

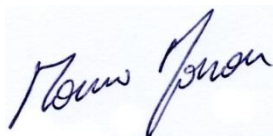
MODENA - TORRE DELLA GHIRLANDINA

**MONITORAGGIO DI CONTROLLO DI LUGLIO 2013
VERIFICA DELLO STATO CONSERVATIVO DELLE SUPERFICI E
DELLA DURABILITA' DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO**

Venezia, 08/08/2013

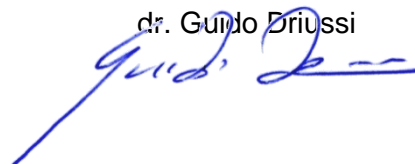
redatto da:

dr. Mauro Tonon



verificato da:

dr. Guido Briussi



Nell'ambito del piano di monitoraggio programmato che interessa i rivestimenti e gli elementi architettonici della Torre della Ghirlandina, su incarico del Comune di Modena, in data 3 luglio 2013 si è provveduto all'esecuzione di un ulteriore sopralluogo di monitoraggio per verificare -a distanza di un anno dalla precedente valutazione- lo stato di conservazione degli elementi architettonici, dei protettivi applicati e l'eventuale evoluzione di processi di degrado già segnalati.

Nella fattispecie, così come previsto dal piano di monitoraggio programmato, si è proceduto alla verifica dei seguenti aspetti fisico morfologici, funzionali alla verifica di durabilità degli interventi di restauro effettuati:

- *funzionalità e compatibilità dei protettivi superficiali* applicati sui rivestimenti e balaustre esterne, mediante valutazioni sinergiche dell'aspetto cromatico, dell'assorbimento d'acqua a bassa pressione e dell'idrorepellenza;
- *valutazione complessiva dello stato conservativo superficiale* degli elementi lapidei mediante osservazioni morfologiche;
- *stato coesivo e della continuità materica degli elementi lapidei* di rivestimento e delle balaustre (cimase, balaustrini, elementi ornamentali sferici) mediante rilievi ultrasonici;
- *valutazione del contenuto igrometrico e dello stato conservativo superficiale degli intonaci* di rivestimento applicati nella cuspide.

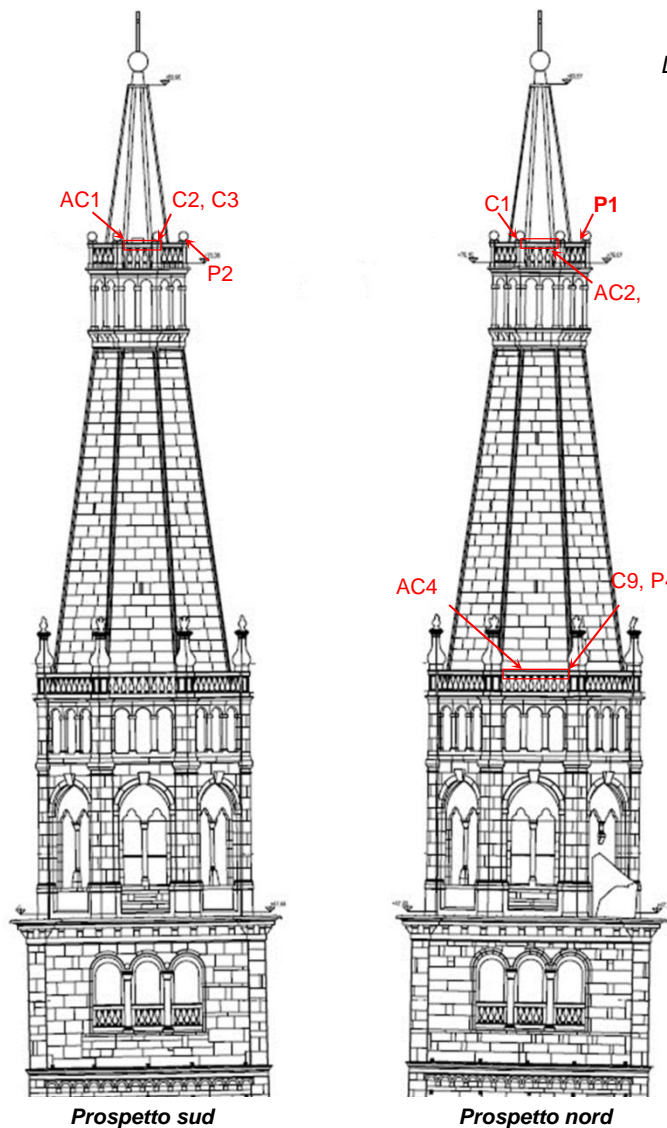
Tutte le aree sottoposte a controllo sono indicate nella tabella sottostante, suddivise per localizzazione nella torre e tipologia di indagine condotta.

ELEMENTO	DETERMINAZIONE ANALITICA	NOME AREE
Balastra superiore	Colorimetria	C1, C2, C3
	Assorb. d'acqua a bassa pressione	P1, P2
	Angolo di contatto	AC1, AC2
	Rilievo ultrasonico	S1, S2
Balastra inferiore	Colorimetria	C4, C5, C6, C7, C8, C9
	Assorb. d'acqua a bassa pressione	P3, P4
	Angolo di contatto	AC3, AC3s
	Rilievo ultrasonico	S3, S21B, S3B, S59B, S57B, S51B, S38B
Rivestimenti esterni alla cella campanaria	Colorimetria	C10
	Assorb. d'acqua a bassa pressione	P5
	Angolo di contatto	AC5
Rivestimenti prospetto est a quota calpestio	Colorimetria	C13,
	Assorb. d'acqua a bassa pressione	P10
	Rilievo ultrasonico	UE03, UE04
Vano cuspide	Rilievo fotografico degli intonaci	MM1
	Misure capacitive dell'umidità	UM1, UM2



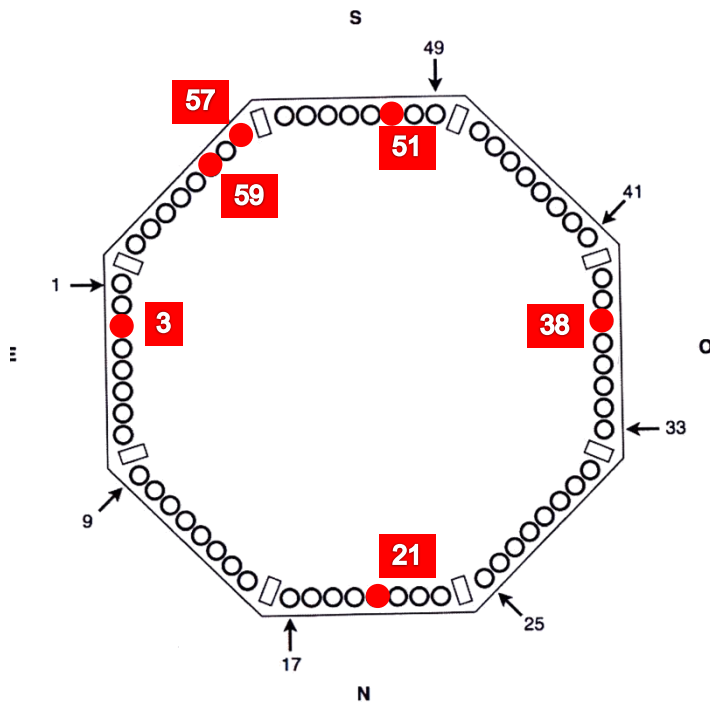
Per ciascuno degli aspetti considerati si riportano di seguito, i risultati complessivi delle determinazioni analitiche condotte, comparate ove possibile con quanto emerso nei precedenti controlli; si allegano le schede con i dettagli analitici di ciascuna prova, suddivisa per elemento considerato.

LOCALIZZAZIONE AREE DI INDAGINE (tra queste aree sono state realizzate le misure su quelle raggiungibili al momento del monitoraggio)

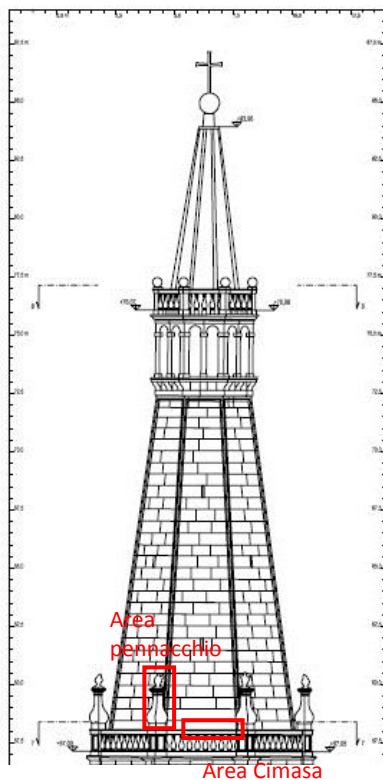


Localizzazione misure di colore, angolo di contatto e assorbimento a bassa pressione

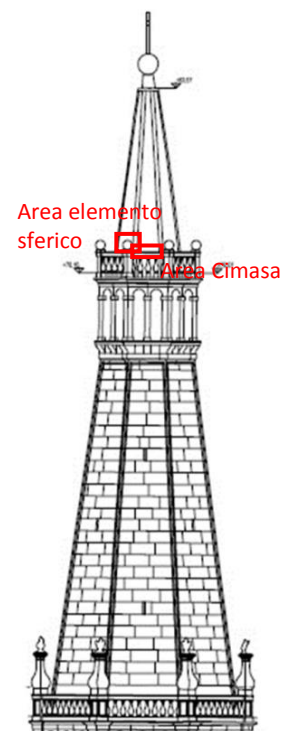




Pianta balastra inferiore, localizzazione misure ultrasoniche su colonnine



Prospetto ovest balastra inferiore, localizzazione misure ultrasoniche cimasa e pennacchio



Prospetto nord balastra superiore, localizzazione misure ultrasoniche cimasa ed elemento sferico



LOCALIZZAZIONE AREE DI INDAGINE SU RIVESTIMENTI LAPIDEI

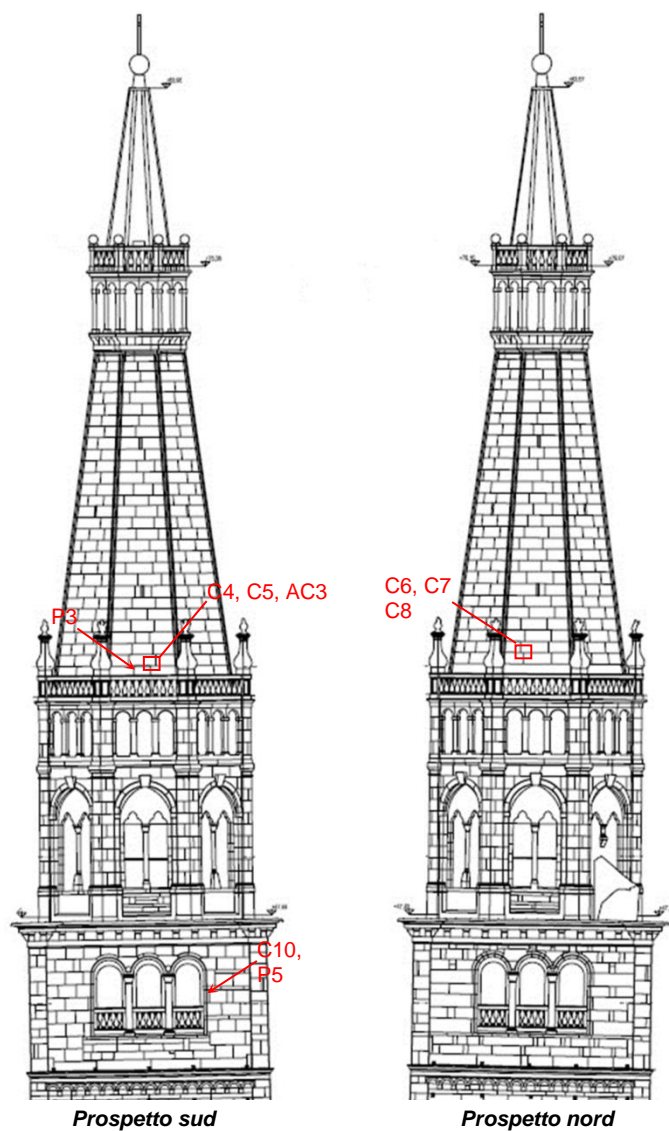
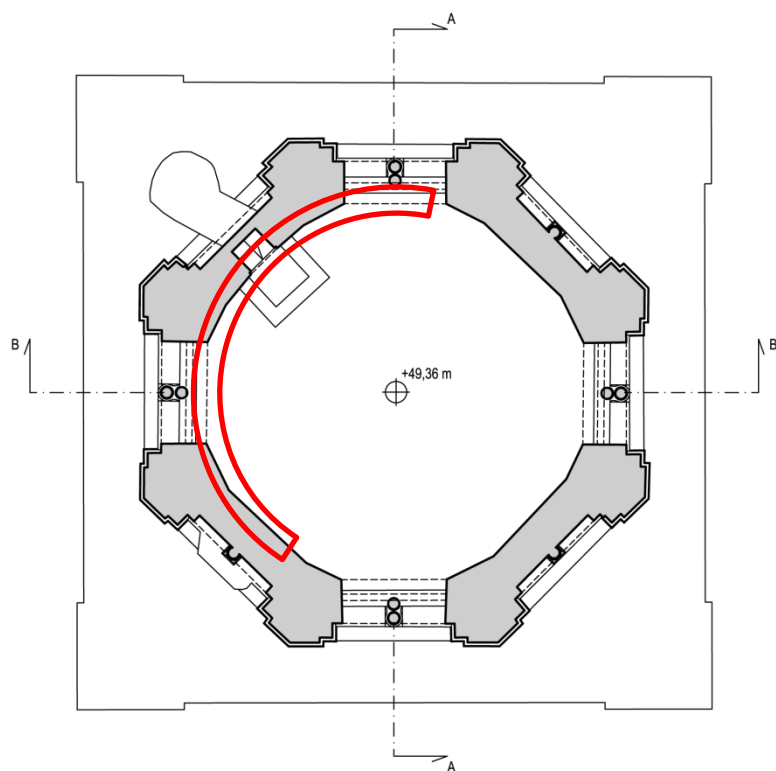


