IEM01-AB-W	48,0		24,0	13,6	19,0

**Cavo Principale Est**  
**East Main Cable**

IEM01-MC-01-E-E1	33,0				
IEM01-MC-01-E-E2	44,0				
IEM01-MC-02-E-E1	45,0				
IEM01-MC-02-E-E2	44,0				
IEM01-MC-03-E-E1	55,0				
IEM01-MC-03-E-E2	38,0				
IEM01-MC-04-E-E1	34,0				
IEM01-MC-04-E-E2	48,0				
IEM01-MC-05-E-E1	39,0				
IEM01-MC-05-E-E2	30,0				
IEM01-MC-06-E-E1	39,0				
IEM01-MC-06-E-E2	51,0				
IEM01-MC-07-E-E1	33,0				
IEM01-MC-07-E-E2	52,0				
IEM01-MC-08-E-E1	38,0				
IEM01-MC-08-E-E2	60,0				
IEM01-MC-09-E-E1	41,0				
IEM01-MC-09-E-E2	47,0				
IEM01-MC-10-E-E1	39,0				
IEM01-MC-10-E-E2	31,0				
IEM01-MC-11-E-E1	50,0				
IEM01-MC-11-E-E2	60,0				

IEM01-MC-01-E-W1	56,0				
IEM01-MC-01-E-W2	36,0				
IEM01-MC-02-E-W1	30,0				
IEM01-MC-02-E-W2	33,0				
IEM01-MC-03-E-W1	43,0				
IEM01-MC-03-E-W2	47,0				
IEM01-MC-04-E-W1	50,0				
IEM01-MC-04-E-W2	30,0				
IEM01-MC-05-E-W1	48,0				
IEM01-MC-05-E-W2	45,0				
IEM01-MC-06-E-W1	46,0				
IEM01-MC-06-E-W2	32,0				
IEM01-MC-07-E-W1	30,0				
IEM01-MC-07-E-W2	42,0				
IEM01-MC-08-E-W1	46,0				
IEM01-MC-08-E-W2	57,0				
IEM01-MC-09-E-W1	36,0				
IEM01-MC-09-E-W2	30,0				
IEM01-MC-10-E-W1	31,0				
IEM01-MC-10-E-W2	45,0				
IEM01-MC-11-E-W1	43,0				
IEM01-MC-11-E-W2	31,0				

Identificativo del canale dati:  
Data-channel identifier: RH SH AT DPT min ST  
(%) (%) (degC) (degC) (degC)

**Calabria Blocco d'Ancoraggio**  
**Calabria Anchor Block**

IEM02-AB-E	48,0		24,0	13,6	18,0
IEM02-AB-W	47,0		21,0	10,4	15,0

**Cavo Principale Ovest**  
**West Main Cable**

IEM02-MC-01-W-E1	39,0				
IEM02-MC-01-W-E2	35,0				
IEM02-MC-02-W-E1	48,0				
IEM02-MC-02-W-E2	32,0				
IEM02-MC-03-W-E1	59,0				
IEM02-MC-03-W-E2	46,0				
IEM02-MC-04-W-E1	32,0				
IEM02-MC-04-W-E2	39,0				
IEM02-MC-05-W-E1	48,0				
IEM02-MC-05-W-E2	32,0				
IEM02-MC-06-W-E1	57,0				
IEM02-MC-06-W-E2	30,0				
IEM02-MC-07-W-E1	40,0				
IEM02-MC-07-W-E2	55,0				
IEM02-MC-08-W-E1	39,0				
IEM02-MC-08-W-E2	58,0				
IEM02-MC-09-W-E1	41,0				
IEM02-MC-09-W-E2	57,0				
IEM02-MC-10-W-E1	47,0				
IEM02-MC-10-W-E2	57,0				
IEM02-MC-11-W-E1	39,0				
IEM02-MC-11-W-E2	46,0				

IEM02-MC-01-W-W1	60,0				
IEM02-MC-01-W-W2	54,0				
IEM02-MC-02-W-W1	35,0				
IEM02-MC-02-W-W2	48,0				
IEM02-MC-03-W-W1	55,0				
IEM02-MC-03-W-W2	43,0				
IEM02-MC-04-W-W1	39,0				
IEM02-MC-04-W-W2	30,0				
IEM02-MC-05-W-W1	42,0				
IEM02-MC-05-W-W2	33,0				
IEM02-MC-06-W-W1	36,0				
IEM02-MC-06-W-W2	44,0				
IEM02-MC-07-W-W1	48,0				
IEM02-MC-07-W-W2	52,0				
IEM02-MC-08-W-W1	33,0				
IEM02-MC-08-W-W2	59,0				
IEM02-MC-09-W-W1	48,0				
IEM02-MC-09-W-W2	59,0				
IEM02-MC-10-W-W1	30,0				
IEM02-MC-10-W-W2	60,0				
IEM02-MC-11-W-W1	34,0				
IEM02-MC-11-W-W2	32,0				

Identificativo del canale dati:  
Data-channel identifier: RH SH AT DPT min ST  
(%) (%) (degC) (degC) (degC)

**Impalcato Stradale Est**  
**East Road Girder**

IEM07-D-E	38,0	85,0	24,0	11,6	11,0
IEM08-D-E	42,0	75,0	24,0	12,4	10,0
IEM09-D-E	37,0	84,0	27,0	14,4	20,0
IEM10-D-E	52,0	92,0	20,0	10,4	18,0
IEM11-D-E	37,0	95,0	30,0	17,4	16,0
IEM12-D-E	46,0	82,0	29,0	18,2	18,0
IEM13-D-E	53,0	93,0	22,0	12,6	11,0
IEM14-D-E	59,0	79,0	24,0	15,8	16,0
IEM15-D-E	50,0	82,0	20,0	10	16,0

**Impalcato Ferroviario**  
**Rail Girder**

IEM07-D-C	32,0	94,0	28,0	14,4	11,0
IEM08-D-C	30,0	84,0	28,0	14	12,0
IEM09-D-C	31,0	95,0	29,0	15,2	18,0
IEM10-D-C	54,0	90,0	28,0	18,8	14,0
IEM11-D-C	35,0	77,0	29,0	16	18,0
IEM12-D-C	39,0	89,0	21,0	8,8	10,0
IEM13-D-C	36,0	77,0	25,0	12,2	15,0
IEM14-D-C	41,0	77,0	30,0	18,2	20,0
IEM15-D-C	44,0	91,0	24,0	12,8	17,0

**Impalcato Stradale Ovest**  
**West Road Girder**

IEM07-D-W	35,0	91,0	21,0	8	11,0
IEM08-D-W	34,0	100,0	21,0	7,8	16,0
IEM09-D-W	35,0	92,0	29,0	16	15,0
IEM10-D-W	53,0	73,0	20,0	10,6	14,0
IEM11-D-W	33,0	92,0	23,0	9,6	17,0
IEM12-D-W	52,0	78,0	30,0	20,4	12,0
IEM13-D-W	42,0	90,0	27,0	15,4	14,0
IEM14-D-W	46,0	71,0	20,0	9,2	19,0
IEM15-D-W	35,0	93,0	29,0	16	10,0

**Traversa**  
**Cross Beam**

IEM07-CG-C	54,0	94,0	21,0	11,8	12,0
IEM08-CG-C	31,0	90,0	25,0	11,2	10,0
IEM09-CG-C	52,0	73,0	22,0	12,4	19,0
IEM10-CG-C	39,0	72,0	29,0	16,8	12,0
IEM11-CG-C	47,0	94,0	24,0	13,4	10,0
IEM12-CG-C	59,0	72,0	26,0	17,8	16,0
IEM13-CG-C	53,0	79,0	28,0	18,6	10,0
IEM14-CG-C	44,0	94,0	25,0	13,8	14,0
IEM15-CG-C	44,0	97,0	29,0	17,8	12,0

Identificativo del canale dati:  
Data-channel identifier: RH SH AT DPT min ST  
(%) (%) (degC) (degC) (degC)

**Sicilia Torri - Gamba Est**  
**Sicily Tower - East Leg**

IEM03-TT-E	49,0		30,0	19,8	15,0
IEM03-TUP-E	36,0		26,0	13,2	20,0
IEM03-TMP-E	46,0		22,0	11,2	18,0
IEM03-TLP-E	55,0		21,0	12	13,0
IEM03-TB-E	31,0		22,0	8,2	19,0

**Sicilia Torri - Gamba Ovest**  
**Sicily Tower - West Leg**

IEM04-TT-E	55,0		24,0	15	15,0
IEM04-TUP-E	34,0		25,0	11,8	11,0
IEM04-TMP-E	48,0		30,0	19,6	10,0
IEM04-TLP-E	37,0		29,0	16,4	20,0
IEM04-TB-E	32,0		25,0	11,4	12,0

**Sicilia Torri - Traversa**  
**Sicily Tower - Cross Beam**

IEM04-UP-C	35,0		30,0	17	17,0
IEM04-MP-C	32,0		25,0	11,4	17,0
IEM04-LP-C	48,0		29,0	18,6	18,0

**Calabria Torri - Gamba Est**  
**Calabria Tower - East Leg**

IEM05-TT-E	32,0		20,0	14,8	20,0
IEM05-TUP-E	36,0		23,0	6	14,0
IEM05-TMP-E	44,0		26,0	19,2	20,0
IEM05-TLP-E	30,0		20,0	-20	13,0
IEM05-TB-E	51,0		29,0	-20	18,0

**Calabria Torri - Gamba Ovest**  
**Calabria Tower - West Leg**

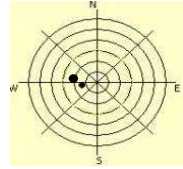
IEM06-TT-E	31,0		21,0	19,4	19,0
IEM06-TUP-E	47,0		22,0	13,6	17,0
IEM06-TMP-E	47,0		30,0	17,6	16,0
IEM06-TLP-E	58,0		22,0	-20	16,0
IEM06-TB-E	53,0		27,0	-20	15,0

**Calabria Torri - Traversa**  
**Calabria Tower - Cross Beam**

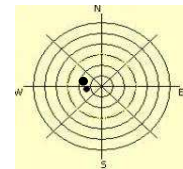
IEM06-UP-C	40,0		28,0	15,2	17,0
IEM06-MP-C	44,0		21,0	#REF!	16,0
IEM06-LP-C	51,0		25,0	#REF!	10,0

**Condizioni del Vento**  
**Wind Conditions**

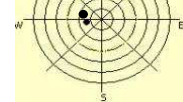
○	EEM03-TUP-E-PGWS	7,0	m/s (gust)
	EEM03-TUP-E-PMWS	5,5	m/s (mean)
	EEM03-TUP-E-PGWD	200,0	deg E (plan)



○	EEM03-TMP-E-PGWS	7,0	m/s (gust)
	EEM03-TMP-E-PMWS	5,5	m/s (mean)
	EEM03-TMP-E-PGWD	200,0	deg E (plan)



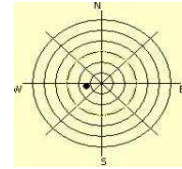
○	EEM03-TLP-E-PGWS	8,0	m/s (gust)
	EEM03-TLP-E-PMWS	6,5	m/s (mean)
	EEM03-TLP-E-PGWD	193,0	deg E (plan)



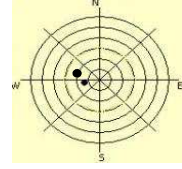
○	EEM03-TD-E-PGWS	11,0	m/s (gust)
	EEM03-TD-E-PMWS	9,5	m/s (mean)
	EEM03-TD-E-PGWD	208,0	deg E (plan)



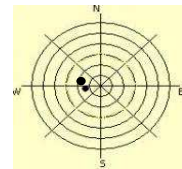
○	EEM04-TT-W-PGWS	7,0	m/s (gust)
	EEM04-TT-W-PMWS	5,5	m/s (mean)
	EEM04-TT-W-PGWD	203,0	deg E (plan)



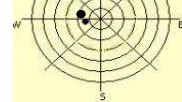
○	EEM04-TUP-W-PGWS	11,0	m/s (gust)
	EEM04-TUP-W-PMWS	9,5	m/s (mean)
	EEM04-TUP-W-PGWD	203,0	deg E (plan)



○	EEM04-TMP-W-PGWS	10,0	m/s (gust)
	EEM04-TMP-W-PMWS	8,5	m/s (mean)
	EEM04-TMP-W-PGWD	180,0	deg E (plan)



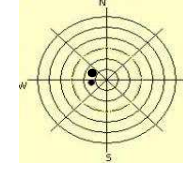
○	EEM04-TLP-W-PGWS	11,0	m/s (gust)
	EEM04-TLP-W-PMWS	9,5	m/s (mean)
	EEM04-TLP-W-PGWD	193,0	deg E (plan)



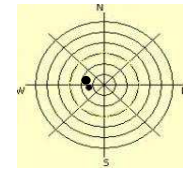
○	EEM04-TD-W-PGWS	7,0	m/s (gust)
	EEM04-TD-W-PMWS	5,5	m/s (mean)
	EEM04-TD-W-PGWD	197,0	deg E (plan)



○	EEM05-TUP-E-PGWS	10,0	m/s (gust)
	EEM05-TUP-E-PMWS	8,5	m/s (mean)
	EEM05-TUP-E-PGWD	207,0	deg E (plan)



○	EEM05-TMP-E-PGWS	8,0	m/s (gust)
	EEM05-TMP-E-PMWS	6,5	m/s (mean)
	EEM05-TMP-E-PGWD	180,0	deg E (plan)



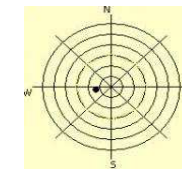
○	EEM05-TLP-E-PGWS	8,0	m/s (gust)
	EEM05-TLP-E-PMWS	6,5	m/s (mean)
	EEM05-TLP-E-PGWD	203,0	deg E (plan)



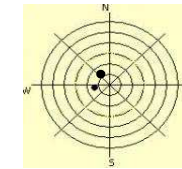
○	EEM05-TD-E-PGWS	9,0	m/s (gust)
	EEM05-TD-E-PMWS	7,5	m/s (mean)
	EEM05-TD-E-PGWD	183,0	deg E (plan)



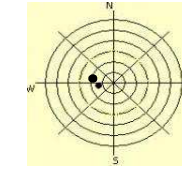
○	EEM06-TT-W-PGWS	7,0	m/s (gust)
	EEM06-TT-W-PMWS	5,5	m/s (mean)
	EEM06-TT-W-PGWD	194,0	deg E (plan)



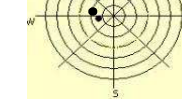
○	EEM06-TUP-W-PGWS	11,0	m/s (gust)
	EEM06-TUP-W-PMWS	9,5	m/s (mean)
	EEM06-TUP-W-PGWD	193,0	deg E (plan)



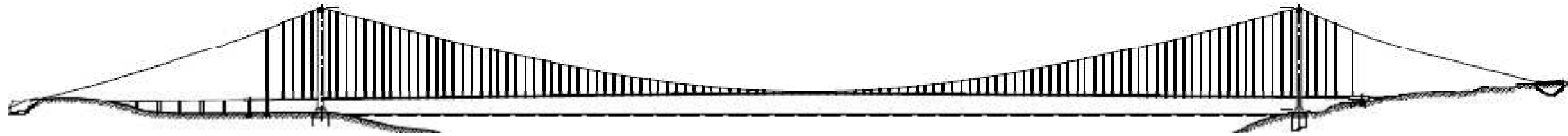
○	EEM06-TMP-W-PGWS	10,0	m/s (gust)
	EEM06-TMP-W-PMWS	8,5	m/s (mean)
	EEM06-TMP-W-PGWD	201,0	deg E (plan)



○	EEM06-TLP-W-PGWS	8,0	m/s (gust)
	EEM06-TLP-W-PMWS	6,5	m/s (mean)
	EEM06-TLP-W-PGWD	193,0	deg E (plan)



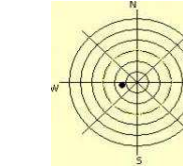
○	EEM06-TD-W-PGWS	12,0	m/s (gust)
	EEM06-TD-W-PMWS	10,5	m/s (mean)
	EEM06-TD-W-PGWD	188,0	deg E (plan)



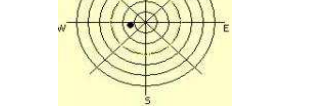
Sicilia  
Sicily

Calabria  
Calabria

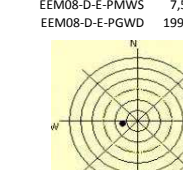
○	DWM11-D-E-1XWS	7,0	m/s
	DWM11-D-E-1YWS	0,0	m/s
	DWM11-D-E-1ZWS	0,0	m/s



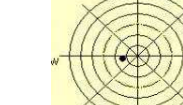
○	DWM11-D-E-2XWS	12,0	m/s
	DWM11-D-E-2YWS	3,0	m/s
	DWM11-D-E-2ZWS	1,0	m/s



○	DWM11-D-W-1XWS	8,0	m/s
	DWM11-D-W-1YWS	1,0	m/s
	DWM11-D-W-1ZWS	2,0	m/s



○	DWM11-D-W-2XWS	11,0	m/s
	DWM11-D-W-2YWS	2,0	m/s
	DWM11-D-W-2ZWS	1,0	m/s



○	EEM08-D-W-PGWS	7,0	m/s (gust)
	EEM08-D-W-PMWS	5,5	m/s (mean)
	EEM08-D-W-PGWD	199,0	deg E (plan)

○	EEM09-D-W-PGWS	12,0	m/s (gust)
	EEM09-D-W-PMWS	10,5	m/s (mean)
	EEM09-D-W-PGWD	208,0	deg E (plan)

○	EEM10-D-W-PGWS	11,0	m/s (gust)
	EEM10-D-W-PMWS	9,5	m/s (mean)
	EEM10-D-W-PGWD	191,0	deg E (plan)

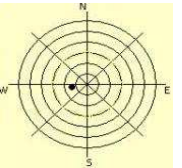
○	EEM11-D-W-PGWS	9,0	m/s (gust)
	EEM11-D-W-PMWS	7,5	m/s (mean)
	EEM11-D-W-PGWD	187,0	deg E (plan)

○	EEM12-D-W-PGWS	9,0	m/s (gust)
	EEM12-D-W-PMWS	7,5	m/s (mean)
	EEM12-D-W-PGWD	198,0	deg E (plan)

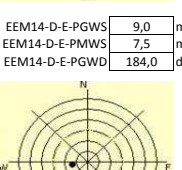
○	EEM13-D-W-PGWS	7,0	m/s (gust)
	EEM13-D-W-PMWS	5,5	m/s (mean)
	EEM13-D-W-PGWD	203,0	deg E (plan)

○	EEM14-D-W-PGWS	8,0	m/s (gust)
	EEM14-D-W-PMWS	6,5	m/s (mean)
	EEM14-D-W-PGWD	182,0	deg E (plan)

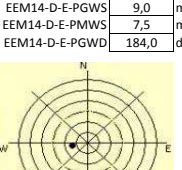
○	DWM11-D-E-3XWS	9,0	m/s
	DWM11-D-E-3YWS	0,0	m/s
	DWM11-D-E-3ZWS	0,0	m/s



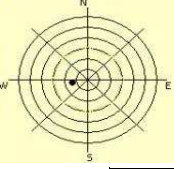
○	DWM11-D-E-4XWS	11,0	m/s
	DWM11-D-E-4YWS	0,0	m/s
	DWM11-D-E-4ZWS	0,0	m/s



○	DWM11-D-W-3XWS	12,0	m/s
	DWM11-D-W-3YWS	3,0	m/s
	DWM11-D-W-3ZWS	2,0	m/s



○	DWM11-D-W-4XWS	11,0	m/s
	DWM11-D-W-4YWS	3,0	m/s
	DWM11-D-W-4ZWS	0,0	m/s



**Condizioni dell'Ambiente Esterno**  
**External Environment Conditions**

Identificativo del canale dati:  
 Data-channel identifier:

Sicilia  
 Sicily

Calabria  
 Calabria

PGWS Plan Gust Wind Speed (m/s)  
 PGWD Plan Gust Wind Dirn (degE)

PGWS Plan Gust Wind Speed (m/s)  
 PGWD Plan Gust Wind Dirn (degE)

RH Rel Humidity (%)  
 CT Air Temp (degC)  
 SR Solar Radiation (W/m2)  
 B Air Pressure (hPa)  
 SH Surface Humidity (%)

RH Rel Humidity (%)  
 CT Air Temp (degC)  
 SR Solar Radiation (W/m2)  
 B Air Pressure (hPa)  
 SH Surface Humidity (%)

RT Road Temp (degC)  
 RG Rain Gauge (mm/hr)

RT Road Temp (degC)  
 RG Rain Gauge (mm/hr)

EEM08-D-E	10,0
PGWD	208,0

EEM09-D-E	10,0
PGWD	202,0

EEM10-D-E	9,0
PGWD	203,0

EEM11-D-E	7,0
PGWD	187,0

EEM12-D-E	9,0
PGWD	197,0

EEM13-D-E	7,0
PGWD	186,0

EEM14-D-E	9,0
PGWD	191,0

EEM08-D-W	12,0
PGWD	193,0

EEM09-D-W	11,0
PGWD	199,0

EEM10-D-W	8,0
PGWD	196,0

EEM11-D-W	9,0
PGWD	201,0

EEM12-D-W	11,0
PGWD	203,0

EEM13-D-W	7,0
PGWD	202,0

EEM14-D-W	9,0
PGWD	198,0

EEM04-TT-W	46,0
CT	27,0
SR	1191,0
B	995,0
SH	

EEM04-TD-W	49,0
CT	26,0
SR	998,0
B	
SH	

EEM08-D-W	
PGWD	

EEM09-D-W	29,0
PGWD	0,0

EEM10-D-W	
PGWD	

EEM11-D-W	50,0
CT	28,0
SR	1072,0
B	
SH	

EEM12-D-W	
PGWD	

EEM13-D-W	27,0
PGWD	0,0

EEM14-D-W	
PGWD	

EEM06-TT-W	52,0
CT	29,0
SR	1142,0
B	994,0
SH	

EEM06-TD-W	49,0
CT	27,0
SR	995,0
B	
SH	

RCM08-D-E	
RCM08-D-W	

RCM09-D-E	40,0
RCM09-D-W	0,0

RCM10-D-E	
RCM10-D-W	

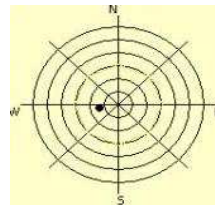
RCM11-D-E	35,0
RCM11-D-W	35,0

RCM12-D-E	
RCM12-D-W	

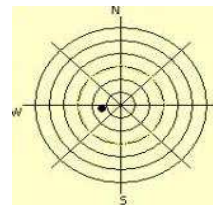
RCM13-D-E	35,0
RCM13-D-W	0,0

RCM14-D-E	
RCM14-D-W	

RCM15-D-E	38,0
RCM15-D-W	38,0



EEM09-D-W-PGWS	7,0	m/s (gust)
EEM09-D-W-PMWS	5,5	m/s (mean)
EEM09-D-W-PGWD	185,0	deg E (plan)



EEM12-D-W-PGWS	11,0	m/s (gust)
EEM12-D-W-PMWS	9,5	m/s (mean)
EEM12-D-W-PGWD	208,0	deg E (plan)

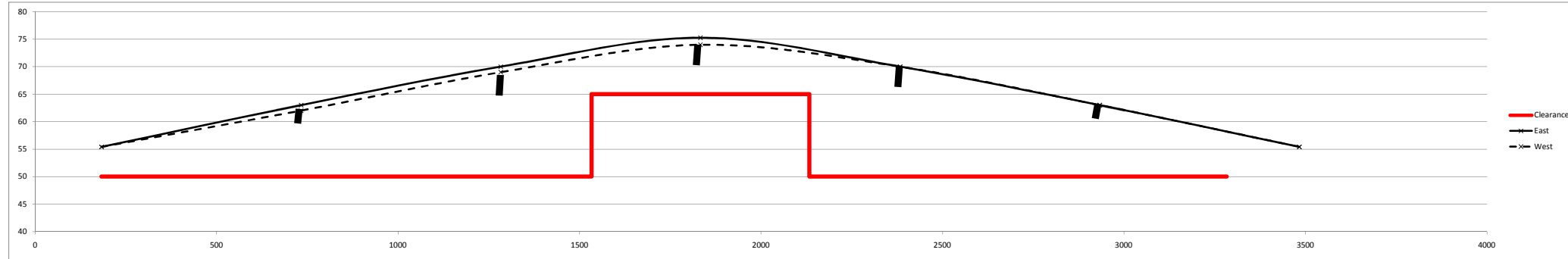
**Posizione**  
**Position**

○ PM07-MC-E-XGPs 0,000 m	○ PM03-TT-E-XGPs 183,100 m	○ PM09-MC-E-XGPs 733,100 m	○ PM10-MC-E-XGPs 1283,100 m	○ PM11-MC-E-XGPs 1833,100 m	○ PM12-MC-E-XGPs 2383,100 m	○ PM13-MC-E-XGPs 2933,100 m	○ PM05-TT-E-XGPs 3483,100 m	○ PM15-MC-E-XGPs 3666,200 m
○ PM07-MC-E-YGPs -29,000 m	○ PM03-TT-E-YGPs -29,000 m	○ PM09-MC-E-YGPs -29,000 m	○ PM10-MC-E-YGPs -29,000 m	○ PM11-MC-E-YGPs -29,000 m	○ PM12-MC-E-YGPs -29,000 m	○ PM13-MC-E-YGPs -29,000 m	○ PM05-TT-E-YGPs -29,000 m	○ PM15-MC-E-YGPs -29,000 m
○ PM07-MC-E-ZGPs 260,000 m	○ PM03-TT-E-ZGPs 382,600 m	○ PM09-MC-E-ZGPs 250,000 m	○ PM10-MC-E-ZGPs 110,000 m	○ PM11-MC-E-ZGPs 81,100 m	○ PM12-MC-E-ZGPs 110,000 m	○ PM13-MC-E-ZGPs 250,000 m	○ PM05-TT-E-ZGPs 382,600 m	○ PM15-MC-E-ZGPs 260,000 m
	○ DM03-TUP-E-XSIN2 0,020 °						○ DM05-TUP-E-XSIN2 0,020 °	
	○ DM03-TUP-E-YSIN2 0,020 °						○ DM05-TUP-E-YSIN2 0,020 °	
○ PM07-MC-W-XGPs 0,000 m	○ PM04-TT-W-XGPs 183,100 m	○ PM09-MC-W-XGPs 733,100 m	○ PM10-MC-W-XGPs 1283,100 m	○ PM11-MC-W-XGPs 1833,100 m	○ PM12-MC-W-XGPs 2383,100 m	○ PM13-MC-W-XGPs 2933,100 m	○ PM06-TT-W-XGPs 3483,100 m	○ PM15-MC-W-XGPs 3666,200 m
○ PM07-MC-W-YGPs 29,000 m	○ PM04-TT-W-YGPs 29,000 m	○ PM09-MC-W-YGPs 29,000 m	○ PM10-MC-W-YGPs 29,000 m	○ PM11-MC-W-YGPs 29,000 m	○ PM12-MC-W-YGPs 29,000 m	○ PM13-MC-W-YGPs 29,000 m	○ PM06-TT-W-YGPs 29,000 m	○ PM15-MC-W-YGPs 29,000 m
○ PM07-MC-W-ZGPs 260,000 m	○ PM04-TT-W-ZGPs 382,600 m	○ PM09-MC-W-ZGPs 250,000 m	○ PM10-MC-W-ZGPs 110,000 m	○ PM11-MC-W-ZGPs 81,100 m	○ PM12-MC-W-ZGPs 110,000 m	○ PM13-MC-W-ZGPs 250,000 m	○ PM06-TT-W-ZGPs 382,600 m	○ PM15-MC-W-ZGPs 260,000 m
	○ DM04-TUP-W-XSIN2 0,020 °						○ DM06-TUP-W-XSIN2 0,020 °	
	○ DM04-TUP-W-YSIN2 0,020 °						○ DM06-TUP-W-YSIN2 0,020 °	
	○ PM04-TLP-W-XGPs 183,100 m						○ PM06-TLP-W-XGPs 3483,100 m	
	○ PM04-TLP-W-YGPs 36,000 m						○ PM06-TLP-W-YGPs 36,000 m	
	○ PM04-TLP-W-ZGPs 120,000 m						○ PM06-TLP-W-ZGPs 120,000 m	