Fig. 5- Prospetti sud ed est, localizzazione aree di misura del colore, dell'assorbimento d'acqua a bassa pressione, dell'angolo di contatto.





Pianta vano superiore alla cella campanaria (base cuspid), con indicazione dell'area considerata per il monitoraggio dell'intonaco.



VALUTAZIONE DEI SISTEMI PROTETTIVI SUPERFICIALI

I controlli effettuati evidenziano come i sistemi silossanici, applicati agli elementi lapidei dei prospetti esterni, abbiano mantenuto nel tempo un'ottima compatibilità cromatica con la pietra: in tutte le porzioni lapidee considerate -localizzate in corrispondenza delle balaustre e del rivestimento della cella campanaria- nonostante le differenti esposizioni all'irraggiamento solare non si è riscontrato alcun apprezzabile viraggio cromatico, nè rispetto alle determinazioni condotte sulla pietra tal quale, prima dell'applicazione del sistema protettivo, nè rispetto alle precedenti misurazioni (in tutti i casi le differenziazioni nei valori colorimetrici di tristimolo si attestano a valori ΔE abbondantemente inferiori a 5).

Da segnalare come, a causa di un eccessivo deposito di guano in corrispondenza dell'area AC3 (balastra superiore, prospetto sud, porzione orizzontale della cimasa), sia stato necessario spostare l'area di rilievo rispetto alla precedente posizione (vedi scheda allegata).



Fig. 1: zona della cimasa interessata da consistenti depositi di guano a causa dei quali si è dovuto spostare la zona di rilievo colorimetrico.

Dal punto di vista dell'efficienza, la protezione offerta dai sistemi protettivi silossanici in termini di idrorepellenza e di riduzione dell'assorbimento d'acqua, risulta ancora particolarmente buona; si notano comunque alcune differenziazioni rispetto a rilievi condotti precedentemente:

- gli angoli di contatto riscontrati nella balastra inferiore si attestano, sia per la porzione sud che nord, a valori superiori ai 90°; anche se vi è stato un leggero calo rispetto a quanto registrato un anno fa, è possibile comunque confermare il mantenimento di una buona idrofobicità superficiale. Considerando invece la balastra superiore il parametro si stabilizza mediamente intorno ai 60°, ad indicazione che il sistema siliconico pur mantenendo la funzione di protezione all'assorbimento d'acqua, ha perso parte della sua efficacia idrorepellente.



Fig. 2, Area AC3 della balastra inferiore, prova di angolo di contatto



- Le prove di assorbimento a bassa pressione, effettuate per verificare l'entità dell'impregnazione d'acqua nel materiale lapideo durante le normali precipitazioni piovose, hanno permesso di confermare –anche per questo monitoraggio- la conservazione di una buona efficacia del protettivo. In alcune zone della superficie, come ad esempio nell'area P3 situata nel rivestimento del prospetto sud presso la balaustra inferiore, si assiste addirittura ad una progressiva diminuzione dei quantitativi d'acqua assorbiti con il trascorre del tempo, come dimostrato dal grafico al lato.

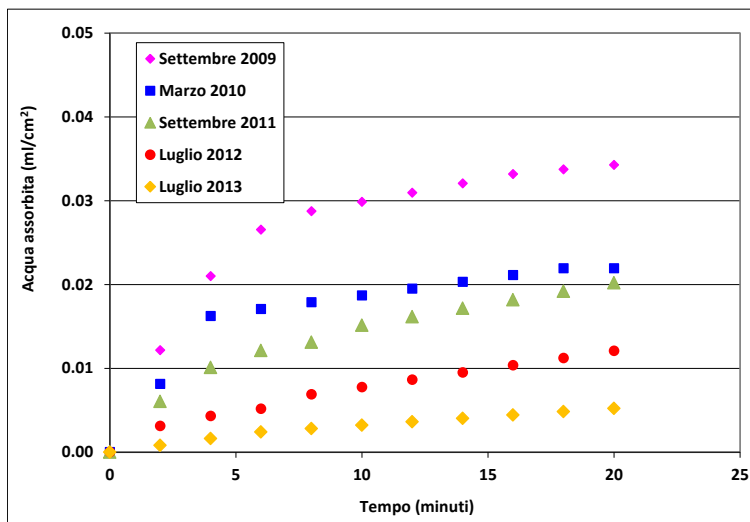


Fig. 3, confronto delle curve di assorbimento d'acqua registrate per l'area P3 dal 2009 al 2013.

Per quanto riguarda il trattamento antiscrittta applicato ai rivestimenti lapidei del basamento, le determinazioni condotte permettono di confermare il mantenimento pressoché inalterato delle prestazioni e della compatibilità cromatica rispetto alle misure effettuate nel corso del precedente monitoraggio (figg. 4 e 5 sottostanti).

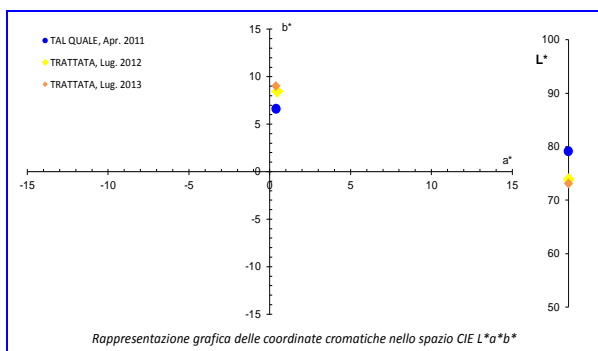


Fig. 5: Area C13, Confronto dei valori cromatici di tristimolo nel corso dei 3 monitoraggi.

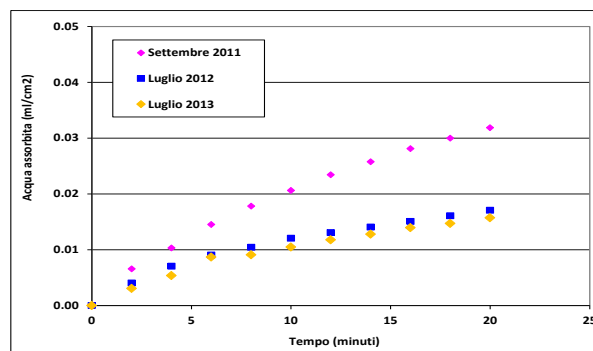


Fig. 5: Area P10, basamento lapideo trattato con antiscrittta. Confronto delle curve di assorbimento d'acqua nei 3 monitoraggi.



ISPEZIONI VISIVE DELLO STATO CONSERVATIVO DEGLI ELEMENTI LAPIDEI

Balaustra superiore

Sulle superfici lapidee della balaustra, soprattutto orizzontali, si segnalano notevoli accumuli di deiezioni, frammenti ossei, tessuti molli e liquidi (probabilmente ematici) animali, riconducibili all'azione del rapace utilizzato per il controllo dei piccioni. Le foto al lato documentano alcuni esempi di quanto osservato nel corso dell'ultimo sopralluogo. Come già sottolineato, la presenza di questi depositi, al di là di un mero deturpamento estetico e a rappresentare un potenziale pericolo sanitario, potrebbe anche innescare processi di degrado a carico dei materiali lapidei legato al rilascio di composti solubili (come nitrati, acidi urici...).

E' inoltre possibile osservare come molte delle stuccature (seppure di tipo elastomerico) poste a copertura dei giunti in piombo tra gli elementi lapidei, siano fessurate, sollevate e frequentemente interessate da lacune (fig. 8). Limitatamente ad una delle stuccature verticali presenti tra la cimasa nord e balaustrino angolare NNO (in corrispondenza dell'area di rilievo colorimetrico C1), viene inoltre riscontrata la formazione di una corposa concrezione bianco rosata (foto 10 a pagina seguente); le indagini spettrofotometriche all'infrarosso condotte permettono di identificare la forma alterativa come costituita prevalentemente da carbonato di calcio e, in minor tenore, carbonato basico di piombo (biacca, verosimilmente derivata da processi di alterazione della sottostante lamina). La comparsa di questa alterazione si ritiene direttamente correlabile alla perdita di tenuta all'acqua tra gli elementi angolari (basamento e palla)



Fig. 6: balaustra superiore, cimasa prospetto sub; si notano i consistenti depositi superficiali



Fig. 8: balaustra superiore, accumuli di resti animali lungo il perimetro calpestabile.



Fig. 9, particolare di sollevamenti e distacchi in corrispondenza di una stuccatura orizzontale.



posti al di sopra del pilastro angolare della balaustra ed alle conseguenti migrazioni di frazioni idrosolubili -dalle stuccature e guaine metalliche interne, ad opera dell'acqua infiltrata durante le precipitazioni meteoriche.

Osservando nuovamente alcune delle fessurazioni a carico delle stuccature sugli elementi verticali della balaustra, evidenziate durante il precedente sopralluogo del



Fig. 7: vista generale della concrezione comparsa tra cimase e pilastro angolare.

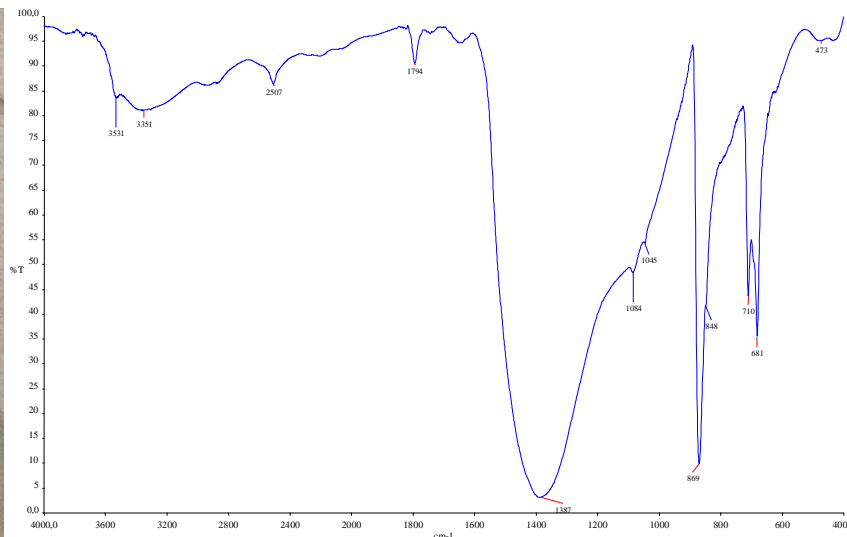


Fig. 11: spettro di trasmittanza FT-IR relativo alla concrezione (foto 10). Si riscontrano i picchi di assorbimento IR relativi al carbonato di calcio e, in minor misura, al carbonato basico di piombo.

2012, non vengono segnalati apprezzabili peggioramenti, ad indicazione della sostanziale stabilità raggiunta dal sistema (cfr foto di confronto sottostanti).