Sicilia Sicily				Calabria Calabria				
○ PM07-D-E-XGPs 0,000 m	○ PM08-D-E-XGPs 183,100 m	○ PM09-D-E-XGPs 733,100 m	○ PM10-D-E-XGPs 1283,100 m	○ PM11-D-E-XGPs 1833,100 m	○ PM12-D-E-XGPs 2383,100 m	○ PM13-D-E-XGPs 2933,100 m	○ PM14-D-E-XGPs 3483,100 m	○ PM15-D-E-XGPs 3666,200 m
○ PM07-D-E-YGPs -29,000 m	○ PM08-D-E-YGPs -29,000 m	○ PM09-D-E-YGPs -29,000 m	○ PM10-D-E-YGPs -29,000 m	○ PM11-D-E-YGPs -29,000 m	○ PM12-D-E-YGPs -29,000 m	○ PM13-D-E-YGPs -29,000 m	○ PM14-D-E-YGPs -29,000 m	○ PM15-D-E-YGPs -29,000 m
○ PM07-D-E-ZGPs 52,650 m	○ PM08-D-E-ZGPs 55,400 m	○ PM09-D-E-ZGPs 63,000 m	○ PM10-D-E-ZGPs 70,000 m	○ PM11-D-E-ZGPs 75,260 m	○ PM12-D-E-ZGPs 70,000 m	○ PM13-D-E-ZGPs 63,000 m	○ PM14-D-E-ZGPs 55,400 m	○ PM15-D-E-ZGPs 52,650 m
○ PM07-D-W-XGPs 0,000 m	○ PM08-D-W-XGPs 183,100 m	○ PM09-D-W-XGPs 733,100 m	○ PM10-D-W-XGPs 1283,100 m	○ PM11-D-W-XGPs 1833,100 m	○ PM12-D-W-XGPs 2383,100 m	○ PM13-D-W-XGPs 2933,100 m	○ PM14-D-W-XGPs 3483,100 m	○ PM15-D-W-XGPs 3666,200 m
○ PM07-D-W-YGPs 29,000 m	○ PM08-D-W-YGPs 29,000 m	○ PM09-D-W-YGPs 29,000 m	○ PM10-D-W-YGPs 29,000 m	○ PM11-D-W-YGPs 29,000 m	○ PM12-D-W-YGPs 29,000 m	○ PM13-D-W-YGPs 29,000 m	○ PM14-D-W-YGPs 29,000 m	○ PM15-D-W-YGPs 29,000 m
○ PM07-D-W-ZGPs 52,650 m	○ PM08-D-W-ZGPs 55,400 m	○ PM09-D-W-ZGPs 62,000 m	○ PM10-D-W-ZGPs 69,000 m	○ PM11-D-W-ZGPs 74,000 m	○ PM12-D-W-ZGPs 70,000 m	○ PM13-D-W-ZGPs 63,000 m	○ PM14-D-W-ZGPs 55,400 m	○ PM15-D-W-ZGPs 52,650 m
○ PM07-PB-E-XGPs 0,000 m	○ PM03-TB-E-XGPs 183,100 m						○ PM05-TB-E-XGPs 3483,100 m	○ PM15-PB-E-XGPs 3666,200 m
○ PM07-PB-E-YGPs -29,000 m	○ PM03-TB-E-YGPs 40,000 m						○ PM05-TB-E-YGPs 40,000 m	○ PM15-PB-E-YGPs -29,000 m
○ PM07-PB-E-ZGPs 52,650 m	○ PM03-TB-E-ZGPs 18,000 m						○ PM05-TB-E-ZGPs 18,000 m	○ PM15-PB-E-ZGPs 52,650 m
○ PM07-PB-W-XGPs 0,000 m	○ PM04-TB-W-XGPs 183,100 m						○ PM06-TB-W-XGPs 3483,100 m	○ PM15-PB-W-XGPs 3666,200 m
○ PM07-PB-W-YGPs 29,000 m	○ PM04-TB-W-YGPs 40,000 m						○ PM06-TB-W-YGPs 40,000 m	○ PM15-PB-W-YGPs 29,000 m
○ PM07-PB-W-ZGPs 52,650 m	○ PM04-TB-W-ZGPs 18,000 m						○ PM06-TB-W-ZGPs 18,000 m	○ PM15-PB-W-ZGPs 52,650 m

Zona di Libero del Canale di Navigazione  
Navigation Channel Clearance



○ DM01-AB-E-1XSIN2 0,020 °	○ DM01-AB-E-1YSIN2 0,020 °
○ DM01-AB-E-2XSIN2 0,020 °	○ DM01-AB-E-2YSIN2 0,020 °
○ DM01-AB-E-3XSIN2 0,020 °	○ DM01-AB-E-3YSIN2 0,020 °
○ DM01-AB-E-4XSIN2 0,020 °	○ DM01-AB-E-4YSIN2 0,020 °
○ DM01-AB-W-1XSIN2 0,020 °	○ DM01-AB-W-1YSIN2 0,020 °
○ DM01-AB-W-2XSIN2 0,020 °	○ DM01-AB-W-2YSIN2 0,020 °
○ DM01-AB-W-3XSIN2 0,020 °	○ DM01-AB-W-3YSIN2 0,020 °
○ DM01-AB-W-4XSIN2 0,020 °	○ DM01-AB-W-4YSIN2 0,020 °

○ PM01-AB-E-XGPs -776,900 m	○ PM01-R-1XGPs -1461,000 m	○ SRM01-AB-E-LD -1475,000 mm	○ SRM02-AB-E-LD -1426,000 mm	○ PM02-R-1XGPs 6590,000 m	○ PM02-AB-E-XGPs 4443,100 m
○ PM01-AB-E-YGPs -29,000 m	○ PM01-R-1YGPs 370,000 m	○ SRM01-AB-W-LD -1499,000 mm	○ SRM02-AB-W-LD -1474,000 mm	○ PM02-R-1YGPs 152,000 m	○ PM02-AB-E-YGPs -29,000 m
○ PM01-AB-E-ZGPs 53,500 m	○ PM01-R-1ZGPs 35,000 m	○ SRM03-TT-E-LD -1448,000 mm	○ SRM05-TT-E-LD -1493,000 mm	○ PM02-R-1ZGPs 50,000 m	○ PM02-AB-E-ZGPs 53,500 m
	○ PM01-R-2XGPs -1787,000 m	○ SRM04-TT-W-LD -1453,000 mm	○ SRM06-TT-W-LD -1458,000 mm	○ PM02-R-2XGPs 6331,000 m	
	○ PM01-R-2YGPs 268,000 m			○ PM02-R-2YGPs 232,000 m	
	○ PM01-R-2ZGPs 39,000 m			○ PM02-R-2ZGPs 46,000 m	
○ PM01-AB-W-XGPs -776,900 m	○ PM01-R-3XGPs -1874,000 m			○ PM02-R-3XGPs 6759,000 m	○ PM02-AB-W-XGPs 4443,100 m
○ PM01-AB-W-YGPs 29,000 m	○ PM01-R-3YGPs 373,000 m			○ PM02-R-3YGPs 219,000 m	○ PM02-AB-W-YGPs 29,000 m
○ PM01-AB-W-ZGPs 53,500 m	○ PM01-R-3ZGPs 32,000 m			○ PM02-R-3ZGPs 33,000 m	○ PM02-AB-W-ZGPs 53,500 m
	○ PM01-R-4XGPs -2130,000 m			○ PM02-R-4XGPs 6114,000 m	
	○ PM01-R-4YGPs 106,000 m			○ PM02-R-4YGPs 470,000 m	
	○ PM01-R-4ZGPs 35,000 m			○ PM02-R-4ZGPs 34,000 m	

○ DM02-AB-E-1XSIN2 0,020 °	○ DM02-AB-E-1YSIN2 0,020 °
○ DM02-AB-E-2XSIN2 0,020 °	○ DM02-AB-E-2YSIN2 0,020 °
○ DM02-AB-E-3XSIN2 0,020 °	○ DM02-AB-E-3YSIN2 0,020 °
○ DM02-AB-E-4XSIN2 0,020 °	○ DM02-AB-E-4YSIN2 0,020 °
○ DM02-AB-W-1XSIN2 0,020 °	○ DM02-AB-W-1YSIN2 0,020 °
○ DM02-AB-W-2XSIN2 0,020 °	○ DM02-AB-W-2YSIN2 0,020 °
○ DM02-AB-W-3XSIN2 0,020 °	○ DM02-AB-W-3YSIN2 0,020 °
○ DM02-AB-W-4XSIN2 0,020 °	○ DM02-AB-W-4YSIN2 0,020 °

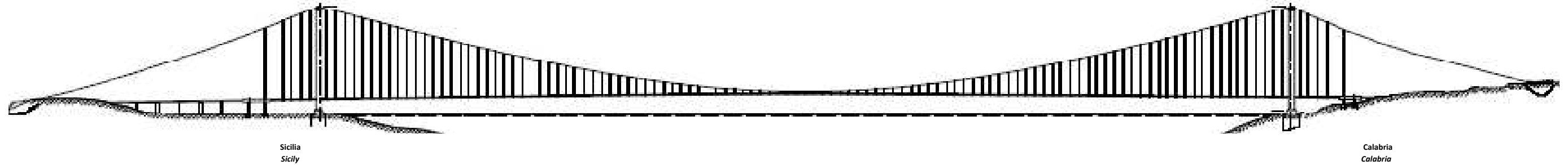


**Dinamica del Impalcato, Torri, e Cavi Principale**  
**Deck, Tower and Main-cable Dynamics**

○ DM07-MC-E1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,517</td></tr></table> g	0,517	○ DM09-MC-E1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,485</td></tr></table> g	0,485	○ DM10-MC-E1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,250</td></tr></table> g	0,250	○ DM11-MC-E1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> g	0,001	○ DM12-MC-E1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,232</td></tr></table> g	0,232	○ DM13-MC-E1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,482</td></tr></table> g	0,482	○ DM15-MC-E1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,504</td></tr></table> g	0,504
0,517													
0,485													
0,250													
0,001													
0,232													
0,482													
0,504													
DM07-MC-E1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,875</td></tr></table> g	0,875	DM09-MC-E1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,859</td></tr></table> g	0,859	DM10-MC-E1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,942</td></tr></table> g	0,942	DM11-MC-E1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,990</td></tr></table> g	0,990	DM12-MC-E1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,945</td></tr></table> g	0,945	DM13-MC-E1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,878</td></tr></table> g	0,878	DM15-MC-E1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,840</td></tr></table> g	0,840
0,875													
0,859													
0,942													
0,990													
0,945													
0,878													
0,840													
DM07-MC-E1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> g	0,001	DM09-MC-E1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,007</td></tr></table> g	0,007	DM10-MC-E1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> g	0,004	DM11-MC-E1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> g	0,005	DM12-MC-E1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> g	0,001	DM13-MC-E1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> g	0,006	DM15-MC-E1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,007</td></tr></table> g	0,007
0,001													
0,007													
0,004													
0,005													
0,001													
0,006													
0,007													
○ DM07-MC-E2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,486</td></tr></table> g	0,486	○ DM09-MC-E2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,494</td></tr></table> g	0,494	○ DM10-MC-E2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,258</td></tr></table> g	0,258	○ DM11-MC-E2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> g	0,005	○ DM12-MC-E2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,240</td></tr></table> g	0,240	○ DM13-MC-E2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,508</td></tr></table> g	0,508	○ DM15-MC-E2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,505</td></tr></table> g	0,505
0,486													
0,494													
0,258													
0,005													
0,240													
0,508													
0,505													
DM07-MC-E2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,852</td></tr></table> g	0,852	DM09-MC-E2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,875</td></tr></table> g	0,875	DM10-MC-E2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,942</td></tr></table> g	0,942	DM11-MC-E2-YA3 <table border="1"><tr><td>1,016</td></tr></table> g	1,016	DM12-MC-E2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,958</td></tr></table> g	0,958	DM13-MC-E2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,859</td></tr></table> g	0,859	DM15-MC-E2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,860</td></tr></table> g	0,860
0,852													
0,875													
0,942													
1,016													
0,958													
0,859													
0,860													
DM07-MC-E2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> g	0,005	DM09-MC-E2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> g	0,006	DM10-MC-E2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,010</td></tr></table> g	0,010	DM11-MC-E2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> g	0,003	DM12-MC-E2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> g	0,006	DM13-MC-E2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> g	0,006	DM15-MC-E2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,009</td></tr></table> g	0,009
0,005													
0,006													
0,010													
0,003													
0,006													
0,006													
0,009													
DM07-MC-E-TA3 <table border="1"><tr><td>0,012</td></tr></table> g	0,012	DM09-MC-E-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,008</td></tr></table> g	-0,008	DM10-MC-E-TA3 <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> g	0,000	DM11-MC-E-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,013</td></tr></table> g	-0,013	DM12-MC-E-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,007</td></tr></table> g	-0,007	DM13-MC-E-TA3 <table border="1"><tr><td>0,010</td></tr></table> g	0,010	DM15-MC-E-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,010</td></tr></table> g	-0,010
0,012													
-0,008													
0,000													
-0,013													
-0,007													
0,010													
-0,010													
○ DM07-MC-W1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,516</td></tr></table> g	0,516	○ DM09-MC-W1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,513</td></tr></table> g	0,513	○ DM10-MC-W1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,265</td></tr></table> g	0,265	○ DM11-MC-W1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> g	0,005	○ DM12-MC-W1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,231</td></tr></table> g	0,231	○ DM13-MC-W1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,513</td></tr></table> g	0,513	○ DM15-MC-W1-XA3 <table border="1"><tr><td>0,490</td></tr></table> g	0,490
0,516													
0,513													
0,265													
0,005													
0,231													
0,513													
0,490													
DM07-MC-W1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,862</td></tr></table> g	0,862	DM09-MC-W1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,854</td></tr></table> g	0,854	DM10-MC-W1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,964</td></tr></table> g	0,964	DM11-MC-W1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,990</td></tr></table> g	0,990	DM12-MC-W1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,950</td></tr></table> g	0,950	DM13-MC-W1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,868</td></tr></table> g	0,868	DM15-MC-W1-YA3 <table border="1"><tr><td>0,859</td></tr></table> g	0,859
0,862													
0,854													
0,964													
0,990													
0,950													
0,868													
0,859													
DM07-MC-W1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> g	0,001	DM09-MC-W1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> g	0,005	DM10-MC-W1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> g	0,005	DM11-MC-W1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> g	0,006	DM12-MC-W1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> g	0,003	DM13-MC-W1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008	DM15-MC-W1-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> g	0,000
0,001													
0,005													
0,005													
0,006													
0,003													
0,008													
0,000													
○ DM07-MC-W2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,508</td></tr></table> g	0,508	○ DM09-MC-W2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,483</td></tr></table> g	0,483	○ DM10-MC-W2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,253</td></tr></table> g	0,253	○ DM11-MC-W2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> g	0,003	○ DM12-MC-W2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,254</td></tr></table> g	0,254	○ DM13-MC-W2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,507</td></tr></table> g	0,507	○ DM15-MC-W2-XA3 <table border="1"><tr><td>0,514</td></tr></table> g	0,514
0,508													
0,483													
0,253													
0,003													
0,254													
0,507													
0,514													
DM07-MC-W2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,875</td></tr></table> g	0,875	DM09-MC-W2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,848</td></tr></table> g	0,848	DM10-MC-W2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,948</td></tr></table> g	0,948	DM11-MC-W2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,993</td></tr></table> g	0,993	DM12-MC-W2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,974</td></tr></table> g	0,974	DM13-MC-W2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,863</td></tr></table> g	0,863	DM15-MC-W2-YA3 <table border="1"><tr><td>0,857</td></tr></table> g	0,857
0,875													
0,848													
0,948													
0,993													
0,974													
0,863													
0,857													
DM07-MC-W2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008	DM09-MC-W2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,002</td></tr></table> g	0,002	DM10-MC-W2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> g	0,004	DM11-MC-W2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,007</td></tr></table> g	0,007	DM12-MC-W2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008	DM13-MC-W2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> g	0,004	DM15-MC-W2-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> g	0,006
0,008													
0,002													
0,004													
0,007													
0,008													
0,004													
0,006													
DM07-MC-W-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,007</td></tr></table> g	-0,007	DM09-MC-W-TA3 <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> g	0,003	DM10-MC-W-TA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008	DM11-MC-W-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,002</td></tr></table> g	-0,002	DM12-MC-W-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,012</td></tr></table> g	-0,012	DM13-MC-W-TA3 <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> g	0,003	DM15-MC-W-TA3 <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> g	0,001
-0,007													
0,003													
0,008													
-0,002													
-0,012													
0,003													
0,001													

○ DM03-TUP-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> g	0,004	○ DM05-TUP-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> g	0,000
0,004			
0,000			
DM03-TUP-E-YA3 <table border="1"><tr><td>0,985</td></tr></table> g	0,985	DM05-TUP-E-YA3 <table border="1"><tr><td>1,018</td></tr></table> g	1,018
0,985			
1,018			
DM03-TUP-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> g	0,001	DM05-TUP-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008
0,001			
0,008			
○ DM04-TUP-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> g	0,004	○ DM06-TUP-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008
0,004			
0,008			
DM04-TUP-W-YA3 <table border="1"><tr><td>1,010</td></tr></table> g	1,010	DM06-TUP-W-YA3 <table border="1"><tr><td>0,988</td></tr></table> g	0,988
1,010			
0,988			
DM04-TUP-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,009</td></tr></table> g	0,009	DM06-TUP-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> g	0,001
0,009			
0,001			
DM03-TUP-TA3 <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> g	0,000	DM05-TUP-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,004</td></tr></table> g	-0,004
0,000			
-0,004			
○ DM03-TMP-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> g	0,006	○ DM05-TMP-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> g	0,004
0,006			
0,004			
DM03-TMP-E-YA3 <table border="1"><tr><td>1,008</td></tr></table> g	1,008	DM05-TMP-E-YA3 <table border="1"><tr><td>0,981</td></tr></table> g	0,981
1,008			
0,981			
DM03-TMP-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> g	0,000	DM05-TMP-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> g	0,006
0,000			
0,006			
○ DM04-TMP-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> g	0,005	○ DM06-TMP-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> g	0,005
0,005			
0,005			
DM04-TMP-W-YA3 <table border="1"><tr><td>0,983</td></tr></table> g	0,983	DM06-TMP-W-YA3 <table border="1"><tr><td>0,999</td></tr></table> g	0,999
0,983			
0,999			
DM04-TMP-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,010</td></tr></table> g	0,010	DM06-TMP-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> g	0,000
0,010			
0,000			
DM03-TMP-TA3 <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> g	0,001	DM05-TMP-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,001</td></tr></table> g	-0,001
0,001			
-0,001			
○ DM03-TLP-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> g	0,003	○ DM05-TLP-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> g	0,004
0,003			
0,004			
DM03-TLP-E-YA3 <table border="1"><tr><td>0,987</td></tr></table> g	0,987	DM05-TLP-E-YA3 <table border="1"><tr><td>1,003</td></tr></table> g	1,003
0,987			
1,003			
DM03-TLP-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,009</td></tr></table> g	0,009	DM05-TLP-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008
0,009			
0,008			
○ DM04-TLP-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,010</td></tr></table> g	0,010	○ DM06-TLP-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008
0,010			
0,008			
DM04-TLP-W-YA3 <table border="1"><tr><td>1,003</td></tr></table> g	1,003	DM06-TLP-W-YA3 <table border="1"><tr><td>1,018</td></tr></table> g	1,018
1,003			
1,018			
DM04-TLP-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,010</td></tr></table> g	0,010	DM06-TLP-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,009</td></tr></table> g	0,009
0,010			
0,009			
DM03-TLP-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,004</td></tr></table> g	-0,004	DM05-TLP-TA3 <table border="1"><tr><td>-0,002</td></tr></table> g	-0,002
-0,004			
-0,002			

○ TMDM03-TMP-E-1LD <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> mm	0,006	○ TMDM05-TMP-E-1LD <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> mm	0,005
0,006			
0,005			
○ TMDM03-TMP-E-2LD <table border="1"><tr><td>0,009</td></tr></table> mm	0,009	○ TMDM05-TMP-E-2LD <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> mm	0,001
0,009			
0,001			
○ TMDM03-TMP-E-3LD <table border="1"><tr><td>0,002</td></tr></table> mm	0,002	○ TMDM05-TMP-E-3LD <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> mm	0,006
0,002			
0,006			
○ TMDM03-TMP-E-4LD <table border="1"><tr><td>0,002</td></tr></table> mm	0,002	○ TMDM05-TMP-E-4LD <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> mm	0,000
0,002			
0,000			
○ TMDM03-TMP-E-5LD <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> mm	0,004	○ TMDM05-TMP-E-5LD <table border="1"><tr><td>0,009</td></tr></table> mm	0,009
0,004			
0,009			
○ TMDM03-TMP-E-6LD <table border="1"><tr><td>0,002</td></tr></table> mm	0,002	○ TMDM05-TMP-E-6LD <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> mm	0,008
0,002			
0,008			
○ TMDM03-TMP-E-7LD <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> mm	0,000	○ TMDM05-TMP-E-7LD <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> mm	0,006
0,000			
0,006			
○ TMDM03-TMP-E-8LD <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> mm	0,000	○ TMDM05-TMP-E-8LD <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> mm	0,008
0,000			
0,008			
○ TMDM04-TMP-W-1LD <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> mm	0,006	○ TMDM06-TMP-W-1LD <table border="1"><tr><td>0,007</td></tr></table> mm	0,007
0,006			
0,007			
○ TMDM04-TMP-W-2LD <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> mm	0,004	○ TMDM06-TMP-W-2LD <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> mm	0,005
0,004			
0,005			
○ TMDM04-TMP-W-3LD <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> mm	0,001	○ TMDM06-TMP-W-3LD <table border="1"><tr><td>0,009</td></tr></table> mm	0,009
0,001			
0,009			
○ TMDM04-TMP-W-4LD <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> mm	0,003	○ TMDM06-TMP-W-4LD <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> mm	0,000
0,003			
0,000			
○ TMDM04-TMP-W-5LD <table border="1"><tr><td>0,010</td></tr></table> mm	0,010	○ TMDM06-TMP-W-5LD <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> mm	0,001
0,010			
0,001			
○ TMDM04-TMP-W-6LD <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> mm	0,006	○ TMDM06-TMP-W-6LD <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> mm	0,000
0,006			
0,000			
○ TMDM04-TMP-W-7LD <table border="1"><tr><td>0,002</td></tr></table> mm	0,002	○ TMDM06-TMP-W-7LD <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> mm	0,004
0,002			
0,004			
○ TMDM04-TMP-W-8LD <table border="1"><tr><td>0,002</td></tr></table> mm	0,002	○ TMDM06-TMP-W-8LD <table border="1"><tr><td>0,002</td></tr></table> mm	0,002
0,002			
0,002			



○ DM09-CG-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,006</td></tr></table> g	0,006	○ DM10-CG-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,009</td></tr></table> g	0,009	○ DM11-CG-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> g	0,000	○ DM12-CG-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008	○ DM13-CG-E-XA3 <table border="1"><tr><td>0,010</td></tr></table> g	0,010
0,006									
0,009									
0,000									
0,008									
0,010									
DM09-CG-E-YA3 <table border="1"><tr><td>0,989</td></tr></table> g	0,989	DM10-CG-E-YA3 <table border="1"><tr><td>0,997</td></tr></table> g	0,997	DM11-CG-E-YA3 <table border="1"><tr><td>0,989</td></tr></table> g	0,989	DM12-CG-E-YA3 <table border="1"><tr><td>1,016</td></tr></table> g	1,016	DM13-CG-E-YA3 <table border="1"><tr><td>0,986</td></tr></table> g	0,986
0,989									
0,997									
0,989									
1,016									
0,986									
DM09-CG-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> g	0,003	DM10-CG-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,007</td></tr></table> g	0,007	DM11-CG-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> g	0,003	DM12-CG-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008	DM13-CG-E-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,007</td></tr></table> g	0,007
0,003									
0,007									
0,003									
0,008									
0,007									
○ DM09-CG-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,001</td></tr></table> g	0,001	○ DM10-CG-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,005</td></tr></table> g	0,005	○ DM11-CG-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008	○ DM12-CG-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,010</td></tr></table> g	0,010	○ DM13-CG-W-XA3 <table border="1"><tr><td>0,004</td></tr></table> g	0,004
0,001									
0,005									
0,008									
0,010									
0,004									
DM09-CG-W-YA3 <table border="1"><tr><td>0,986</td></tr></table> g	0,986	DM10-CG-W-YA3 <table border="1"><tr><td>0,984</td></tr></table> g	0,984	DM11-CG-W-YA3 <table border="1"><tr><td>0,987</td></tr></table> g	0,987	DM12-CG-W-YA3 <table border="1"><tr><td>0,985</td></tr></table> g	0,985	DM13-CG-W-YA3 <table border="1"><tr><td>1,002</td></tr></table> g	1,002
0,986									
0,984									
0,987									
0,985									
1,002									
DM09-CG-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008	DM10-CG-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,007</td></tr></table> g	0,007	DM11-CG-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,000</td></tr></table> g	0,000	DM12-CG-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,003</td></tr></table> g	0,003	DM13-CG-W-ZA3 <table border="1"><tr><td>0,008</td></tr></table> g	0,008
0,008									
0,007									
0,000									
0,003									
0,008									