Fig. 8: balaustra superiore, fessurazioni delle stuccature tra le cimase e l'elemento angolare portante, foto di luglio 2012



Fig. 13: balaustra superiore, fessurazioni delle stuccature tra le cimase e l'elemento angolare portante, foto di luglio 2013



Balaustra inferiore

Per quanto riguarda questo elemento architettonico, si segnala la comparsa – probabilmente legata ai recenti episodi tellurici - di alcuni segni di assestamento tra le cimase ed i pilastri angolari. Come possibile notare dalle foto seguenti, il fenomeno è caratterizzato dalla comparsa di fessurazioni e sollevamenti in corrispondenza delle stuccature tra i due elementi architettonici.

Si segnala inoltre la comparsa di ulteriori fenomeni di alterazione particolarmente rilevanti: la deformazione, sollevamento e distacco dal rivestimento lapideo della scossalina realizzata in lamina di piombo. Questo problema legato molto probabilmente a cicli di dilatazione termica particolarmente accentuati del metallo, rappresenta un non trascurabile fattore di pericolo a causa della perdita di tenuta del rivestimento con possibilità di accesso delle acque meteoriche. La problematica risulta particolarmente accentuata nelle porzioni ovest-sud-ovest della balaustra, mentre per le altre esposizioni –almeno per il momento- si segnalano

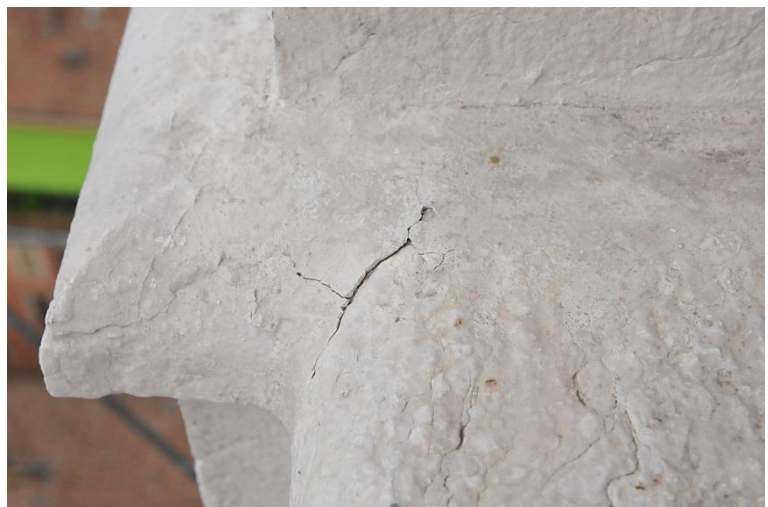


Fig. 14 e15: balaustra inferiore, particolare di alcune fessurazioni sulle stuccature in corrispondenza dei giunti.

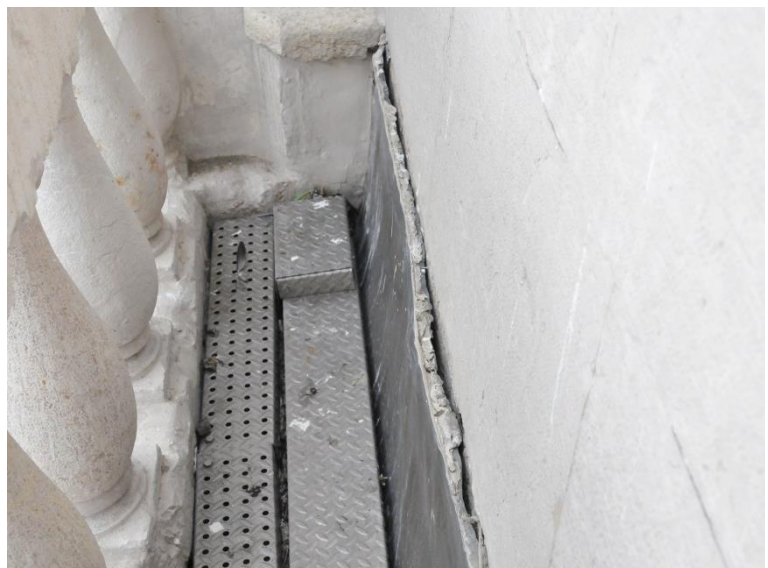


Foto 16: particolare della deformazione e sollevamento della scossalina in piombo posta a coibentazione della balaustra inferiore. Si nota il notevole distacco dal rivestimento lapideo.



solamente fessurazioni lungo la stuccatura tra piombo e rivestimento (vedi foto 17-18).



Foto 17: altro particolare di un sollevamento particolarmente accentuato della scossalina nel prospetto ovest.



Foto 18: particolare di una zona della scossalina del prospetto sud, in cui si osserva la sola fessurazione della stuccatura.

Relativamente al prospetto nord della balaustra ed alle porzioni meno soleggiate, si nota la incipiente comparsa di formazioni microbiologiche, soprattutto alle basi dei balastrini (aree in cui l'umidità permane per maggior tempo, foto sottostante).



Foto 19: basamenti della balaustrata (prospetto nord), si nota la comparsa di microflora.

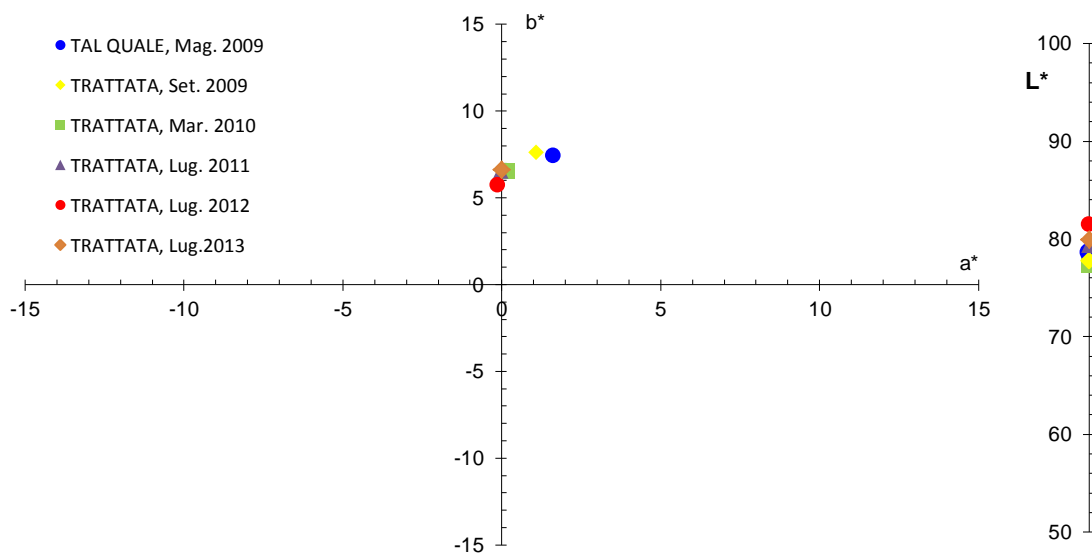


SCHEDE ANALITICHE
VALUTAZIONI EFFETTUATE PRESSO LA BALAUSTR
SUPERIORE



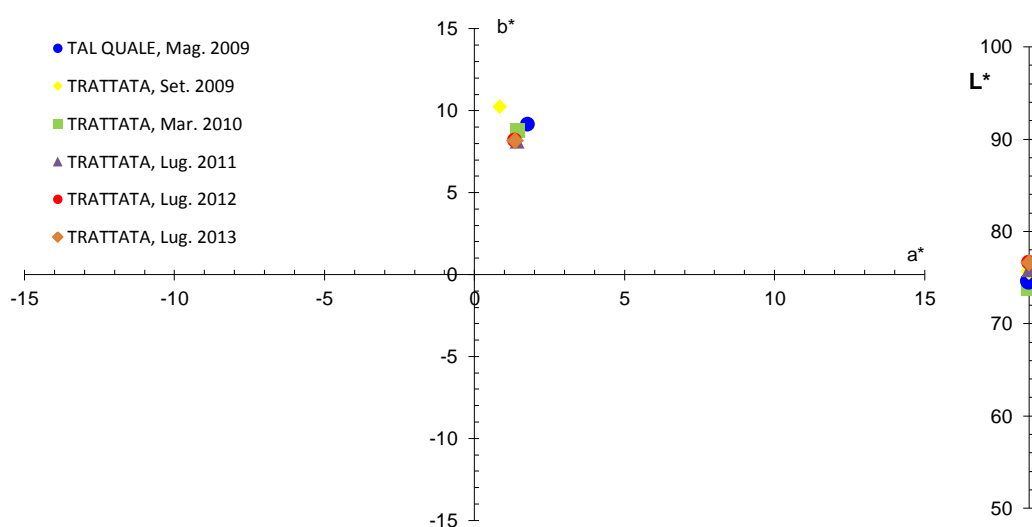
Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C1: Balastra superiore, lato nord**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L*	a*	b*
Superficie tal quale Mag. 2009	1	54.12	0.3285	0.3310	78.53	1.61	7.38
	2	53.83	0.3285	0.3309	78.36	1.64	7.34
	3	54.83	0.3287	0.3312	78.94	1.63	7.51
	Media	54.26	0.3286	0.3310	78.61	1.63	7.41
Superficie trattata Set. 2009	1	52.81	0.3282	0.3320	77.75	1.07	7.60
	2	52.99	0.3284	0.3322	77.86	1.09	7.68
	3	52.81	0.3282	0.3320	77.75	1.07	7.60
	Media	52.87	0.3283	0.3321	77.79	1.08	7.63
Superficie trattata Mar. 2010	1	51.93	0.3245	0.3305	77.23	0.16	6.53
	2	52.03	0.3245	0.3304	77.29	0.16	6.52
	3	51.85	0.3245	0.3304	77.20	0.18	6.51
	Media	51.94	0.3245	0.3304	77.24	0.17	6.52
Superficie trattata Lug. 2011	1	55.48	0.3239	0.3303	79.31	-0.03	6.52
	2	55.77	0.3239	0.3304	79.40	-0.03	6.57
	3	55.67	0.3239	0.3303	79.42	-0.02	6.53
	Media	55.64	0.3239	0.3303	79.38	-0.03	6.54
Superficie trattata Lug. 2012	1	59.24	0.3218	0.3285	81.42	-0.15	5.78
	2	59.28	0.3217	0.3283	81.44	-0.12	5.70
	3	59.34	0.3218	0.3284	81.47	-0.11	5.74
	Media	59.29	0.3218	0.3284	81.44	-0.13	5.74
Superficie trattata Lug. 2013	1	56.46	0.3241	0.3305	79.87	-0.01	6.66
	2	56.59	0.3240	0.3304	79.97	-0.03	6.61
	3	56.55	0.3241	0.3304	79.92	0.02	6.64
	Media	56.53	0.3241	0.3304	79.92	-0.01	6.64

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) **1.01**Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) **2.23**Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$ 