# Dinamica del Terreno

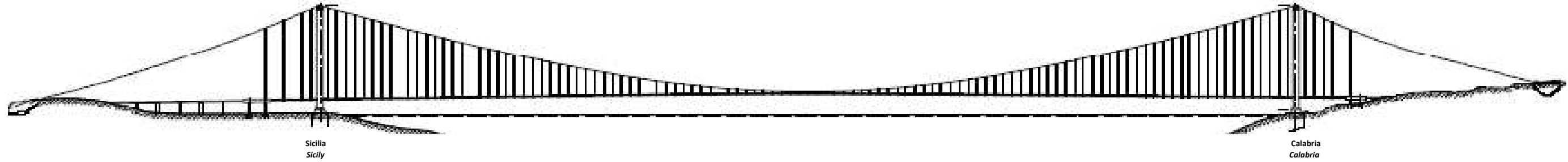
## Ground Dynamics

DM03-TB-E-XA3	0,000	g
DM03-TB-E-YA3	0,985	g
DM03-TB-E-ZA3	0,001	g
DM03-TB-E-XDIN2	0,007	°
DM03-TB-E-YDIN2	0,001	°

DM04-TB-W-XSA3	0,007	g
DM04-TB-W-YSA3	1,008	g
DM04-TB-W-ZSA3	0,007	g
DM04-TB-W-XDIN2	0,008	°
DM04-TB-W-YDIN2	0,001	°

DM05-TB-E-XA3	0,003	g
DM05-TB-E-YA3	1,002	g
DM05-TB-E-ZA3	0,005	g
DM05-TB-E-XDIN2	0,009	°
DM05-TB-E-YDIN2	0,009	°

DM06-TB-W-XSA3	0,006	g
DM06-TB-W-YSA3	1,009	g
DM06-TB-W-ZSA3	0,005	g
DM06-TB-W-XDIN2	0,008	°
DM06-TB-W-YDIN2	0,004	°



DM01-AB-C-XSA3	0,000	g
DM01-AB-C-YSA3	1,002	g
DM01-AB-C-ZSA3	0,009	g

DM01-AB-C-XDIN2	0,001	°
DM01-AB-C-YDIN2	0,008	°

DM07-PB-C-XDIN2	0,003	°
DM07-PB-C-YDIN2	0,008	°

DM01-R-1XSA3	0,003	g
DM01-R-1YSA3	1,012	g
DM01-R-1ZSA3	0,003	g

DM01-R-2XSA3	0,003	g
DM01-R-2YSA3	0,998	g
DM01-R-2ZSA3	0,005	g

DM01-R-3XSA3	0,002	g
DM01-R-3YSA3	0,993	g
DM01-R-3ZSA3	0,001	g

DM01-R-4XSA3	0,007	g
DM01-R-4YSA3	1,012	g
DM01-R-4ZSA3	0,009	g

DM01-UE-1XDIN2	0,003	°
DM01-UE-1YDIN2	0,006	°

DM01-UE-2XDIN2	0,009	°
DM01-UE-2YDIN2	0,006	°

DM01-UE-3XDIN2	0,009	°
DM01-UE-3YDIN2	0,010	°

DM01-UE-4XDIN2	0,003	°
DM01-UE-4YDIN2	0,007	°

DM01-UE-5XDIN2	0,003	°
DM01-UE-5YDIN2	0,006	°

DM02-UE-1XDIN2	0,008	°
DM02-UE-1YDIN2	0,004	°

DM02-UE-2XDIN2	0,006	°
DM02-UE-2YDIN2	0,008	°

DM02-UE-3XDIN2	0,002	°
DM02-UE-3YDIN2	0,005	°

DM02-UE-4XDIN2	0,003	°
DM02-UE-4YDIN2	0,005	°

DM02-UE-5XDIN2	0,005	°
DM02-UE-5YDIN2	0,001	°

DM02-AB-C-XSA3	0,008	g
DM02-AB-C-YSA3	0,989	g
DM02-AB-C-ZSA3	0,007	g

DM02-AB-C-XDIN2	0,009	°
DM02-AB-C-YDIN2	0,009	°

DM15-PB-C-XDIN2	0,000	°
DM15-PB-C-YDIN2	0,002	°

DM02-R-1XSA3	0,010	g
DM02-R-1YSA3	0,986	g
DM02-R-1ZSA3	0,001	g

DM02-R-2XSA3	0,008	g
DM02-R-2YSA3	0,993	g
DM02-R-2ZSA3	0,005	g

DM02-R-3XSA3	0,009	g
DM02-R-3YSA3	0,995	g
DM02-R-3ZSA3	0,001	g

DM02-R-4XSA3	0,004	g
DM02-R-4YSA3	1,008	g
DM02-R-4ZSA3	0,007	g

**Tensione Medio di Pendini**  
**Hanger-Cable Average Stress**



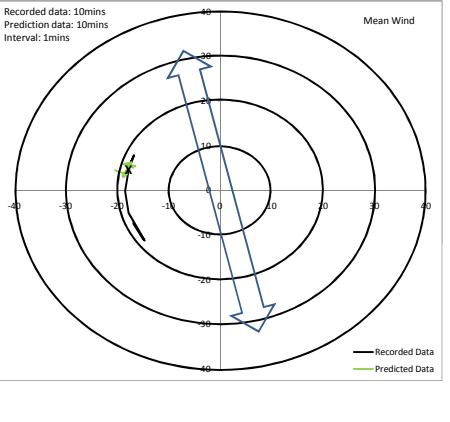
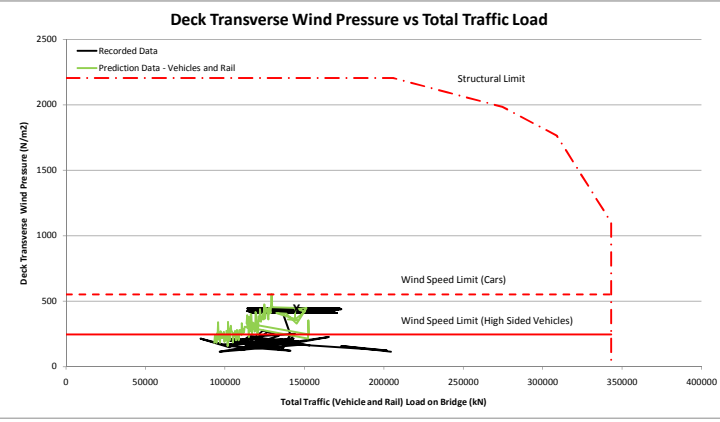
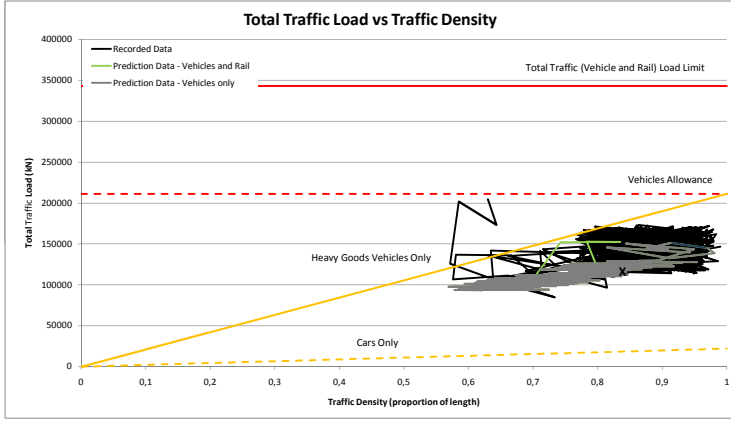
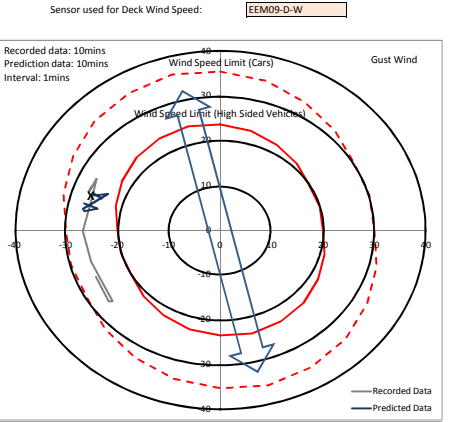
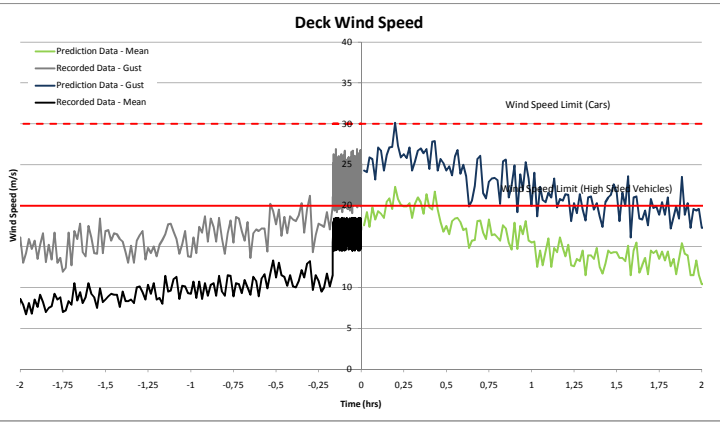
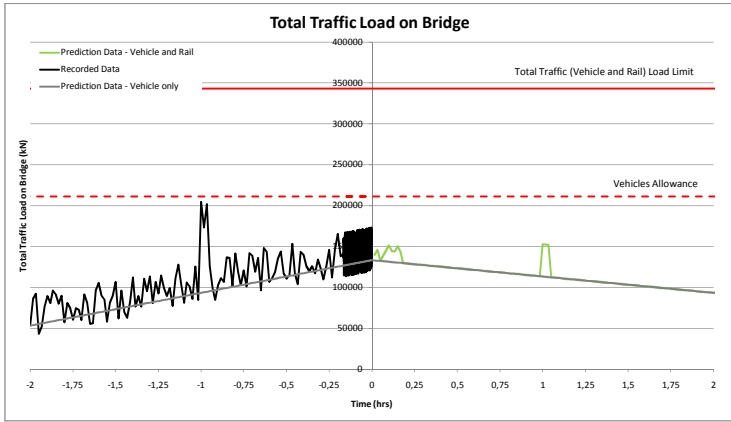
**Pendini Est**  
**East Hangers**

FSSM07-H-E-1NEFFSG	100,0	MPa	○	GSSM09-H-E-18NEFFSG	122,0	MPa	○	GSSM13-H-E-101NEFFSG	120,0	MPa	○	FSSM15-H-E-119NEFFSG	114,0	MPa	○
FSSM07-H-E-1SEFFSG	122,0	MPa	○	GSSM09-H-E-18SEFFSG	112,0	MPa	○	GSSM13-H-E-101SEFFSG	118,0	MPa	○	FSSM15-H-E-119SEFFSG	101,0	MPa	○
				GSSM09-H-E-19NEFFSG	109,0	MPa	○	GSSM13-H-E-102NEFFSG	129,0	MPa	○				
				GSSM09-H-E-19SEFFSG	106,0	MPa	○	GSSM13-H-E-102SEFFSG	111,0	MPa	○				
FSSM08-H-E-5NEFFSG	115,0	MPa	○	GSSM10-H-E-41NEFFSG	100,0	MPa	○	FSSM11-H-E-59NEFFSG	103,0	MPa	○	GSSM12-H-E-79NEFFSG	105,0	MPa	○
FSSM08-H-E-5SEFFSG	130,0	MPa	○	GSSM10-H-E-41SEFFSG	104,0	MPa	○	FSSM11-H-E-59SEFFSG	124,0	MPa	○	GSSM12-H-E-79SEFFSG	125,0	MPa	○
FSSM08-H-E-6NEFFSG	109,0	MPa	○	GSSM10-H-E-42NEFFSG	127,0	MPa	○	FSSM11-H-E-60NEFFSG	110,0	MPa	○	GSSM12-H-E-78NEFFSG	130,0	MPa	○
FSSM08-H-E-6SEFFSG	112,0	MPa	○	GSSM10-H-E-42SEFFSG	119,0	MPa	○	FSSM11-H-E-60SEFFSG	102,0	MPa	○	GSSM12-H-E-78SEFFSG	104,0	MPa	○
				GSSM10-H-E-43NEFFSG	122,0	MPa	○	FSSM11-H-E-61NEFFSG	101,0	MPa	○	GSSM12-H-E-77NEFFSG	115,0	MPa	○
				GSSM10-H-E-43SEFFSG	114,0	MPa	○	FSSM11-H-E-61SEFFSG	120,0	MPa	○	GSSM12-H-E-77SEFFSG	108,0	MPa	○

**Pendini Ovest**  
**West Hangers**

FSSM07-H-W-1NEFFSG	106,0	MPa	○	GSSM09-H-W-18NEFFSG	102,0	MPa	○	GSSM13-H-W-102NEFFSG	127,0	MPa	○	FSSM15-H-W-119NEFFSG	117,0	MPa	○
FSSM07-H-W-1SEFFSG	105,0	MPa	○	GSSM09-H-W-18SEFFSG	101,0	MPa	○	GSSM13-H-W-102SEFFSG	116,0	MPa	○	FSSM15-H-W-119SEFFSG	113,0	MPa	○
				GSSM09-H-W-19NEFFSG	118,0	MPa	○	GSSM13-H-W-101NEFFSG	106,0	MPa	○				
				GSSM09-H-W-19SEFFSG	107,0	MPa	○	GSSM13-H-W-101SEFFSG	126,0	MPa	○				
FSSM08-H-W-5NEFFSG	104,0	MPa	○	GSSM10-H-W-41NEFFSG	117,0	MPa	○	FSSM11-H-W-59NEFFSG	125,0	MPa	○	GSSM12-H-W-79NEFFSG	112,0	MPa	○
FSSM08-H-W-5SEFFSG	103,0	MPa	○	GSSM10-H-W-41SEFFSG	100,0	MPa	○	FSSM11-H-W-59SEFFSG	109,0	MPa	○	GSSM12-H-W-79SEFFSG	128,0	MPa	○
FSSM08-H-W-6NEFFSG	118,0	MPa	○	GSSM10-H-W-42NEFFSG	110,0	MPa	○	FSSM11-H-W-60NEFFSG	107,0	MPa	○	GSSM12-H-W-78NEFFSG	105,0	MPa	○
FSSM08-H-W-6SEFFSG	119,0	MPa	○	GSSM10-H-W-42SEFFSG	116,0	MPa	○	FSSM11-H-W-60SEFFSG	106,0	MPa	○	GSSM12-H-W-78SEFFSG	129,0	MPa	○
				GSSM10-H-W-43NEFFSG	123,0	MPa	○	FSSM11-H-W-61NEFFSG	104,0	MPa	○	GSSM12-H-W-77NEFFSG	112,0	MPa	○
				GSSM10-H-W-43SEFFSG	124,0	MPa	○	FSSM11-H-W-61SEFFSG	115,0	MPa	○	GSSM12-H-W-77SEFFSG	107,0	MPa	○

**Carichi Applicati**  
**Applied Loads**



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_0_ITA.docx	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011	

## Appendice 2 - Discussione relativa ai Sensori a Fibre Ottiche del Cavo Principale e Piano di Collaudo

La presente Appendice presenta una generale introduzione sulla tecnologia a fibre ottiche proposta per i cavi principali del ponte di Messina. Essa tratta le considerazioni che portano alla scelta di ciascun tipo di sensore a fibre ottiche individuato per il monitoraggio dei cavi principali. Viene presentato un piano generale per i sensori e per il sistema di collaudo. Lo sviluppo e la fase di collaudo relativa ai sensori incassati nel cavo principale è presentata nel dettaglio; si include un programma di sviluppo e di collaudo.

### Generale

Negli ultimi decenni i sensori per la misurazione dei parametri strutturali, basati sulla tecnologia a fibra ottica, sono stati sviluppati ed applicati per il monitoraggio di strutture. Un sensore a fibre ottiche è un sensore che utilizza la fibra ottica come elemento di rilevazione oppure come mezzo per inviare segnali da un sensore remoto a dispositivi elettronici che elaborano tali segnali. Le misurazioni sono effettuate rilevando le variazioni fra i segnali di input e quelli di output. Diversi tipi di sensori a fibre ottiche sono stati sviluppati; essi possono essere suddivisi in diverse categorie a seconda dei vari principi di funzionamento. Se i sensori sono categorizzati sulla base del meccanismo di trasduzione che incide sulla proprietà della luce, allora le categorie sono le seguenti: intensimetrico, interferometrico, polarimetrico, modalmetrico e spettrometrico. I sensori a raggio corto e lungo maggiormente utilizzati nelle applicazioni di ingegneria civile sono i Fibre-Bragg Gratings (FBG- Grata di Bragg della Fibra), gli interferometri Fabry-Perot e gli interferometri Mach-Zehnder. I sensori distribuiti a diffusione Brillouin, Raman o Rayleigh sono anch'essi disponibili. Questi misurano parametri distribuiti che vanno da metri fino a decine di chilometri con una risoluzione spaziale da decine di millimetri a pochi metri, a seconda della tecnologia e dell'applicazione. I sensori distribuiti a diffusione Brillouin e Raman non richiedono modifiche alla fibra di vetro.

Un sistema di sensori a fibre ottiche di norma consiste in sensori a fibra ottica alloggiati generalmente intorno ad un nucleo di fibra di vetro con rivestimento, cavi di trasmissione e sistemi di acquisizione dei dati che si basano su un trasmettitore e ricevitore di luce. I sensori a fibre ottiche permettono un monitoraggio affidabile grazie alla insensibilità ai campi elettromagnetici ed alle temperature elevate; essi permettono una misura accurata senza necessità di ri-calibratura,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

nessuna deriva del segnale di misurazione e la trasmissione su lunghe distanze senza amplificatori ed ampie larghezze di banda. Come per i sensori elettronici, la misurazione di alcuni parametri come le sollecitazioni, richiede una correzione per gli effetti della temperatura. La correzione della temperatura è facilmente applicata per mezzo della misurazione della temperatura mediante sensori a fibre ottiche insieme all'elaborazione dei dati. Molti sensori a fibre ottiche moderni, tuttavia, permettono una compensazione automatica della temperatura.

Come per tutte le attrezzature di monitoraggio, ma soprattutto nel caso di sensori a fibre ottiche, l'installazione e l'applicazione efficiente di tali sensori richiede che queste operazioni siano effettuate da personale competente, che possiede esperienza nel settore dei sensori a fibre ottiche. Per il progetto si richiede dunque il coinvolgimento di fornitori specializzati in questo ambito.

I sensori a fibre ottiche basati sulla Grata di Bragg della Fibra (Fibre-Bragg Grating) ed il metodo di diffusione Raman, rispettivamente per misurazioni discrete e distribuite, sono stati selezionati per il progetto del Ponte sullo Stretto di Messina.

### **Fibre-Bragg Grating (FBG) – Grata di Bragg della Fibra**

Sensori a fibre ottiche basati sulla Grata di Bragg della Fibra offrono un'ampia gamma di applicazioni. Essi possono essere utilizzati come elemento di rilevazione diretta per la sollecitazione (e quindi fatica con compensazione di temperatura) e temperatura. Essi possono anche essere utilizzati per la misurazione della pressione, dell'umidità, del flusso in-line, delle vibrazioni e della corrosione in molte tipologie di applicazioni. Vantaggi significativi rispetto a dispositivi elettronici tradizionali utilizzati per queste applicazioni, includono una minore sensibilità alle vibrazioni, al calore ed ai campi elettromagnetici. Di conseguenza i sensori FBG sono più affidabili dei sensori elettronici. Sebbene i sensori a fibre ottiche basati su tecnologia FBG siano apprezzati, la ricerca continua e nuovi prodotti sono costantemente immessi sul mercato.

### **Metodo di diffusione Raman**

La rilevazione distribuita basata sul metodo di diffusione Raman, consiste in una singola fibra ottica utilizzata per misurare la temperatura lungo la fibra, per distanze fino a decine di chilometri. L'esperienza accumulata con questa tecnica sofisticata mostra risultati positivi. Questi sensori sono stati installati su bacini di dighe, condutture, ponti, superstrade ed altre grandi strutture ed

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

edifici in cui è necessario un monitoraggio distribuito su lunghe distanze. In ragione dell'esperienza limitata, l'installazione di questi sensori all'interno di cavi principali o stralli costituisce ancora una sfida. Gli ultimi sviluppi tuttavia, indicano che questi sensori sono ora abbastanza sviluppati per l'installazione in contesti più esigenti come suddetti cavi principali.