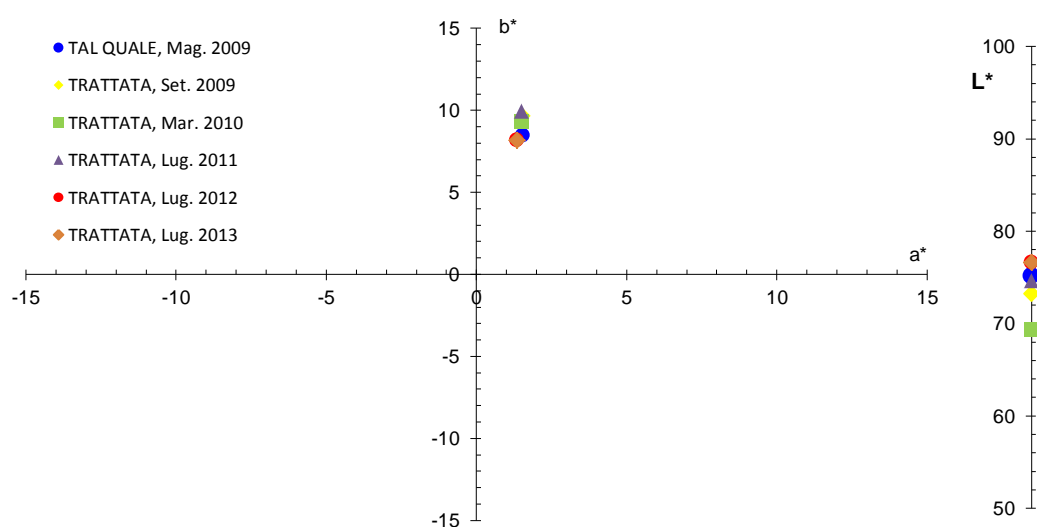
Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C2: Balastra superiore, lato sud**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L*	a*	b*
Superficie tal quale Mag. 2009	1	47.57	0.3336	0.3355	74.54	1.76	9.16
	2	47.54	0.3336	0.3354	74.53	1.83	9.13
	3	47.57	0.3335	0.3355	74.54	1.78	9.14
	Media	47.56	0.3336	0.3355	74.54	1.79	9.14
Superficie trattata Set. 2009	1	49.29	0.3341	0.3386	75.62	0.80	10.25
	2	49.34	0.3342	0.3385	75.65	0.85	10.25
	3	49.40	0.3342	0.3385	75.69	0.87	10.25
	Media	49.34	0.3342	0.3385	75.65	0.84	10.25
Superficie trattata Mar. 2010	1	46.29	0.3325	0.3352	73.73	1.47	8.81
	2	46.10	0.3324	0.3349	73.61	1.54	8.72
	3	46.55	0.3321	0.3350	73.89	1.40	8.70
	Media	46.31	0.3323	0.3350	73.74	1.47	8.74
Superficie trattata Lug. 2011	1	49.58	0.3303	0.3332	75.80	1.43	8.10
	2	49.72	0.3304	0.3333	75.89	1.42	8.13
	3	49.73	0.3304	0.3333	75.90	1.44	8.15
	Media	49.68	0.3304	0.3333	75.86	1.43	8.13
Superficie trattata Lug. 2012	1	59.24	0.3218	0.3285	81.42	-0.15	5.78
	2	59.28	0.3217	0.3283	81.44	-0.12	5.70
	3	59.34	0.3218	0.3284	81.47	-0.11	5.74
	Media	50.89	0.3302	0.3333	76.61	1.34	8.17
Superficie trattata Lug. 2012	1	50.47	0.3310	0.3333	76.35	1.67	8.28
	2	50.55	0.3311	0.3332	76.40	1.73	8.27
	3	50.44	0.3311	0.3332	76.33	1.77	8.27
	Media	50.89	0.3302	0.3333	76.61	1.34	8.17

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) **1.84**Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) **2.33**Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$ 

Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C3: Balaustra superiore, cimasa lato sud**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L*	a*	b*
Superficie tal quale Mag. 2009	1	48.69	0.3315	0.3341	75.25	1.55	8.49
	2	48.39	0.3315	0.3340	75.06	1.54	8.45
	3	48.44	0.3316	0.3341	75.10	1.57	8.48
	Media	48.51	0.3315	0.3341	75.14	1.55	8.47
Superficie trattata Set. 2009	1	45.62	0.3346	0.3372	73.29	1.52	9.67
	2	45.56	0.3348	0.3372	73.26	1.59	9.68
	3	45.44	0.3347	0.3371	73.17	1.57	9.64
	Media	45.54	0.3347	0.3372	73.24	1.56	9.66
Superficie trattata Mar. 2010	1	39.71	0.3347	0.3371	69.26	1.50	9.22
	2	39.85	0.3349	0.3372	69.36	1.53	9.29
	3	39.74	0.3348	0.3372	69.28	1.53	9.27
	Media	39.77	0.3348	0.3372	69.30	1.52	9.26
Superficie trattata Lug. 2011	1	47.74	0.3346	0.3375	74.66	1.49	9.95
	2	47.71	0.3348	0.3375	74.64	1.49	9.94
	3	47.62	0.3349	0.3376	74.58	1.52	9.97
	Media	47.69	0.3348	0.3375	74.63	1.50	9.95
Superficie trattata Lug. 2012	1	53.12	0.3230	0.3268	77.94	1.05	5.20
	2	53.23	0.3229	0.3267	78.01	1.06	5.18
	3	53.31	0.3228	0.3266	78.05	1.08	5.14
	Media	50.89	0.3302	0.3333	76.61	1.34	8.17
Superficie ¹ trattata Lug. 2013	1	48.36	0.3336	0.3353	75.05	1.90	9.14
	2	48.41	0.3337	0.3353	75.08	1.91	9.16
	3	48.39	0.3336	0.3353	75.07	1.88	9.17
	Media	50.89	0.3302	0.3333	76.61	1.34	8.17

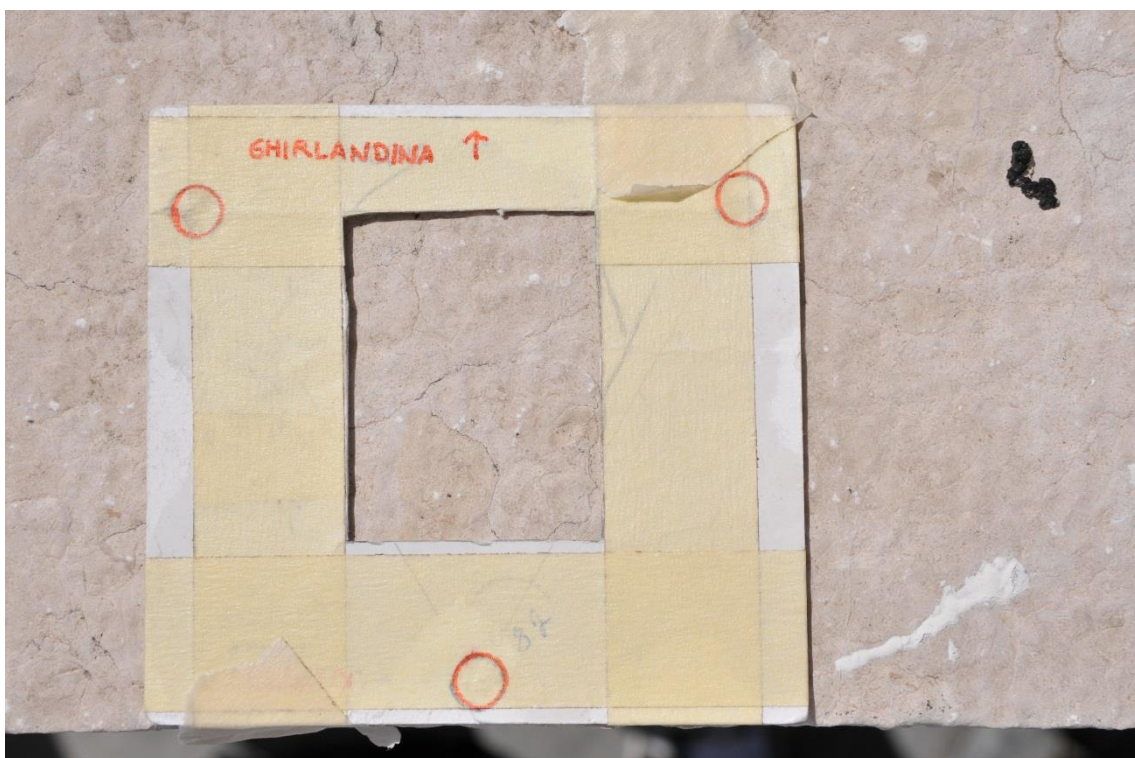
Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) **2.24**Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) **1.52**Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$ **Area AC3: nuovo posizionamento del rilevamento**

1a causa di un accumulo di deiezioni si è reso necessario spostare leggermente l'area di rilievo (vedi foto a pagina seguente)





Vista generale dell'area



Particolare del posizionamento della dima per la collocazione del colorimetro.

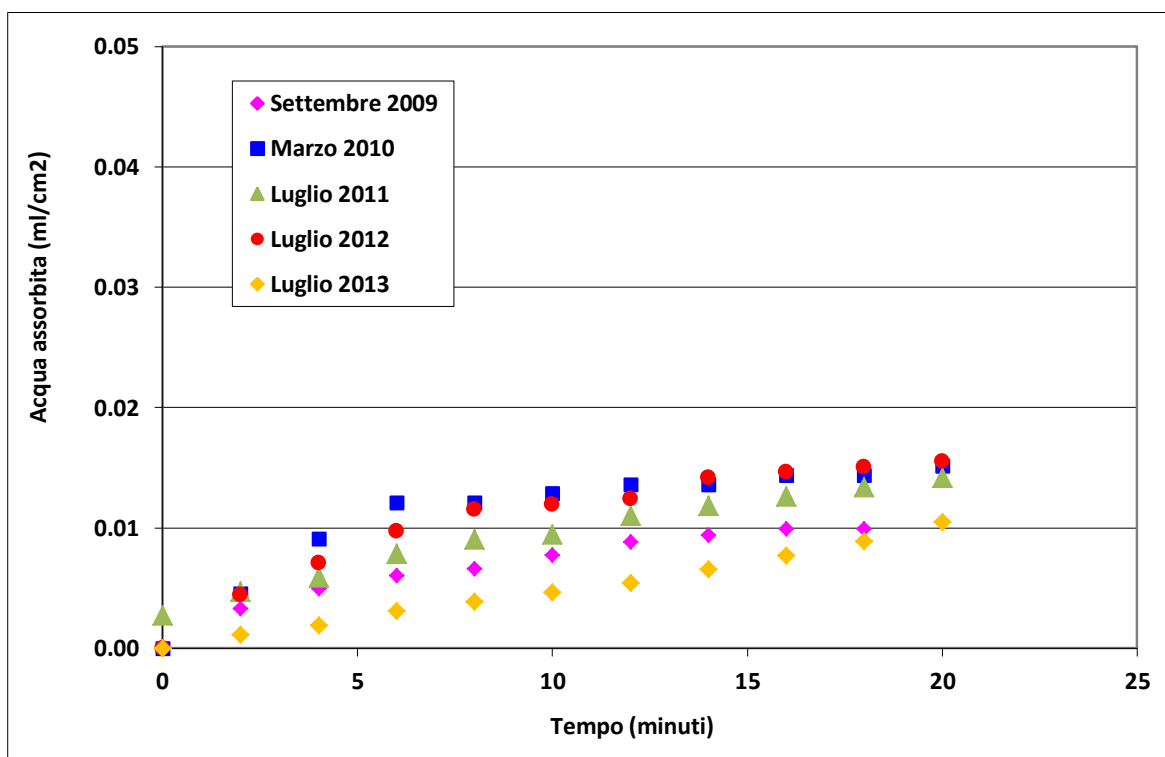


Assorbimento d'acqua a bassa pressione

Modena - Torre della Ghirlandina

Area P1 - Balaustra superiore, prospetto nord

Tempo (min)	Settembre 2009 Sup. trattata		Marzo 2010 Sup. trattata		Luglio 2011 Sup. trattata		Luglio 2012 Sup. trattata		Luglio 2013 Sup. trattata	
	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)
0	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.018	0.0028	0.000	0.0000	0.000	0.0000
2	0.015	0.0033	0.030	0.0045	0.030	0.0047	0.025	0.0044	0.008	0.0012
4	0.023	0.0050	0.060	0.0091	0.038	0.0059	0.040	0.0071	0.013	0.0019
6	0.028	0.0061	0.080	0.0121	0.050	0.0079	0.055	0.0098	0.020	0.0031
8	0.030	0.0066	0.080	0.0121	0.058	0.0091	0.065	0.0115	0.025	0.0039
10	0.035	0.0077	0.085	0.0129	0.060	0.0095	0.068	0.0120	0.030	0.0046
12	0.040	0.0088	0.090	0.0136	0.070	0.0110	0.070	0.0124	0.035	0.0054
14	0.043	0.0094	0.090	0.0136	0.075	0.0118	0.080	0.0142	0.043	0.0066
16	0.045	0.0099	0.095	0.0144	0.080	0.0126	0.083	0.0146	0.050	0.0077
18	0.045	0.0099	0.095	0.0144	0.085	0.0134	0.085	0.0151	0.058	0.0089
20	0.048	0.0105	0.100	0.0151	0.090	0.0142	0.088	0.0155	0.068	0.0105