### **Esperienza attuale**

I sensori basati su tecnologia FBG sono ben affermati. Gli sviluppi più recenti di misurazione di temperatura distribuita utilizzando il metodo di diffusione Raman, sono stati anch'essi applicati con successo ad esempio quando applicati ad argini di dighe per il monitoraggio in ambienti ostili. La sfida principale per l'adozione di questi sensori nei cavi principali risiede nell'installazione.

L'installazione di sensori a fibre ottiche a nuove forme di struttura, senza esperienze precedenti, costituisce una sfida. La ricerca nell'ambito dei sensori a fibre ottiche ha tuttavia raggiunto un punto in cui le procedure di installazione sono ormai pratiche. Alcune società hanno già effettuato installazioni con disposizioni FBG su stralli e cavi principali e attualmente vi sono numerose ricerche in corso per quanto concerne questo specifico argomento. Di particolare rilevanza sono i rivestimenti dei sensori a fibre ottiche che sono stati sviluppati per produrre cavi durevoli in grado di resistere in ambienti ostili.

Fra le società impegnate nello sviluppo di sensori a fibre ottiche vi sono la Applied Geomechanics, SMARTEC S/A e FOS &S.

Esempi di installazioni complesse di sensori a fibre ottiche possono essere rintracciati ai seguenti link sul web:

[http://www.carboceramics.com/attachments/contentmanagers/2708/Fiber\\_Optic\\_Sensing\\_Solutions\\_for\\_the%20FAA\\_Case%20Study.pdf](http://www.carboceramics.com/attachments/contentmanagers/2708/Fiber_Optic_Sensing_Solutions_for_the%20FAA_Case%20Study.pdf)

<http://www.fos-s.be/projectsadv/be-en/0/detail/item/20/cat/4/>

[http://smartec.ch/HTMLFiles/Manhattan\\_Bridge\\_Monitoring.htm](http://smartec.ch/HTMLFiles/Manhattan_Bridge_Monitoring.htm)

Esempi dell'attuale ricerca e sviluppo, sono consultabili ai seguenti link:

<http://lib.semi.ac.cn:8080/tsh/dzzy/wsqq/spie/vol7293/729301.pdf>

[http://www.nbshangong.com/upload/papers/paper\\_g4.pdf](http://www.nbshangong.com/upload/papers/paper_g4.pdf)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

Un esempio di sensore di temperatura a fibra ottica distribuita è consultabile al seguente link:

[http://www.carboceramics.com/attachments/files/47/DSS\\_DTS\\_Fiber\\_Optic.pdf](http://www.carboceramics.com/attachments/files/47/DSS_DTS_Fiber_Optic.pdf)

I sensori di umidità relativa a fibra ottica non sono ben sviluppati come quelli per la misurazione della temperatura o delle sollecitazioni. Oltre alla sfida rappresentata dall'installazione inoltre, vi è anche quella costituita dallo sviluppo del sensore stesso. L'attuale ricerca ha sviluppato una serie di sensori basati su tencica FBG, con rivestimenti speciali sensibili all'umidità. Le celle igrometriche in cavi a fibre ottiche, recentemente sviluppate, includono ad esempio:

- Segmento impiombato di fibre ottiche polimeriche, basate su polimetilmetacrilato (PMMA) con Grata di Bragg della fibra.
- Grata di Bragg della fibra rivestita con polimide
- Grata di Bragg della fibra di lungo periodo rivestita con un film sottile di nanosfere di silicio.

Il raggiungimento di una durabilità a lungo termine costituirà comunque una sfida significativa. L'umidità relativa dell'aria che esce dai cavi principali, dovrà essere monitorata alle condutture di scarico del sistema di deumidificazione. La definizione dell'ambiente interno iniziale al termine della costruzione, nonché il monitoraggio del periodo iniziale di asciugatura del cavo principale è certamente un aspetto interessante. Il monitoraggio a breve termine dell'umidità relativa all'interno dei cavi principali con sensori interni è dunque importante; il monitoraggio a lungo termine con sensori interni non è invece altrettanto importante.

L'approccio da adottare per il Ponte sullo Stretto di Messina, deve essere quello che si mostra maggiormente affidabile. A tal fine dovranno essere effettuati dei test.

### **Selezione dei Sensori per la Misurazione dai Cavi Principali**

I sensori di deformazione richiedono un collegamento ai fili del cavo principale e devono essere tesi con il cavo principale al fine di registrare la deformazione del cavo principale. I requisiti di deformazione relativi sono i limiti dei sensori a fibre ottiche. La misurazione della deformazione inoltre si ottiene in modo più affidabile attraverso FBG e i sistemi attualmente disponibili limitano il numero di FBG su un cavo a fibre ottiche. La misurazione della deformazione è richiesta solo in posizioni chiave dei cavi principali, principalmente nella parte superiore delle torri, ai blocchi di



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

ancoraggio, dove l'accesso ai cavi è permesso mediante la strombatura dei fili del cavo principale, poiché passano nelle selle. Sono dunque pochi i benefici derivanti dallo sviluppo di un sensore di deformazione installato lungo l'intera lunghezza del cavo principale; un beneficio limitato peraltro compromesso da aspetti economici e dal rischio di insuccesso. E' dunque pratico e adeguato installare sensori di deformazione nel punto adeguato nella sequenza di montaggio del cavo principale. Ciò limiterebbe la deformazione applicata al sensore a livelli ragionevoli. I sensori tuttavia rileverebbero le modifiche di deformazione del cavo principale dal punto in cui essi sono installati nella sequenza dei trefoli del cavo principale. Ulteriori sensori di deformazione potrebbero essere applicati al cavo principale prima del montaggio in modo da registrare le storie di deformazione fino al punto in cui i sensori sono installati. Questi sensori aggiuntivi sarebbero considerati eccessivi e non dovrebbero quindi essere previsti nel SHSM finale. Le misurazioni di sollecitazione dunque devono essere effettuate con sensori a fibra ottica singola con compensazione di temperatura e FBG.

A differenza dei sensori di deformazione, i sensori di temperatura non richiedono un fissaggio ai fili del cavo principale. Essi possono essere dettagliati per essere collocati entro un manicotto che permetta una flessibilità della fibra ottica rispetto al cavo principale. E' dunque fattibile installare un sensore a fibra ottica alla fabbricazione del trefolo, che copra l'intera lunghezza del cavo principale. Al fine di mantenere il pieno potenziale del cavo a fibra ottica sull'intera lunghezza, sono state proposte letture distribuite utilizzando il metodo di diffusione Raman. Questo metodo permetterebbe la lettura della temperatura in ogni posizione lungo il cavo principale. Le misurazioni della temperatura devono quindi essere effettuate con cablaggio di fibra ottica priva di sollecitazioni installata lungo l'intero cavo principale con letture basate sul metodo di diffusione Raman.

Similmente, le misurazioni della umidità relativa non richiedono fissaggio al cavo principale e dunque l'adozione di un cavo a fibra ottica per l'intera lunghezza è fattibile. Ciò malgrado l'attuale tecnologia richiede che l'umidità sia misurata in posizioni discrete utilizzando speciali rivestimenti intorno alla fibra ottica dove gli FBG sono stati creati. L'uso del monitoraggio discreto è stato dunque proposto per i sensori di umidità a fibra ottica. Le misurazioni dell'umidità relativa devono dunque essere effettuate con cablaggio di fibre ottiche prive di sollecitazioni sull'intera lunghezza del cavo principale con numerosi FBG e applicazione locale di rivestimenti speciali.

### **Misurazione dell'Umidità Relativa**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

La misurazione dell'umidità relativa con sensori a fibre ottiche non è al momento ben consolidata. Quindi, l'installazione di sensori a fibre ottiche nei cavi principali rappresenta un avanzamento tecnologico. Per questo progetto verranno sviluppati e provati i sensori dell'umidità relativa a fibre ottiche annegati.

Nel piano di controllo è stata prevista la ridondanza di misurazioni dell'umidità relativa mediante installazione di due sensori a fibre ottiche per cavo principale. E' prevista un'ulteriore ridondanza con la misurazione dell'umidità relativa dell'aria che fuoriesce dalle bocchette del sistema di deumidificazione.

Una ridondanza supplementare sarebbe auspicabile per lo sviluppo richiesto dei sensori. La possibilità di una ridondanza supplementare sotto forma di singoli sensori dell'umidità relativa a fibre ottiche annegati posizionati nei cavi principali adiacenti alle sommità delle torri ed ai blocchi di ancoraggio verrà considerata durante il Progetto Esecutivo.

### **Misurazione della Tensione**

La misurazione della tensione con sensori a fibre ottiche con compensazione della temperatura è ben consolidata. Tuttavia, l'installazione di sensori a fibre ottiche nei cavi principali rappresenta un avanzamento della tecnologia. Per questo progetto saranno sviluppati e testati singoli sensori a fibre ottiche annegati.

Nel piano di controllo è stata prevista la ridondanza di misurazioni della tensione mediante installazione di sensori di deformazione a fibre ottiche sulla superficie dei cavi principali in aggiunta a quelli installati all'interno dei cavi principali.

Questi sensori dovranno essere installati direttamente sui fili dei cavi principali con una lunghezza legata inferiore a 100mm. Per i sensori montati in superficie, queste lunghezze legate per un breve tratto consentiranno di accedere ai sensori per la manutenzione attraverso portellini in cable band su misura e di rilevare le sollecitazioni di flessione locali nel cavo principale vicino ai morsetti dei cavi. Esiste tuttavia la preoccupazione che l'attacco dei sensori di deformazione a fibre ottiche direttamente ai fili del cavo principale per una breve lunghezza possa impedire la registrazione completa da parte dei sensori della deformazione dei fili del cavo principale. L'efficacia della lunghezza di attacco deve essere verificata mediante collaudo.

Una soluzione alternativa all'installazione dei sensori di deformazione a fibre ottiche sarebbe quella di usare i due morsetti adiacenti del cavo principale in corrispondenza della posizione di un

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

pendino per non far muovere le estremità del sensore di deformazione a fibre ottiche. Per i sensori di deformazione interni ed i sensori di deformazione montati in superficie che vengono estesi dopo i morsetti, l'effetto del fissaggio vincolerebbe il sensore e inoltre questo metodo non consentirebbe l'accesso al sensore per la manutenzione o la sostituzione. Un metodo alternativo che consentirebbe l'accesso per manutenzione o sostituzione sarebbe quello di fissare le estremità dei sensori di deformazione a fibre ottiche ai morsetti con raccordi terminali imbullonati. Questo metodo richiederebbe tuttavia la creazione di una copertura speciale per il cavo principale per fornire l'accesso sull'intera lunghezza tra morsetti cavi adiacenti. La misurazione della tensione su una lunghezza di scartamento definita da due morsetti adiacenti non consentirebbe una buona registrazione delle sollecitazioni di flessione locali del cavo principale, per cui è probabile che venga registrata solo la tensione assiale del cavo principale.

Chiaramente, l'aggiunta di sensori di deformazione a fibre ottiche tra morsetti cavi adiacenti offrirebbe una ridondanza supplementare nella misurazione della tensione assiale che sarebbe vantaggiosa. L'aggiunta di questi sensori verrà considerata nel Progetto Esecutivo, in seguito alle conclusioni tratte dal collaudo dei sensori assicurati proposti

### **Misurazione della temperatura**

La misurazione distribuita della temperatura con sensori a fibre ottiche utilizzando il processo di diffusione Raman è ben definita. L'installazione di questi sensori tuttavia, nei cavi principali, rappresenta un passo avanti nella tecnologia. I sensori di temperatura distribuita a fibra ottica incapsulati devono essere sviluppati e testati per questo progetto.

La ridondanza delle misurazioni di temperatura è stata prevista dal piano di monitoraggio mediante inclusione di sensori di temperatura a fibra ottica basati su FBG installati sia all'interno che sulla superficie dei cavi principali. Il metodo di installazione è stato applicato con successo ai cavi principali di altri importanti ponti sospesi, sebbene utilizzando sensori elettrici. L'uso di sensori di temperatura a fibra ottica al posto di sensori di temperatura elettrici non ridurrà l'esito positivo dell'installazione.

### **Rivestimento di cavi a fibre ottiche incassati**

In ragione delle condizioni di installazione (incluso compattamento dei cavi principali) e delle forze che si verificheranno in corrispondenza delle selle delle torri, il rivestimento del cavo in fibre ottiche dovrà essere adeguatamente dettagliato per resistere al processo di installazione e al

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

funzionamento. Un rivestimento kevlar si presume fornisce una sufficiente durata, sebbene ciò debba essere dimostrato. I progetti, soprattutto quelli che prevedono metallo, dovranno essere adeguatamente dettagliati in modo da non influenzare il deterioramento catodico del cavo principale. L'installazione di un cavo in fibra ottica, entro un tubo metallico sottile non si ritiene sia sufficiente o vincente. Adeguate prove saranno necessarie al fine di assicurare lo sviluppo di un cavo a fibra ottica che resista al processo di installazione e che funzioni come richiesto.

### **Piano di Collaudo**

Il ponte sullo Stretto di Messina sarà il ponte più lungo al mondo e le esperienze nel campo dell'installazione di sensori a fibra ottica nei cavi principali di ponti sospesi è limitata.

Un piano di collaudo dettagliato ed una apposita procedura dovranno quindi essere definiti. I collaudi dovranno provare la fattibilità dell'installazione, nonché verificare la funzionalità dei sensori, dei cavi passivi, dell'hardware, del software e di altre attrezzature di acquisizione dei dati per l'installazione completata. I collaudi dovranno inoltre verificare la prestazione del sensore e l'accuratezza rispetto ai valori attesi (calcolati), mantenendo alti livelli di ripetibilità delle misurazioni.

Un gruppo di collaudo dovrà essere definito; esso dovrà essere composto da membri qualificati, con esperienza e competenti. Un gruppo di collaudo sarà costituito dai rappresentanti del progettista SHSM, sub-appaltatore SHSM, produttore dei cavi, produttore del sensore, esperti esterni con competenze specifiche, costruttore e titolare. Suddetto gruppo di collaudo definirà i requisiti di collaudo che il gruppo apposito dovrà effettuare. Viene di seguito presentata una procedura di collaudo a titolo dimostrativo:

1. Definizione di una specifica tecnica dei sensori che presenti i parametri di misurazione e le tecniche di misurazione;
2. Raccolta e valutazione dati: essi sono presentati a supporto delle tecnologie che devono essere sviluppate per il Ponte sullo Stretto di Messina. I dati devono includere informazioni su collaudi precedenti e verifica delle tecnologie. I dati includeranno il materiale presentato nei documenti.
3. Definizione degli obiettivi del collaudo,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

4. Definizione dei piani di collaudo e relativi obiettivi nonché definizione del programma di collaudo
5. Effettuazione collaudo in più fasi del processo di sviluppo e consegna
6. Collaudo dei sensori durante lo sviluppo. Tali collaudi devono essere effettuati sui sensori subordinatamente alle condizioni di installazione e servizio
7. Valutazione dello sviluppo di collaudi di fase; i risultati devono essere valutati rispetto alle specifiche ed agli obiettivi del collaudo. Il gruppo di collaudo deve decidere se approvare i sensori, continuare lo sviluppo di questi o abbandonarlo e definire tecniche di misurazione alternative.
8. Se i sensori si sono mostrati accettabili, essi devono essere prodotti come approvati
9. La fase di sviluppo e collaudo deve essere completata prima dell'inizio del Progetto Esecutivo
10. I sensori prodotti e le attrezzature di supporto devono essere sottoposti al Test di Accettazione di Fabbrica (Factory Acceptance Test –FAT)
11. Il FAT deve essere approvato. I risultati devono essere verificati rispetto alle caratteristiche tecniche. I sensori non approvati devono essere respinti o riparati.
12. Se i sensori sono approvati dal FAT, essi saranno inclusi nel processo di costruzione del ponte.
13. I sensori installati nel trefolo del cavo principale devono essere sottoposti ad ulteriore FAT dopo la costruzione del trefolo del cavo principale e prima del montaggio del trefolo sul sito.
14. Il FAT deve essere approvato. I risultati devono essere verificati rispetto alle specifiche tecniche. I sensori non approvati devono essere respinti o riparati. Se i sensori non approvati sono respinti, occorre installare sensori di sostituzione.
15. Se i sensori sono approvati dal FAT, essi rientrano nella costruzione del ponte.
16. Dopo la costruzione del ponte, i sensori installati e le attrezzature di supporto devono essere soggette a Test di Accettazione sul Sito (Site Acceptance Test- SAT).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

17. Il SAT deve essere approvato. I risultati devono essere verificati rispetto alle caratteristiche tecniche. I sensori non approvati devono essere respinti o riparati. Se i sensori installati sono respinti, occorre definire tecniche alternative di misurazione.
18. Deve essere effettuata una seconda fase del SAT per verificare il funzionamento a lungo termine. Un report sulla prestazione deve essere quindi preparato dal gruppo di collaudo.
19. A tutte le fasi del collaudo, occorre definire adeguati registri di qualità che devono essere sottoposti al gruppo di collaudo il quale deve conservare un archivio permanente dei collaudi.

### **Fase di sviluppo e collaudo**

I cavi a fibre ottiche che saranno incassati nei cavi principali, dovranno essere sviluppati per durare nel tempo e funzionare, in modo da evitare danneggiamenti durante la messa in opera del cavo principale. Il nucleo di un cavo a fibre ottiche, fatto di silicio, è molto fragile e deve quindi essere fornito con un rivestimento protettivo come il kevlar. Per questo progetto inoltre, anche il sensore di umidità relativa a fibre ottiche incassato dovrà essere sviluppato. Una fase di sviluppo e collaudo sarà quindi necessaria al fine di assicurare che vengano adottati sensori adeguati. Lo sviluppo e il collaudo permetteranno inoltre di ottenere sensori più economici, più affidabili e più duraturi. Il collaudo permetterà lo sviluppo di una soluzione semplice ed efficace per l'installazione dei sensori ai cavi principali e fornirà dati per valutare e dunque confermare il corretto funzionamento dei sensori e del relativo hardware, soprattutto all'interno dell'ambiente di installazione.

La durata e il funzionamento dei sensori a Resistenza di Polarizzazione Lineare, che saranno incassati nei cavi principali dovranno essere dimostrati e se necessario modificati, in modo tale da assicurare l'adozione del sensore più adeguato.

Inoltre, il collaudo della funzionalità dei sensori a fibre ottiche, inclusa la lunghezza di legame, è necessaria al fine di dimostrarne l'adeguatezza allo Stretto di Messina.

I collaudi saranno svolti anche per dimostrare il comportamento fisico e la prestazione del sistema di deumidificazione.

I sensori potrebbero essere modificati dai progettisti SHMS a seconda dell'esito dei collaudi. Se lo Stretto di Messina non sarà convinto dell'adozione dei sensori a fibre ottiche, inoltre, questi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

potrebbero essere sostituiti con sensori elettrici equivalenti. Ciò malgrado, occorre notare i seguenti svantaggi e considerazioni importanti:

- I sensori elettrici sono proni alla deviazione
- I sensori elettrici sono sensibili ai disturbi elettromagnetici e alle correnti vaganti
- I sensori elettrici hanno una durata inferiore
- Il rischio di guasto del sensore durante montaggio del cavo principale e compattatura è maggiore in ragione di cavi dati morbidi
- I sensori elettrici sono sensori singoli, e dunque ogni sensore richiede il suo cavo dati
- Vicino a ciascuna strombatura dei trefoli dei cavi principali, I cavi dati possono passare lungo l'allineamento dei fili del cavo principale. Tuttavia a distanza dalla strombatura dei trefoli del cavo principale, i cavi dati necessiterebbero di uscire dai cavi principali ed essere sigillati con un rivestimento protettivo. Il passaggio di cavi dati morbidi lungo l'allineamento dei fili del cavo principale, aumenta il rischio di danno ai cavi dati e guasto del sensore. I fori di accesso, insieme al rivestimento sigillato del cavo, rischiano di compromettere il sigillo dei cavi principali e l'efficacia del sistema di deumidificazione.
- Il sistema di monitoraggio non dovrebbe in nessun modo compromettere l'integrità strutturale dei cavi principali o indurre deterioramento catodico.

La lista di cui sopra non è esauriente.

Viene di seguito proposta una panoramica della fase di sviluppo e collaudo. La fase di sviluppo e di collaudo sarà organizzata secondo un programma della durata di 9-12 mesi, da completarsi prima dell'inizio del Progetto Esecutivo. Il programma di collaudo consiste in prove di funzionamento, di durata e simulazione di condizioni. Laddove fattibile, i collaudi finali saranno ripetuti almeno 3 volte per dimostrarne una prestazione affidabile. Al fine di definire con certezza la prestazione di un sensore, diversi tipi di sensori dovranno essere installati sullo stesso esemplare oggetto di test; ciò permetterà di valutare gli stessi parametri o parametri similari dei vari sensori. Il collaudo dei sensori a fibre ottiche ad esempio, includerà l'aggiunta di sensori elettrici adeguati. I collaudi saranno effettuati su una serie di esemplari di scala differente, da fili singoli fino al modello completo del cavo principale. Verranno poi simulate le condizioni a cui saranno sottoposti i sensori durante l'installazione, la costruzione e il funzionamento; ciò include anche la fabbricazione dei



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

trefoli, il montaggio dei trefoli, la compattazione del cavo principale e l'applicazione delle sollecitazioni sostenute durante l'esercizio; a tal fine, la collaborazione, sin dal principio fra fabbricante del cavo principale e produttore dei sensori è essenziale al fine di soddisfare i requisiti tecnici.

La Columbia University ha già effettuato diversi test su una serie di sensori, utilizzando un modello di cavo adeguato al ponte di sospensione di Manhattan, New York. Diverse condizioni ambientali sono state quindi simulate in questi test. Una panoramica di questi è consultabile al seguente sito web:

<http://www.civil.columbia.edu/carleton/research/suspension.html> per informazioni.

Potrebbero esservi significativi vantaggi e benefici nell'effettuare collaudi su vasta scala mediante la Columbia University dato che questa struttura ha l'esperienza e le strutture di collaudo di sezioni di modelli di cavi principali su vasta scala.

I seguenti collaudi devono essere effettuati oltre ai collaudi aggiuntivi presentati nel piano di monitoraggio. Notare che il "test di funzionalità" rappresenta un test volto a verificare il funzionamento del sensore. Questo test non verifica solo che la lettura sia ottenuta dal sensore, ma anche la qualità e la precisione del dato prodotto. Il programma di test dovrà essere dettagliato dal Gruppo di Collaudo in seguito a riunioni con il fornitore scelto per i sensori a fibra ottica e quello dei fili del cavo principale, nonché visite sul sito alle strutture e incontri con titolari/responsabili e visite e incontri con potenziali strutture di ricerca.

Collaudo fase di sviluppo – no esemplare:

- Test di funzionalità per sensori a fibra ottica di umidità relativa (ripetibile)
- Test di minimo raggio di curvatura per tutti i tipi di sensori a fibra ottica per verificare la funzionalità continua dopo flessione a raggio minimo specificato (ripetibile)
- Test di tensione per tutti i tipi di sensori a fibra ottica del cavo principale, per verificare la funzionalità continua dopo applicazione di tensione rispetto ai requisiti minimi (ripetibile)
- Test di shock meccanico per tutti i tipi di sensori a fibra ottica del cavo principale, per verificare la funzionalità continua dopo caduta di 1.5 m (5 ft) (ripetibile)



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

- Test di durata (simulazione di condizioni di fabbricazione del trefolo incluso tiraggio dalla bobina) per tutti i sensori a fibre ottiche incassati sull'intera lunghezza, per verificarne la funzionalità dopo fabbricazione nel trefolo del cavo principale (ripetibile), incluso, senza limitazioni:
  - tensione del sensore
  - curvatura del sensore

Collaudo fase di sviluppo – esemplare di cavo:

- Test di funzionalità per tutti i sensori a fibra ottica incassati (ripetibile)
- Test di compatibilità per dimostrare la compatibilità dei materiali dei sensori con il filo del cavo principale senza indurre deterioramento del filo del cavo principale (ripetibile)

Collaudo fase di sviluppo – esemplare di trefolo:

- Test di funzionalità in condizioni fisiche simulate per sensori a fibre ottiche di cavo principale, incassati su tutta la lunghezza (ripetibile), incluso, senza limitazioni:
  - Tensione del trefolo
  - Sollecitazioni radiali dovute all'installazione del trefolo sulla torre / sella del blocco di ancoraggio
- Test di minimo raggio curvatura del trefolo per tutti i sensori a fibre ottiche incassati su tutta la lunghezza per verificarne la funzionalità dopo piegamento al raggio minimo specificato (ripetibile)
- Test di durata (simulazione di condizioni di fabbricazione del trefolo) per tutti i sensori a fibre ottiche incassati sull'intera lunghezza, per verificarne la funzionalità dopo fabbricazione nel trefolo del cavo principale (ripetibile), incluso, senza limitazioni

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

- Compattatura del trefolo
- Test di durata (simulazione stoccaggio trefolo, trasporto e condizioni di montaggio) per verificarne la funzionalità dopo montaggio (ripetibile), incluso senza limitazioni
  - Impatto sul trefolo
  - Tiraggio del trefolo sul trefolo installato con sensore
  - Movimento del trefolo lung oil trefolo installato con sensore
- Test di tenuta per tutti i cavi principali e sensori a fibre ottiche per dimostrare l'adeguatezza del metodo di tenuta e la lunghezza di tenuta richiesta (ripetibile), incluso senza limitazione
  - tensione del trefolo

Collaudo fase di sviluppo – esemplare di piastra:

- Test di tenuta per tutti i sensori a fibre ottiche per dimostrare l'adeguatezza del metodo di tenuta e la lunghezza di tenuta richiesta (ripetibile), incluso senza limitazione
  - tensione della piastra
  - compressione della piastra

Collaudo fase di sviluppo – esemplare multi-trefolo (7 trefoli):

- Test di funzionalità in condizioni fisiche simulate per tutti i sensori incassati nel cavo principale (inclusi sensori LRP). Notare che il collaudo dei sensori LRP deve includere la lunghezza del cavo dati richiesta. (ripetibile). Il collaudo prevederà, senza limitazioni:
  - Tensione del multi-trefolo
  - Tensione differenziale lungo il multi-trefolo
  - Sollecitazioni di compressione radiale dovute al morsetto del cavo principale
- Test di funzionalità in condizioni ambientali simulate per tutti i sensori incassati nel cavo principale (inclusi sensori LRP). (ripetibile). Il collaudo prevederà, senza limitazioni
  - condensa

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)</b>	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> <i>0</i>	<i>Data</i> <i>13-04-2011</i>	

- calore uniforme in congiunzione a diversi livelli di condensa
- calore distribuito in congiunzione a diversi livelli di condensa
- simulazione pioggia
- radiazione solare

Collaudo fase di sviluppo – esemplare di sezione di modello di 30 m (vasta scala incluso sistema di deumidificazione)

- Test di funzionalità in condizioni fisiche di montaggio simulate per tutti i sensori del cavo principale (inclusi sensori LRP). (non ripetibile ma da dimostrare mediante quantità di sensori di test). Il collaudo prevederà, senza limitazioni
  - Sollecitazioni radiali dovute a compattatura del cavo principale
- Test di funzionalità in condizioni fisiche simulate per tutti i sensori del cavo principale (inclusi sensori LRP). (non ripetibile ma da dimostrare mediante quantità di sensori di test). Il collaudo prevederà, senza limitazioni
  - Compressione radiale dovuta a morsetto del cavo principale
- Test di funzionalità in condizioni ambientali simulate per tutti i sensori del cavo principale (inclusi sensori LRP). Il collaudo prevederà, senza limitazioni
  - condensa
  - calore uniforme in congiunzione a diversi livelli di condensa
  - calore distribuito in congiunzione a diversi livelli di condensa
  - collaudo della performance del sistema di deumidificazione per dimostrare e comprendere la progressione di deumidificazione dell'aria ed il flusso d'aria lungo il cavo principale. Notare che anche se questo test necessita di essere condotto su vasta scala su un modello in sezione di lunghezza adeguata, i fili del modello non necessitano di essere creati secondo i fili in acciaio specificati nel progetto. E' possibile adottare modelli in sezione di fili purché questi non assorbano o modifichino le

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> <i>PI0038_0_ITA.docx</i>	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011	

caratteristiche per la formazione di umidità (ripetibile). Il collaudo includerà ma senza limitazioni al flusso d'aria lungo il cavo principale:

- flusso d'aria lungo il cavo principale
- deumidificazione lungo il cavo principale
- deumidificazione attraverso il cavo principale

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_0_ITA.docx	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011	

### Appendice 3 – Elenco di attrezzatura - Esempio

*This list is not a specification. This list represents a list of examples.*

*Example real-time operating system: National Instruments - I*

*Example programming environment: National Instruments - Ni*

*Example graphical interface software: National Instruments -*

*Example hardware platform: National Instruments - NI Crio*

**Section Title**

- 5.2.1 Tri-axial Sonic Anemometer
- 5.2.2 Tri-axial Mechanical Anemometer
- 5.2.3 GPS Receiver
- 5.2.4 Air Temperature Sensor (1)
- 5.2.5 Air Temperature Sensor (2)
- 5.2.6 Pyrometer
- 5.2.7 Hygrometer (1)
- 5.2.8 Hygrometer (2)
- 5.2.9 Fibre-Optic Relative Humidity Sensor
- 5.2.10 Barometer
- 5.2.11 Rain Gauge
- 5.2.12 Surface Hygrometer (1)
- 5.2.13 Surface Hygrometer (2)
- 5.2.14 Road Temperature Sensor
- 5.2.15 1D Accelerometer (1)
- 5.2.16 1D Accelerometer (2)
- 5.2.17 2D Accelerometer (1)
- 5.2.18 2D Accelerometer (2)
- 5.2.19 3D Accelerometer (1)
- 5.2.20 3D Accelerometer (2)
- 5.2.21 2D Static Inclinometer
- 5.2.22 2D Dynamic Inclinometer
- 5.2.23 Fibre-Optic Temperature Sensor (1)