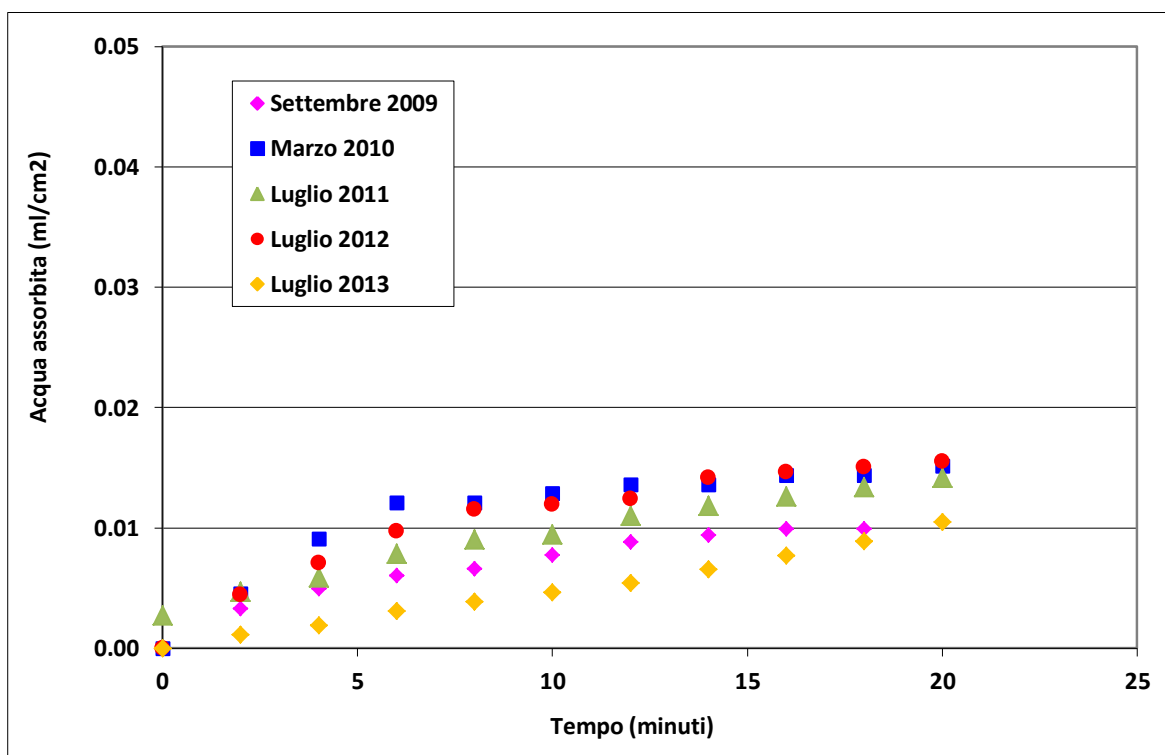


Assorbimento d'acqua a bassa pressione




Modena - Torre della Ghirlandina

Area P1 - Balaustra superiore, prospetto nord

Tempo (min)	Settembre 2009 Sup. trattata		Marzo 2010 Sup. trattata		Luglio 2011 Sup. trattata		Luglio 2012 Sup. trattata		Luglio 2013 Sup. trattata	
	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)
0	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.018	0.0028	0.000	0.0000	0.000	0.0000
2	0.015	0.0033	0.030	0.0045	0.030	0.0047	0.025	0.0044	0.008	0.0012
4	0.023	0.0050	0.060	0.0091	0.038	0.0059	0.040	0.0071	0.013	0.0019
6	0.028	0.0061	0.080	0.0121	0.050	0.0079	0.055	0.0098	0.020	0.0031
8	0.030	0.0066	0.080	0.0121	0.058	0.0091	0.065	0.0115	0.025	0.0039
10	0.035	0.0077	0.085	0.0129	0.060	0.0095	0.068	0.0120	0.030	0.0046
12	0.040	0.0088	0.090	0.0136	0.070	0.0110	0.070	0.0124	0.035	0.0054
14	0.043	0.0094	0.090	0.0136	0.075	0.0118	0.080	0.0142	0.043	0.0066
16	0.045	0.0099	0.095	0.0144	0.080	0.0126	0.083	0.0146	0.050	0.0077
18	0.045	0.0099	0.095	0.0144	0.085	0.0134	0.085	0.0151	0.058	0.0089
20	0.048	0.0105	0.100	0.0151	0.090	0.0142	0.088	0.0155	0.068	0.0105



Valutazioni di idrorepellenza mediante misure di angolo di contatto
(Rif. Normativo NorMaL 33/89)
Area AC1 - Balastra superiore, prospetto sud (luglio 2013)




Foto d'esempio	Misura	Dimensioni relative goccia		Angolo di contatto (°)
		Altezza (h)	Base (d)	
	1	13	50	56
	2	16	40	77
	3	14	44	65
	4	11	47	50
	5	15	45	66
	6	12	46	54
	7	16	52	65
	8	13	41	64
	9	13	45	60
	10	13	48	55
	11	13	43	63
	12	13	39	66
	13	12	51	50
	14	18	49	71
	15	14	44	63

Angolo di contatto medio (°) 62

Deviazione standard (°) 8



Valutazioni di idrorepellenza mediante misure di angolo di contatto
(Rif. Normativo NorMaL 33/89)
Area AC2 - Balaustra superiore, prospetto nord (luglio 2013)

Foto d'esempio	Misura	Dimensioni relative goccia		Angolo di contatto (°)
		Altezza (h)	Base (d)	
	1	17	39	80
	2	11	40	58
	3	12	37	65
	4	11	47	48
	5	6	30	44
	6	5	42	27
	7	9	38	52
	8	11	36	62
	9	10	42	50
	10	10	40	55
	11	7	34	46
	12	9	36	52
	13	9	47	41
	14	12	39	63
	15	10	36	57

Angolo di contatto medio (°) 53

Deviazione standard (°) 12



SCHEDE ANALITICHE
VALUTAZIONI EFFETTUATE PRESSO LA BALAUSTR
INFERIORE

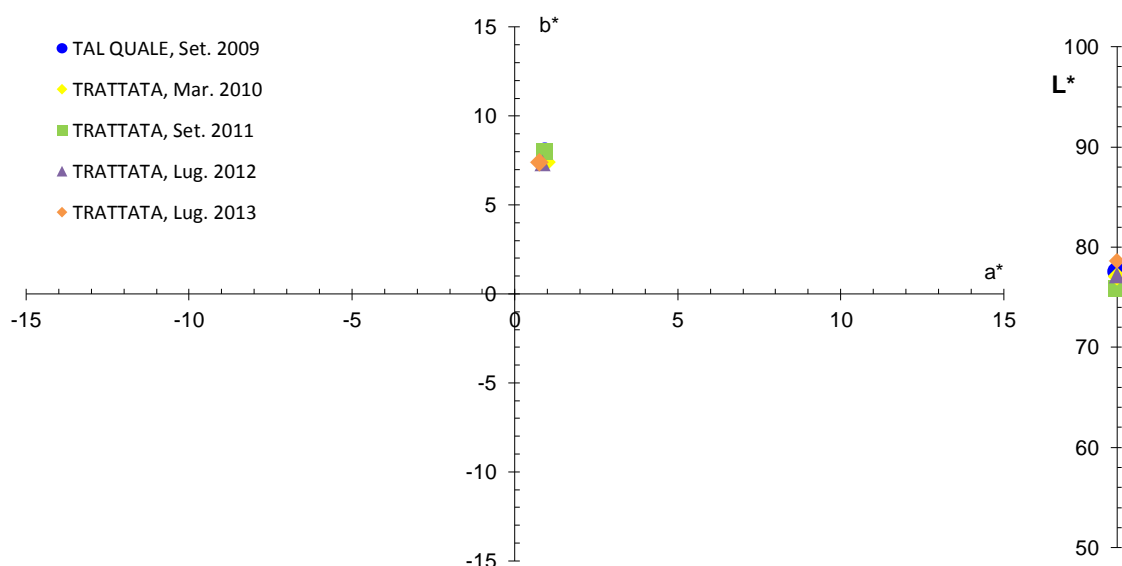


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C4: Balaustra inferiore, rivestimento cuspidato lato sud**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L*	a*	b*
Superficie tal quale Set. 2009	1	52.48	0.3289	0.3330	77.56	0.93	7.99
	2	52.42	0.3290	0.3332	77.53	0.94	8.06
	3	52.28	0.3290	0.3331	77.44	0.96	8.03
	Media	52.39	0.3290	0.3331	77.51	0.94	8.03
Superficie trattata Mar. 2010	1	51.70	0.3279	0.3318	77.10	1.03	7.42
	2	51.67	0.3279	0.3318	77.08	1.01	7.42
	3	51.61	0.3278	0.3318	77.04	0.99	7.39
	Media	51.66	0.3279	0.3318	77.07	1.01	7.41
Superficie trattata Set. 2011	1	49.52	0.3292	0.3333	75.77	0.93	7.97
	2	49.55	0.3291	0.3333	75.78	0.91	7.93
	3	49.50	0.3293	0.3333	75.75	0.95	7.96
	Media	49.52	0.3292	0.3333	75.77	0.93	7.95
Superficie trattata Lug. 2012	1	51.88	0.3274	0.3318	77.20	0.81	7.37
	2	51.92	0.3274	0.3317	77.22	0.85	7.35
	3	51.87	0.3275	0.3317	77.20	0.89	7.34
	Media	51.89	0.3274	0.3317	77.21	0.85	7.35
Superficie trattata Lug. 2013	1	54.24	0.3270	0.3316	78.60	0.76	7.34
	2	54.17	0.3271	0.3317	78.56	0.76	7.38
	3	54.29	0.3271	0.3316	78.63	0.77	7.38
	Media	54.23	0.3271	0.3316	78.60	0.76	7.37

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 0.76

Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) 1.28



Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$

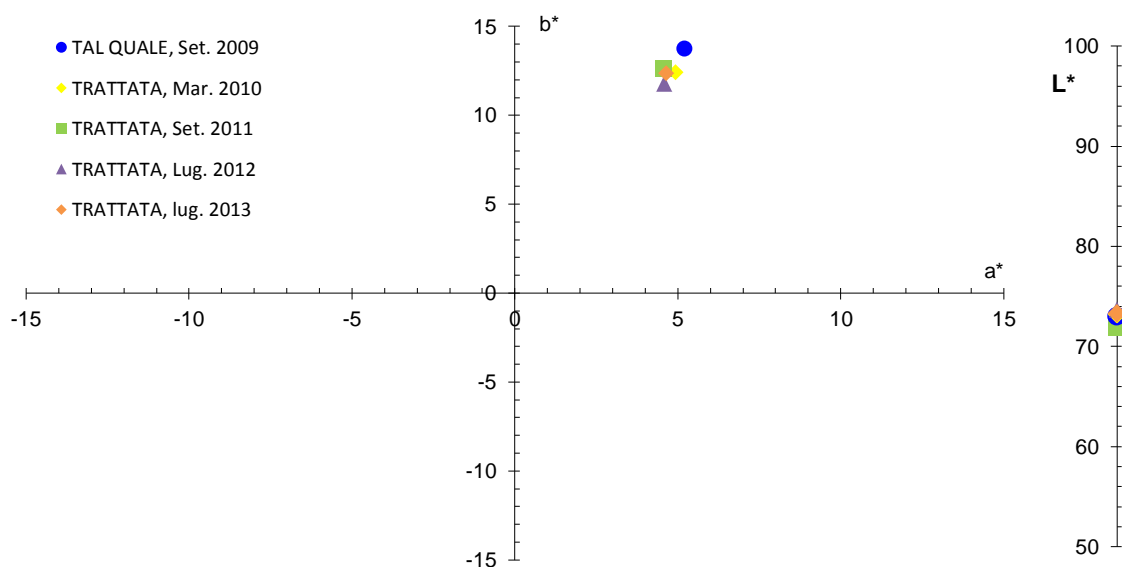


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C5: Balaustra inferiore, rivestimento cuspidato lato sud**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L^*	a^*	b^*
Superficie tal quale Set. 2009	1	45.11	0.3507	0.3434	72.96	5.24	13.81
	2	45.26	0.3506	0.3433	73.06	5.22	13.78
	3	44.85	0.3503	0.3430	72.79	5.20	13.62
	Media	45.07	0.3505	0.3432	72.94	5.22	13.74
Superficie trattata Mar. 2010	1	45.56	0.3467	0.3404	73.26	4.88	12.39
	2	45.45	0.3471	0.3406	73.18	4.95	12.48
	3	45.47	0.3469	0.3404	73.19	4.96	12.40
	Media	45.49	0.3469	0.3405	73.21	4.93	12.42
Superficie trattata Set. 2011	1	43.46	0.3471	0.3416	71.86	4.53	12.58
	2	43.53	0.3473	0.3415	71.91	4.60	12.60
	3	43.48	0.3474	0.3415	71.87	4.64	12.61
	Media	43.49	0.3473	0.3415	71.88	4.59	12.60
Superficie trattata Lug. 2012	1	46.05	0.3448	0.3394	73.57	4.60	11.84
	2	46.23	0.3446	0.3392	73.69	4.58	11.79
	3	46.24	0.3445	0.3391	73.69	4.59	11.74
	Media	46.17	0.3446	0.3392	73.65	4.59	11.79
Superficie trattata Lug. 2013	1	45.62	0.3462	0.3405	73.29	4.65	12.34
	2	45.49	0.3465	0.3407	73.21	4.68	12.42
	3	45.62	0.3461	0.3405	73.29	4.60	12.32
	Media	45.58	0.3463	0.3406	73.26	4.64	12.36

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 1.37

Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) 1.53



Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$

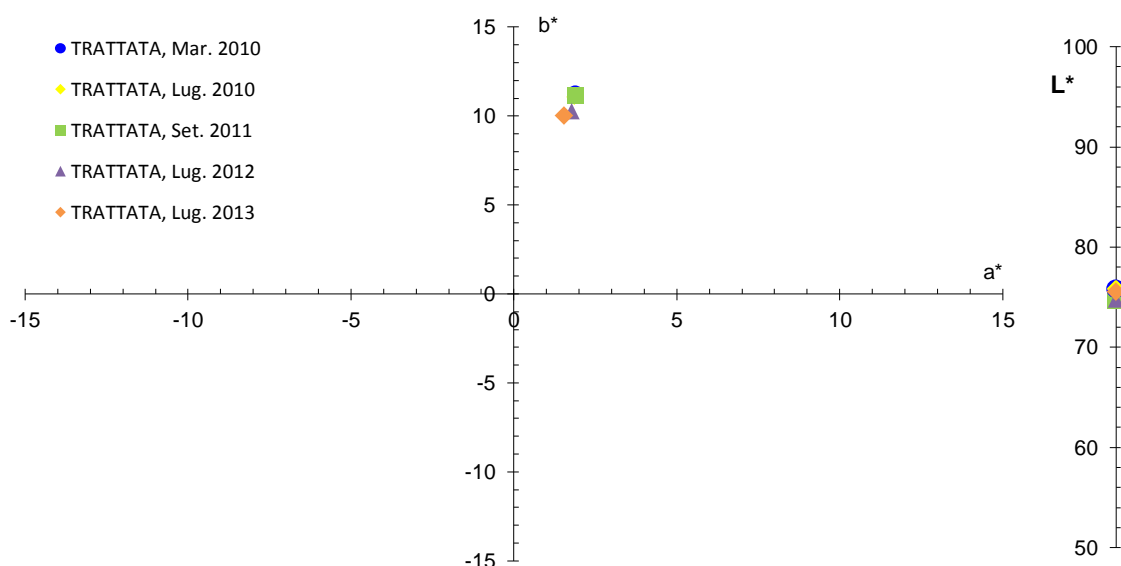


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C6: Balaustra inferiore, rivestimento cuspidato lato nord**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L*	a*	b*
Superficie trattata Mar. 2010	1	49.55	0.3381	0.3398	75.79	1.91	11.24
	2	49.53	0.3380	0.3398	75.77	1.88	11.23
	3	49.42	0.3382	0.3399	75.71	1.89	11.28
	Media	49.50	0.3381	0.3398	75.76	1.89	11.25
Superficie trattata Lug. 2010	1	49.89	0.3376	0.3395	76.00	1.84	11.12
	2	49.65	0.3376	0.3394	75.58	1.84	11.04
	3	49.78	0.3376	0.3394	75.93	1.88	11.06
	Media	49.77	0.3376	0.3394	75.84	1.85	11.07
Superficie trattata Set. 2011	1	47.70	0.3382	0.3398	74.63	1.89	11.11
	2	47.34	0.3384	0.3400	74.40	1.92	11.15
	3	47.70	0.3382	0.3398	74.63	1.93	11.10
	Media	47.58	0.3383	0.3399	74.55	1.91	11.12
Superficie trattata Lug. 2012	1	47.90	0.3360	0.3381	74.76	1.75	10.29
	2	47.91	0.3361	0.3380	74.76	1.82	10.28
	3	47.93	0.3360	0.3380	74.78	1.80	10.27
	Media	47.91	0.3360	0.3380	74.77	1.79	10.28
Superficie trattata Lug. 2013	1	49.02	0.3347	0.3374	75.46	1.52	9.98
	2	49.11	0.3348	0.3374	75.51	1.54	10.01
	3	49.20	0.3348	0.3374	75.57	1.55	10.00
	Media	49.11	0.3348	0.3374	75.51	1.54	10.00

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 0.20

Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) 1.33



Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$

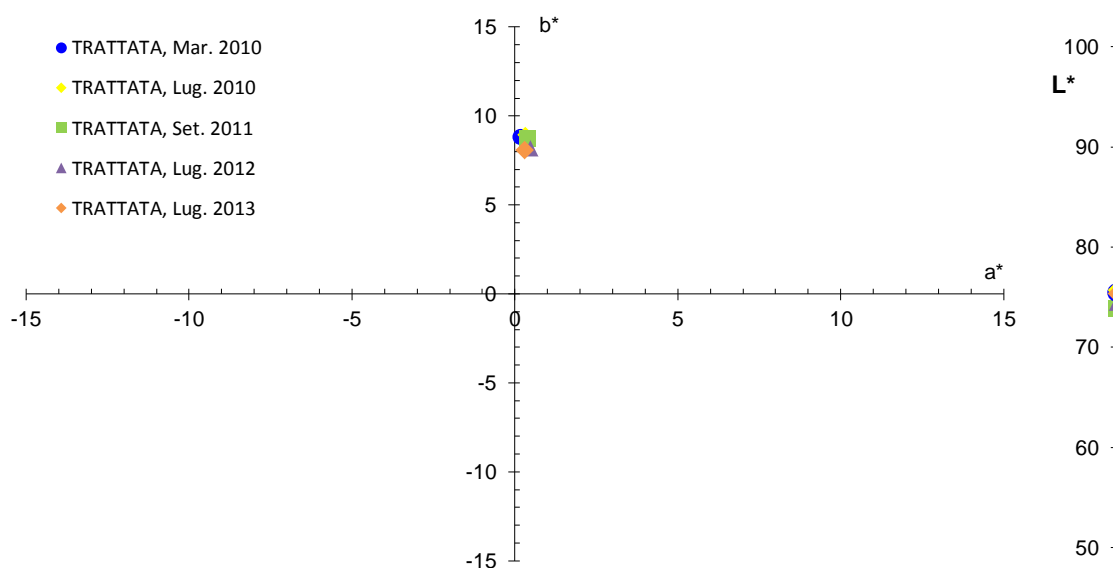


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C7: Balaustra inferiore, rivestimento cuspidato lato nord**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L*	a*	b*
Superficie trattata Mar. 2010	1	49.15	0.3298	0.3359	75.54	0.17	8.79
	2	48.89	0.3299	0.3358	75.38	0.22	8.79
	3	48.84	0.3298	0.3358	75.34	0.18	8.77
	Media	48.96	0.3298	0.3358	75.42	0.19	8.78
Superficie trattata Lug. 2010	1	49.35	0.3304	0.3361	75.67	0.31	8.95
	2	49.41	0.3303	0.3360	75.70	0.30	8.92
	3	49.42	0.3304	0.3360	75.71	0.35	8.96
	Media	49.39	0.3304	0.3360	75.69	0.32	8.94
Superficie trattata Set. 2011	1	46.39	0.3304	0.3358	73.79	0.41	8.68
	2	46.52	0.3305	0.3359	73.87	0.40	8.74
	3	46.34	0.3304	0.3359	73.76	0.39	8.74
	Media	46.42	0.3304	0.3359	73.81	0.40	8.72
Superficie trattata Lug. 2012	1	47.33	0.3292	0.3344	74.40	0.48	8.18
	2	47.40	0.3292	0.3345	74.44	0.47	8.20
	3	47.42	0.3292	0.3344	74.45	0.50	8.19
	Media	47.38	0.3292	0.3344	74.43	0.48	8.19
Superficie trattata Lug. 2013	1	48.82	0.3285	0.3341	75.33	0.32	8.07
	2	48.89	0.3285	0.3342	75.38	0.31	8.09
	3	48.87	0.3285	0.3341	75.36	0.31	8.07
	Media	48.86	0.3285	0.3341	75.36	0.31	8.08

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 0.34

Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) 0.72



Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$

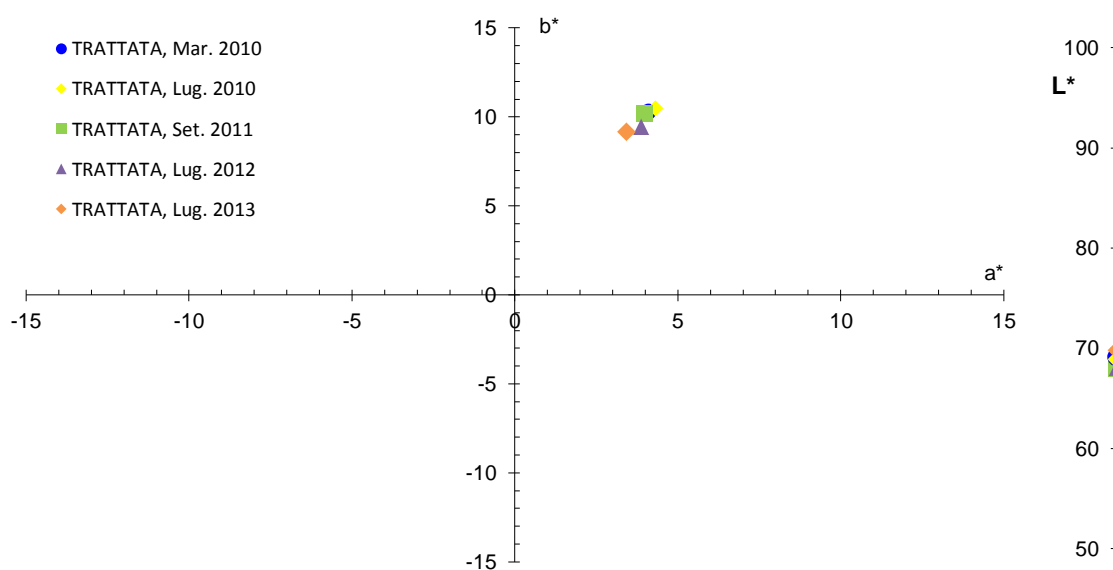


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C8: Balaustra inferiore, rivestimento cuspidato lato nord**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L*	a*	b*
Superficie trattata Mar. 2010	1	39.08	0.3420	0.3372	68.81	4.11	10.23
	2	39.59	0.3423	0.3375	69.17	4.14	10.36
	3	39.52	0.3419	0.3372	69.12	4.09	10.25
	Media	39.40	0.3421	0.3373	69.03	4.11	10.28
Superficie trattata Lug. 2010	1	39.22	0.3429	0.3377	68.91	4.29	10.49
	2	39.13	0.3431	0.3377	68.84	4.34	10.52
	3	39.23	0.3429	0.3375	68.91	4.31	10.45
	Media	39.19	0.3430	0.3376	68.89	4.31	10.49
Superficie trattata Set. 2011	1	37.78	0.3416	0.3372	67.85	3.95	10.05
	2	37.82	0.3422	0.3375	67.88	4.03	10.21
	3	37.93	0.3423	0.3376	67.96	4.04	10.25
	Media	37.84	0.3420	0.3374	67.90	4.01	10.17
Superficie trattata Lug. 2012	1	37.93	0.3400	0.3358	67.96	3.88	9.44
	2	38.08	0.3400	0.3358	68.04	3.90	9.46
	3	38.04	0.3399	0.3357	68.04	3.90	9.42
	Media	38.02	0.3400	0.3358	68.01	3.89	9.44
Superficie trattata Lug. 2013	1	40.34	0.3378	0.3350	69.70	3.43	9.12
	2	40.54	0.3378	0.3350	69.85	3.42	9.14
	3	40.46	0.3378	0.3350	69.79	3.45	9.14
	Media	40.45	0.3378	0.3350	69.78	3.43	9.13