- 5.2.24 Fibre-Optic Temperature Sensor (2)
- 5.2.25 Fibre-Optic Temperature Sensor (3)
- 5.2.26 Fibre-Optic Temperature Sensor (4)
- 5.2.27 Fibre-Optic Strain Sensor (1)
- 5.2.28 Fibre-Optic Strain Sensor (2)
- 5.2.29 Fibre-Optic Strain Sensor (3)
- 5.2.30 Fibre-Optic Strain Sensor (4)
- 5.2.31 Fibre-Optic Strain Sensor (5)
- 5.2.32 Fibre-Optic Strain Sensor (6)
- 5.2.33 Fibre-Optic Strain Sensor (7)
- 5.2.34 Fibre-Optic Strain Sensor in Delta Formation
- 5.2.35 Linear Displacement Sensor (1)
- 5.2.36 Linear Displacement Sensor (2)
- 5.2.37 Linear Displacement Sensor (3)
- 5.2.38 Linear Displacement Sensor (4)
- 5.2.39 Linear Displacement Sensor (5)
- 5.2.40 Hydraulic Pressure Gauge (1)
- 5.2.41 Hydraulic Pressure Gauge (2)
- 5.2.42 Oil Temperature Sensor
- 5.2.43 Concrete Corrosion Sensor
- 5.2.44 Ground Pressure Sensor
- 5.2.45 Interstitial Ground-Water Pressure Sensor
- 5.2.46 Video Displacement Sensor
- 5.2.47 Half-cell Potentiometer and Studs
- 5.2.48 Benchmark
- 5.2.49 Railway Track Temperature Sensor
- 5.2.50 Corrosion Rate Sensor
- 5.2.51 Microwave Interferometric Radar
- 5.2.52 Calibration Strain Sensor

*nple equipment that could be used to satisfy the "Sensor Minimum Requirements" that are set out in section 5.0.*

*VI Labview*

*I Labview*

*NI Labview*

### ***Example Sensor***

Gill Instruments - Three Axis Anemometer - WindMaster Pro

Young - Marine Wind Monitor - 05106 WITH Young - Gill Propeller Anemometer - 27106

Leica - High precision GNSS monitoring receiver - GMX902

Young - Relative Humidity/Temperature Probe - 41382 OR Young - Temperature Probe - 41342 WITH Young - Multi-Plate Radiation Shield - 41003

Young - Relative Humidity/Temperature Probe - 41382 OR Young - Temperature Probe - 41342

Aanderaa - Solar Radiation Sensor - 2770

Young - Relative Humidity/Temperature Probe - 41382 WITH Young - Multi-Plate Radiation Shield - 41003

Young - Relative Humidity/Temperature Probe - 41382

To be developed - Refer to discussion in Appendix 2

Lambrecht - Air Pressure Sensor - 00.08128.093 072

Young - Tipping Bucket Rain Gauge - 52202

Thermokon Sensortechnik - Condensation Detector - WK01

Thermokon Sensortechnik - Condensation Detector - WK01

Fiber sensing - BraggMETER Industrial Multipurpose Measurement Unit WITH Fibersensing - High Performance FBG Temperature sensor - FS6300-50110301

Silicon Designs - accelerometer module - 2210-002

Silicon Designs - accelerometer module - 2210-002

Silicon Designs - accelerometer module - 2210-002 - 1 required for each axis

Silicon Designs - accelerometer module - 2210-002 - 1 required for each axis

Silicon Designs - accelerometer module - 2210-002 - 1 required for each axis

Columbia Research Laboratories - Servo Accelerometer - SA-307LN

Columbia Research Laboratories - Biaxial Force Balance Inclinometer - SI-726BIHPC

Schaevitz - DC-Operated Gravity-Referenced Servo Inclinometer - LSOC/LSOP

Fiber sensing - BraggMETER Industrial Multipurpose Measurement Unit WITH Fibersensing - High Performance FBG Temperature sensor - FS6300-20110301



Smartec - Reading Unit Raman OTDR - 14.2012 Ditemp WITH Smartec - Temperature Sensing Cable - DiTeSt-DiTemp  
Fiber sensing - BraggMETER Industrial Multipurpose Measurement Unit WITH Fibersensing - High Performance FBG Temperature sensor - FS6300-20110301  
Fiber sensing - BraggMETER Industrial Multipurpose Measurement Unit WITH Fibersensing - High Performance FBG Temperature sensor - FS6300-20110301  
Fiber sensing - BraggSCOPE Dynamic Measurement Module with NI platform WITH Fibersensing - High Performance FBG Strain sensor - FS6200-20110301  
Fiber sensing - BraggSCOPE Dynamic Measurement Module with NI platform WITH Fibersensing - High Performance FBG Strain sensor - FS6200-20110301  
Fiber sensing - BraggSCOPE Dynamic Measurement Module with NI platform WITH Fibersensing - High Performance FBG Strain sensor - FS6200-20110301  
Fiber sensing - BraggSCOPE Dynamic Measurement Module with NI platform WITH Fibersensing - High Performance FBG Strain sensor - FS6200-20110301  
Fiber sensing - BraggSCOPE Dynamic Measurement Module with NI platform WITH Fibersensing - High Performance FBG Strain sensor - FS6200-20110301  
Fiber sensing - BraggSCOPE Dynamic Measurement Module with NI platform WITH Fibersensing - High Performance FBG Strain sensor - FS6200-20110301  
Fiber sensing - BraggSCOPE Dynamic Measurement Module with NI platform WITH Fibersensing - High Performance FBG Strain sensor - FS6200-20110301  
Fiber sensing - BraggSCOPE Dynamic Measurement Module with NI platform WITH Fibersensing - High Performance FBG Strain sensor - FS6200-20110301  
Leuze Electronic - Optical Laser Distance Sensor - ODS96  
To be supplied by Buffer Manufacturers  
Penny and Giles - Linear Position Transducer - SLT190  
Penny and Giles - Linear Position Transducer - SLT190  
To be supplied by Tuned Mass Damper Manufacturers  
To be supplied by Buffer Manufacturers  
To be supplied by Buffer Manufacturers  
To be supplied by Buffer Manufacturers  
Roctest - Concrete Corrosion Sensor - SensCore 16.1010  
Roctest - Total Pressure Cell - TPC  
Roctest - Vibrating Wire Piezometer - CL1  
Toshiba - hi-def camera - IK-HR1D WITH National Instruments - NI Labview data processing facilities  
Elcometer - Reading Unit - Elcometer 331SH WITH Elcometer - Half Cell Kit - TW331CUKIT  
To be developed - bespoke design  
Fiber sensing - BraggMETER Industrial Multipurpose Measurement Unit WITH Fibersensing - High Performance FBG Temperature sensor - FS6300-20110301  
Analatom - Linear Polarisation Resistance (LPR) Corrosion sensor with 150µm interdigitation gap  
IDS Ingegneria Dei Sistemi - Microwave Interferometric Radar - IBIS-S  
Gage Technique International - Vibrating Wire Surfacing Mounting Strain Gauge - TSR/5.5/T

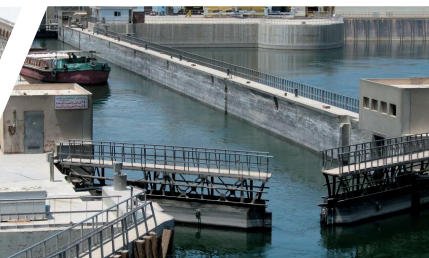
		<p align="center"><b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO</p>		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_0_ITA.docx	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011	

## Appendice 4 – Radar Interferometrico a micro-onde – Brochure

# ***IBIS-S: Preventing Structural Failures Utilizing Microwave Interferometry***

**IBIS-S**

**An innovative sensor for remote monitoring  
of structural movements  
and deformations**





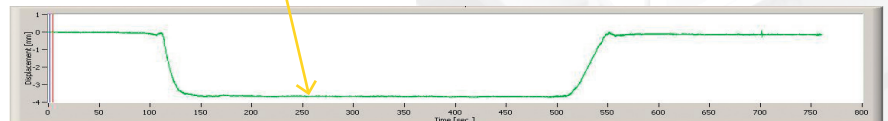
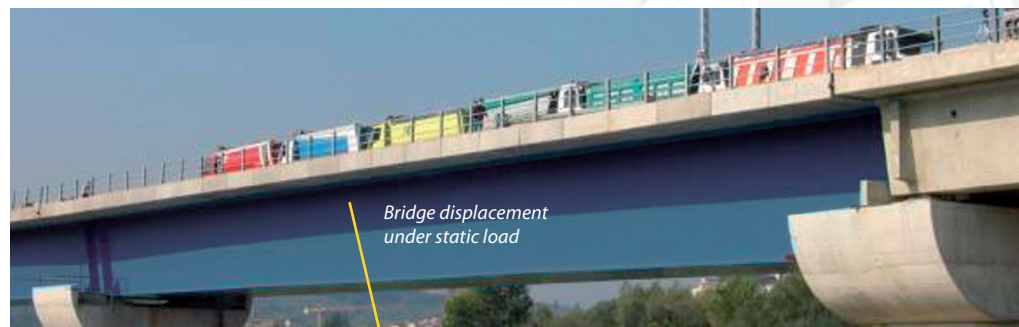
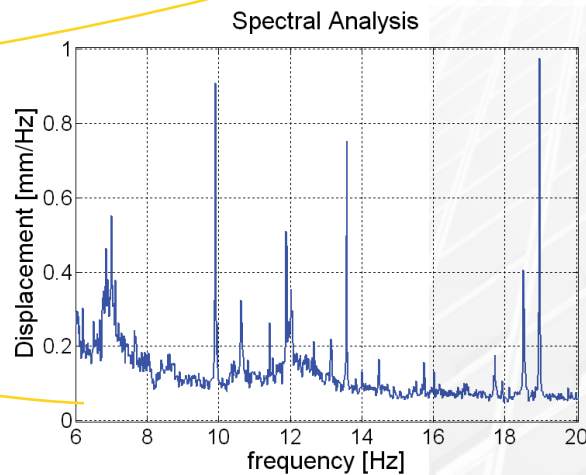
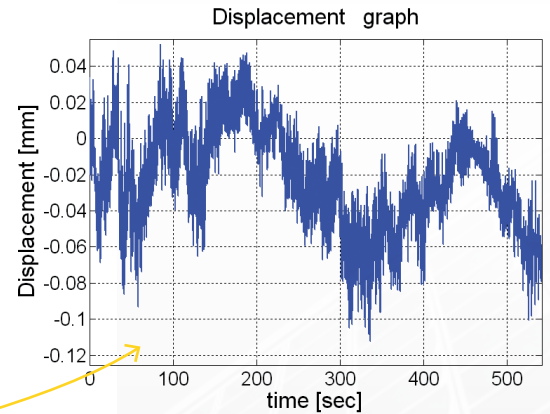
## Monitoring applications:

### Static

- Structural load testing
- Structural displacement and collapse hazards
- Cultural heritage preservation

### Dynamic

- Structural resonance frequency measurement
- Structural modal shape analysis
- Real time monitoring of deformation



## Advantages Over Traditional Techniques:

- Remote sensing at a distance of up to 1 km.
- Displacement accuracy up to 1/100 mm.
- Real-time simultaneous mapping of deformations
- Fast installation and operation
- Static and dynamic monitoring
- Structural vibration sampling up to 100 Hz
- Operates day-night, in all weather conditions
- Provides direct displacements, not derived quantities



**IDS Ingegneria Dei Sistemi S.p.A.**

Pisa Branch Office  
 via Sterpulino 20, 56121 Pisa, Italy  
 tel. +39 050 967111  
 fax +39 050 967121

For further information contact

e-mail: sales.gpr@ids-spa.it  
 tel. +39 050 967123  
 www.idsgeoradar.com

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione di Progetto - Sistema di Monitoraggio Strutturale (SHMS)	<i>Codice documento</i> PI0038_0_ITA.docx	<i>Rev</i> 0	<i>Data</i> 13-04-2011	

## Appendice 5 - Sensore di Corrosione LPR - Informativa



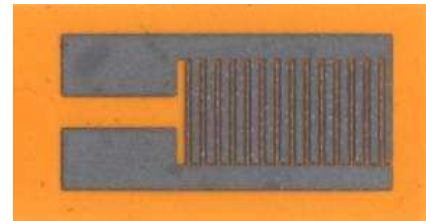
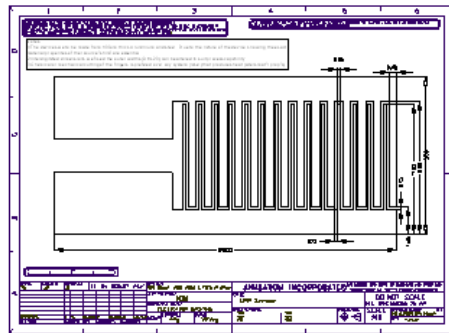
Home >> Products & Supports >> LPR Sensors

- >> [Contact Us](#)
- >> [Management](#)
- >> [Career](#)

▶ **Products**

LPR SENSOR
MEMS SENSOR
SHM SYSTEM
---
AI SOLUTION

### LPR Corrosion Sensor



The Anatom Inc. corrosion sensor is a Linear Polarization Resistor (LPR) that works on the same principle as macro LPR systems do. It is a device that corrodes at the same rate as the structure on which it is placed. The sensor is made up of two micromachined electrodes that are interdigitated at 150mm apart. The corrosion reaction – both oxidation and reduction – produces a corrosion current that can be pre determined empirically for each sensor type, this I/V (Current/Voltage) form is called a Tafel plot.

The sensor itself is made from shim stock of the same material as the structure that is being monitored. The shim is usually 25mm thick (0.001”) and is attached to a Kapton backing sheet of similar thickness. This gives the sensor a total thickness in the 50mm range, although a thickness of up to 200mm are possible if required. The shim is machined (pattered) using a photolithography technique, this allows for a varied design layout so that sensors can be fitted deep into tight structures such as bridge cables and lap joints.

The sensor can be placed directly on the metal surface of the structure to be monitored. Painting and other surface preparations can be performed on top of the sensor with no damage to the sensor or coating. In operation the sensors are unobtrusive and require no maintenance or inspection. The system that monitors the sensor is low powered and both sensors and system are robust. The system is designed to be easily installed and operated with an indefinite operating life. The autonomous battery powered version of the system can run for over a decade without need for replacement. A solar powered unit will also be available. The GUI and user interface all load onto a standard Windows PC and are easy to use and interface with other sensors and systems.

**Please [contact us](#) for detail quote.**

Copyrights © 2007 Anatom, Inc. All Rights Reserved.