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 0.32

Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) 1.53

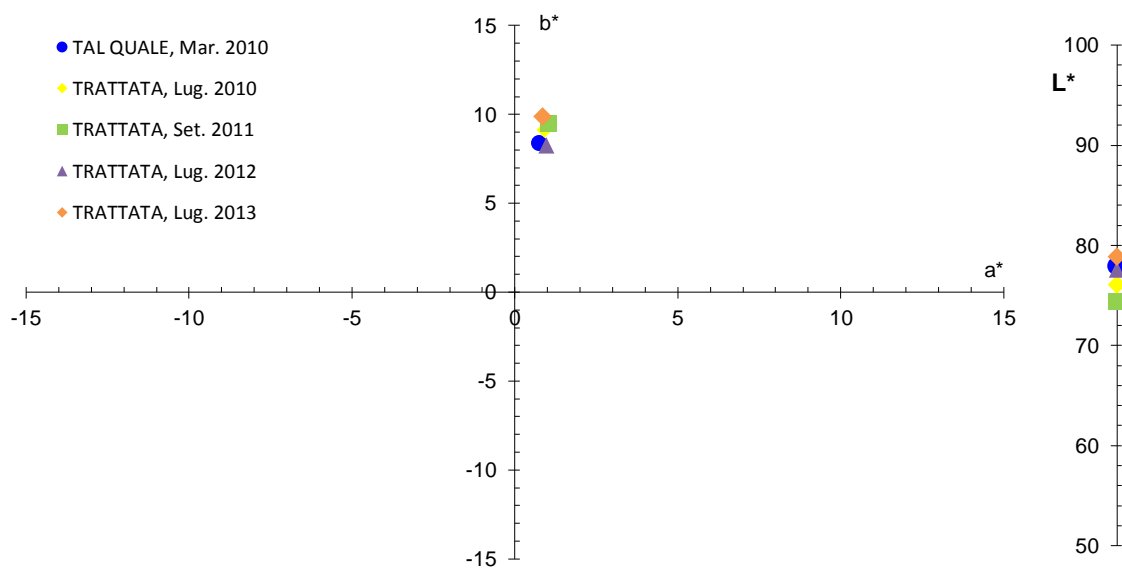


Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$



Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C9: Balaustra inferiore, superficie cimasa lato nord**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L*	a*	b*
Superficie Tal quale Mar. 2010	1	53.34	0.3292	0.3338	78.07	0.75	8.31
	2	52.88	0.3294	0.3339	77.80	0.76	8.36
	3	52.78	0.3294	0.3340	77.74	0.76	8.36
	Media	53.00	0.3293	0.3339	77.87	0.76	8.34
Superficie trattata Lug. 2010	1	50.00	0.3316	0.3358	76.06	0.88	9.10
	2	50.11	0.3317	0.3359	76.13	0.92	9.14
	3	50.00	0.3317	0.3359	76.06	0.92	9.15
	Media	50.04	0.3317	0.3359	76.08	0.91	9.13
Superficie trattata Set. 2011	1	47.22	0.3328	0.3366	74.32	1.05	9.34
	2	47.25	0.3331	0.3370	74.35	1.04	9.48
	3	47.19	0.3331	0.3369	74.31	1.07	9.48
	Media	47.22	0.3330	0.3368	74.33	1.05	9.43
Superficie trattata Lug. 2012	1	52.43	0.3295	0.3335	77.53	1.01	8.23
	2	52.50	0.3295	0.3336	77.57	0.97	8.25
	3	52.57	0.3295	0.3335	77.62	0.97	8.23
	Media	52.50	0.3295	0.3335	77.57	0.98	8.24
Superficie trattata Lug. 2013	1	54.57	0.3325	0.3369	78.79	0.86	9.85
	2	54.64	0.3325	0.3370	78.83	0.84	9.87
	3	54.70	0.3325	0.3369	78.86	0.88	9.85
	Media	54.64	0.3325	0.3369	78.83	0.86	9.86

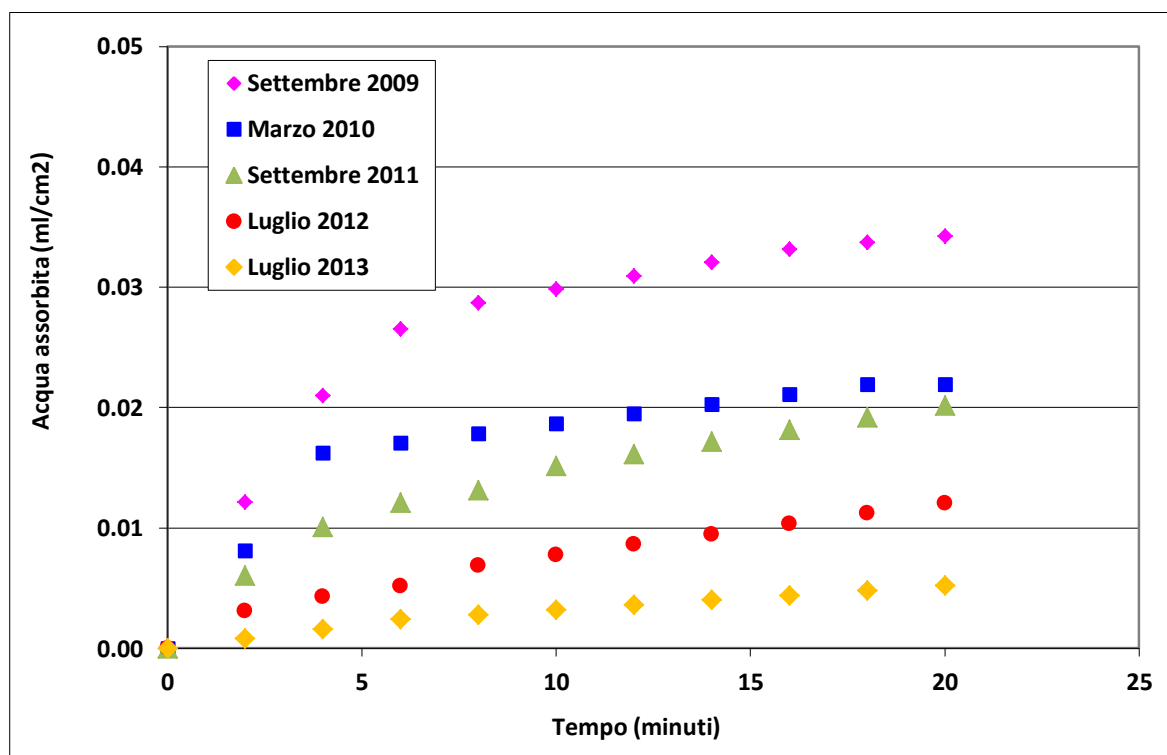
Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 1.96Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) 1.79Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$ 

Assorbimento d'acqua a bassa pressione

Modena - Torre della Ghirlandina

Area P3 - Balastra inferiore , rivestimento cuspidato lato sud

Tempo (min)	Settembre 2009, Sup. tal quale		Marzo 2010 Sup. trattata		Settembre 2011 Sup. trattata		Luglio 2012 Sup. trattata		Luglio 2013 Sup. trattata	
	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)
0	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.000	0.0000
2	0.055	0.0122	0.050	0.0081	0.038	0.0061	0.018	0.0031	0.005	0.0008
4	0.095	0.0210	0.100	0.0162	0.063	0.0101	0.025	0.0043	0.010	0.0016
6	0.120	0.0265	0.105	0.0171	0.075	0.0121	0.030	0.0052	0.015	0.0024
8	0.130	0.0287	0.110	0.0179	0.081	0.0131	0.040	0.0069	0.018	0.0028
10	0.135	0.0298	0.115	0.0187	0.094	0.0151	0.045	0.0078	0.020	0.0032
12	0.140	0.0309	0.120	0.0195	0.100	0.0162	0.050	0.0086	0.023	0.0036
14	0.145	0.0321	0.125	0.0203	0.106	0.0172	0.055	0.0095	0.025	0.0040
16	0.150	0.0332	0.130	0.0211	0.113	0.0182	0.060	0.0103	0.028	0.0044
18	0.153	0.0337	0.135	0.0219	0.119	0.0192	0.065	0.0112	0.030	0.0048
20	0.155	0.0343	0.135	0.0219	0.125	0.0202	0.070	0.0121	0.033	0.0052

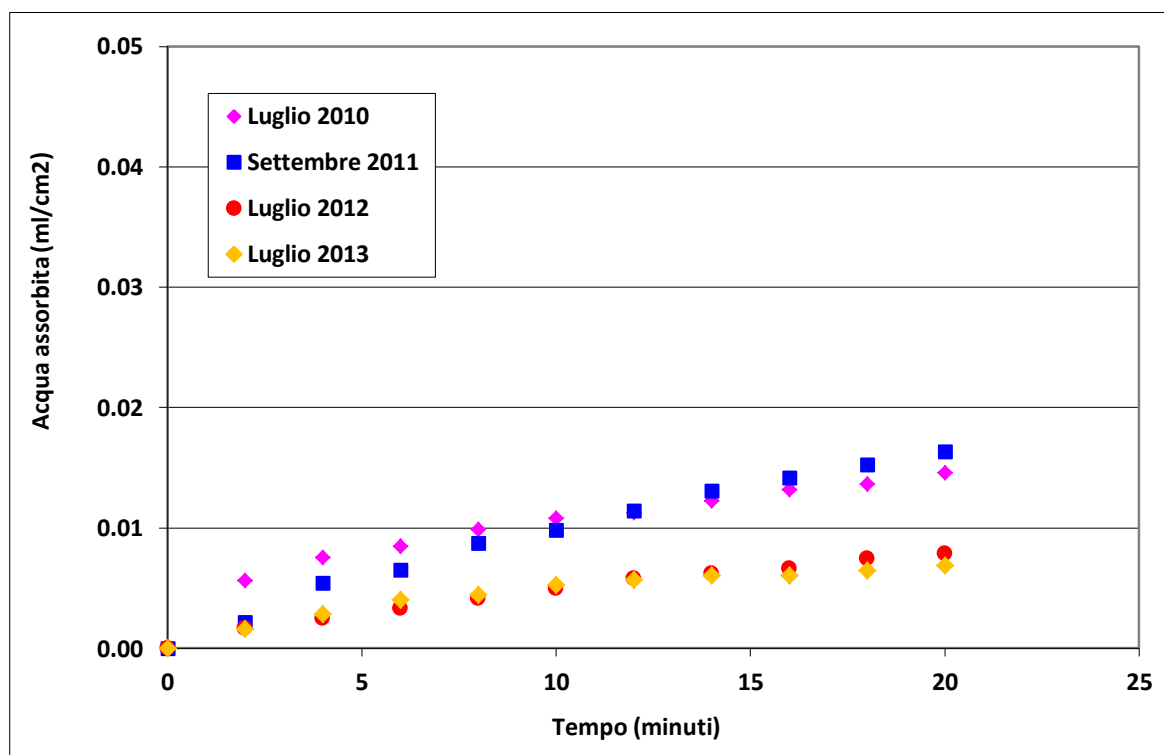


Assorbimento d'acqua a bassa pressione




Modena - Torre della Ghirlandina

Area P4 - Balaustra inferiore - basamento pinnacolo prospetto nord

Tempo (min)	Luglio 2010, Sup. trattata		Settembre 2011 Sup. trattata		Luglio 2012 Sup. trattata		Luglio 2013 Sup. trattata	
	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorb. (ml)	Assorb. (ml/cm ²)
0	0.000	0.00000	0.000	0.00000	0.000	0.00000	0.000	0.00000
2	0.030	0.00565	0.010	0.00218	0.010	0.00166	0.010	0.00162
4	0.040	0.00753	0.025	0.00545	0.015	0.00249	0.018	0.00284
6	0.045	0.00848	0.030	0.00654	0.020	0.00332	0.025	0.00405
8	0.053	0.00989	0.040	0.00872	0.025	0.00415	0.028	0.00446
10	0.058	0.01083	0.045	0.00981	0.030	0.00498	0.033	0.00527
12	0.060	0.01130	0.053	0.01145	0.035	0.00580	0.035	0.00567
14	0.065	0.01224	0.060	0.01308	0.038	0.00622	0.038	0.00608
16	0.070	0.01318	0.065	0.01417	0.040	0.00663	0.038	0.00608
18	0.073	0.01366	0.070	0.01526	0.045	0.00746	0.040	0.00648
20	0.078	0.01460	0.075	0.01635	0.048	0.00788	0.043	0.00689



Valutazioni di idrorepellenza mediante misure di angolo di contatto
(Rif. Normativo NorMaL 33/89)
Area AC3 - Balastra inferiore, cimasa prospetto nord (luglio 2013)



Foto d'esempio	Misura	Dimensioni relative goccia		Angolo di contatto (°)
		Altezza (h)	Base (d)	
	1	23	35	104
	2	25	32	115
	3	23	30	113
	4	24	31	114
	5	25	38	105
	6	26	46	96
	7	22	35	104
	8	24	33	112
	9	22	32	109
	10	23	38	102
	11	21	30	108
	12	20	35	99
	13	25	46	94
	14	22	35	103
	15	21	33	104

Angolo di contatto medio (°) 106

Deviazione standard (°) 6



Valutazioni di idrorepellenza mediante misure di angolo di contatto
(Rif. Normativo NorMaL 33/89)
Area AC3s - Balaustra inferiore, cimasa prospetto sud (luglio 2013)

Foto d'esempio	Misura	Dimensioni relative goccia		Angolo di contatto (°)
		Altezza (h)	Base (d)	
	1	19	34	97
	2	15	30	92
	3	16	34	87
	4	18	32	96
	5	19	34	96
	6	19	31	102
	7	20	30	105
	13	18	34	92
	14	17	35	90
	15	18	37	89

Angolo di contatto medio (°) 95

Deviazione standard (°) 6

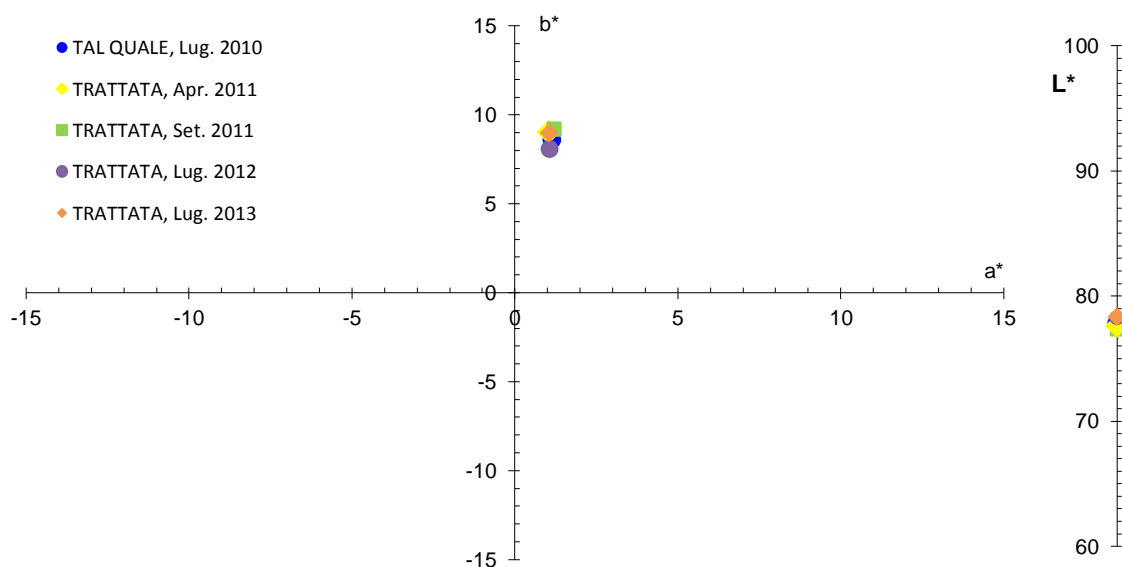


SCHEDE ANALITICHE
VALUTAZIONI EFFETTUATE PRESSO I RIVESTIMENTI
ESTERNI
DELLA CELLA CAMPANARIA



Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C10: Cella Campanaria, stipite esterno lato sud**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L^*	a^*	b^*
Superficie Tal quale Lug. 2010	1	52.77	0.3305	0.3342	77.73	1.14	8.61
	2	52.87	0.3305	0.3342	77.79	1.15	8.61
	3	52.84	0.3304	0.3340	77.78	1.18	8.54
	Media	52.83	0.3305	0.3341	77.77	1.16	8.59
Superficie trattata Apr. 2011	1	52.68	0.3314	0.3353	77.68	1.01	9.08
	2	52.59	0.3313	0.3352	77.63	1.04	9.03
	3	52.50	0.3313	0.3352	77.57	1.06	9.01
	Media	52.59	0.3313	0.3352	77.63	1.04	9.04
Superficie trattata Set. 2011	1	52.47	0.3320	0.3355	77.56	1.20	9.20
	2	52.32	0.3319	0.3355	77.47	1.18	9.18
	3	51.77	0.3322	0.3357	77.14	1.20	9.25
	Media	52.19	0.3320	0.3356	77.39	1.19	9.21
Superficie trattata Lug. 2012	1	53.67	0.3291	0.3330	78.26	1.06	8.08
	2	53.67	0.3292	0.3330	78.26	1.08	8.08
	3	53.69	0.3292	0.3329	78.28	1.11	8.07
	Media	53.68	0.3292	0.3330	78.27	1.08	8.08
Superficie trattata Lug. 2013	1	53.69	0.3310	0.3349	78.28	1.05	8.96
	2	53.79	0.3310	0.3349	78.33	1.05	8.97
	3	53.81	0.3310	0.3349	78.35	1.08	8.95
	Media	53.76	0.3310	0.3349	78.32	1.06	8.96

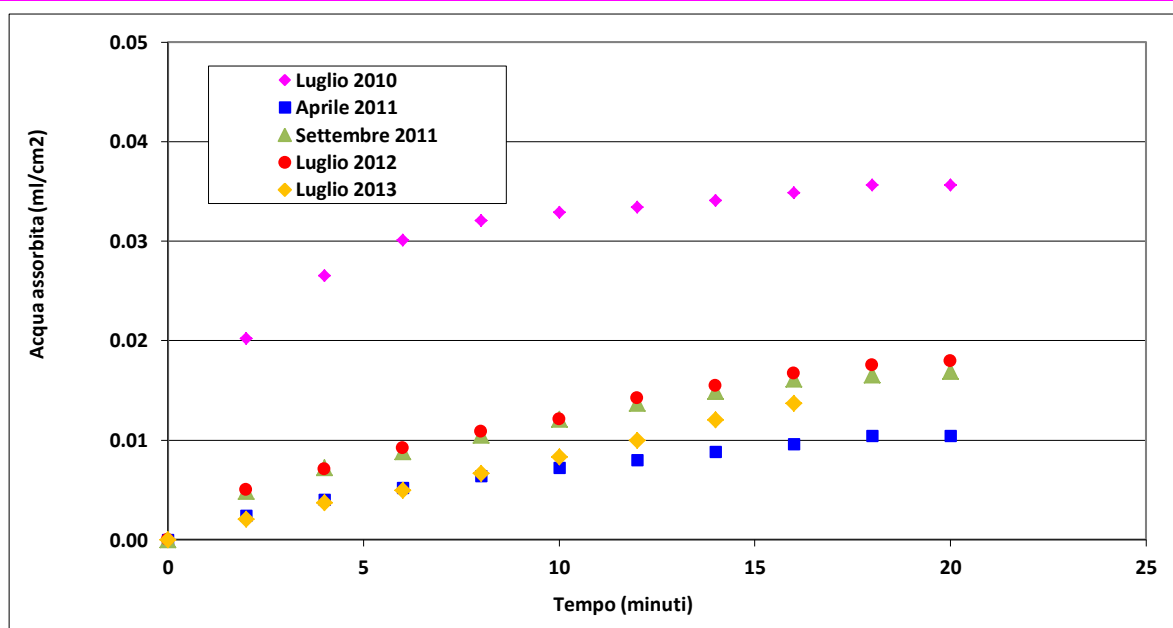
Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) **0.49**Variazione cromatica complessiva superficie tal quale/Lug. 2013 (ΔE) **0.67**Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$ 

Assorbimento d'acqua a bassa pressione

Modena - Torre della Ghirlandina

Campione P5 - Cella campanaria, rivestimento lapideo esterno prospetto sud

Tempo (min)	Luglio 2010, Sup. tal quale		Aprile 2011 Sup. trattata		Settembre 2011 Sup. trattata		Luglio 2012 Sup. trattata		Luglio 2012 Sup. trattata	
	Acqua assorbita (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorbita (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorbita (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorbita (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorbita (ml)	Assorb. (ml/cm ²)
0	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.128	0.020	0.015	0.0024	0.030	0.005	0.030	0.005	0.013	0.002
4	0.168	0.027	0.025	0.0040	0.045	0.007	0.043	0.007	0.023	0.004
6	0.190	0.030	0.033	0.0052	0.055	0.009	0.055	0.009	0.030	0.005
8	0.203	0.032	0.040	0.0064	0.065	0.010	0.065	0.011	0.040	0.007
10	0.208	0.033	0.045	0.0072	0.075	0.012	0.073	0.012	0.050	0.008
12	0.211	0.033	0.050	0.0080	0.085	0.014	0.085	0.014	0.060	0.010
14	0.215	0.034	0.055	0.0088	0.093	0.015	0.093	0.015	0.073	0.012
16	0.220	0.035	0.060	0.0096	0.100	0.016	0.100	0.017	0.083	0.014
18	0.225	0.036	0.065	0.0104	0.103	0.017	0.105	0.018	-	-
20	0.225	0.036	0.065	0.0104	0.105	0.017	0.108	0.018	-	-



SCHEDE ANALITICHE

VALUTAZIONI EFFETTUATE SUI RIVESTIMENTI DEL PROSPETTO EST ALLAQUOTA DEL PIANO STRADALE

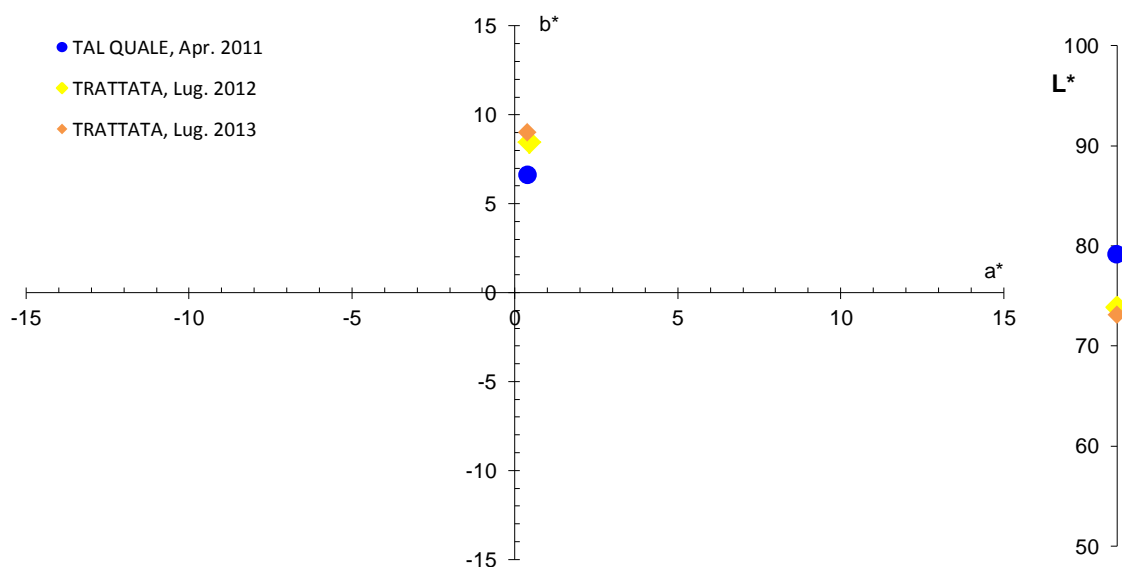


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)**Area C13: Rivestimento in aurisina prospetto est - quota 1m**

Descrizione	Prova	Spazio Coordinate Cromatiche					
		CIE			$L^*a^*b^*$		
		Y	x	y	L*	a*	b*
Superficie Tal quale Apr. 2011	1	54.59	0.3248	0.3301	78.80	0.43	6.57
	2	55.28	0.3249	0.3302	79.20	0.42	6.64
	3	55.51	0.3246	0.3300	79.33	0.39	6.56
	Media	55.13	0.3248	0.3301	79.11	0.41	6.59
Superficie trattata con antiscrittura Lug. 2012	1	46.53	0.3299	0.3352	73.88	0.44	8.46
	2	46.52	0.3299	0.3352	73.88	0.45	8.44
	3	46.47	0.3299	0.3352	73.84	0.44	8.46
	Media	46.51	0.3299	0.3352	73.87	0.44	8.45
Superficie trattata con antiscrittura Lug. 2013	1	45.31	0.3311	0.3367	73.09	0.37	8.98
	2	45.35	0.3311	0.3367	73.12	0.37	8.99
	3	45.29	0.3312	0.3367	73.08	0.41	8.99
	Media	45.32	0.3311	0.3367	73.10	0.38	8.99

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 5.56

Variazione cromatica superficie tal quale/luglio 2013 (ΔE) 6.47



Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$

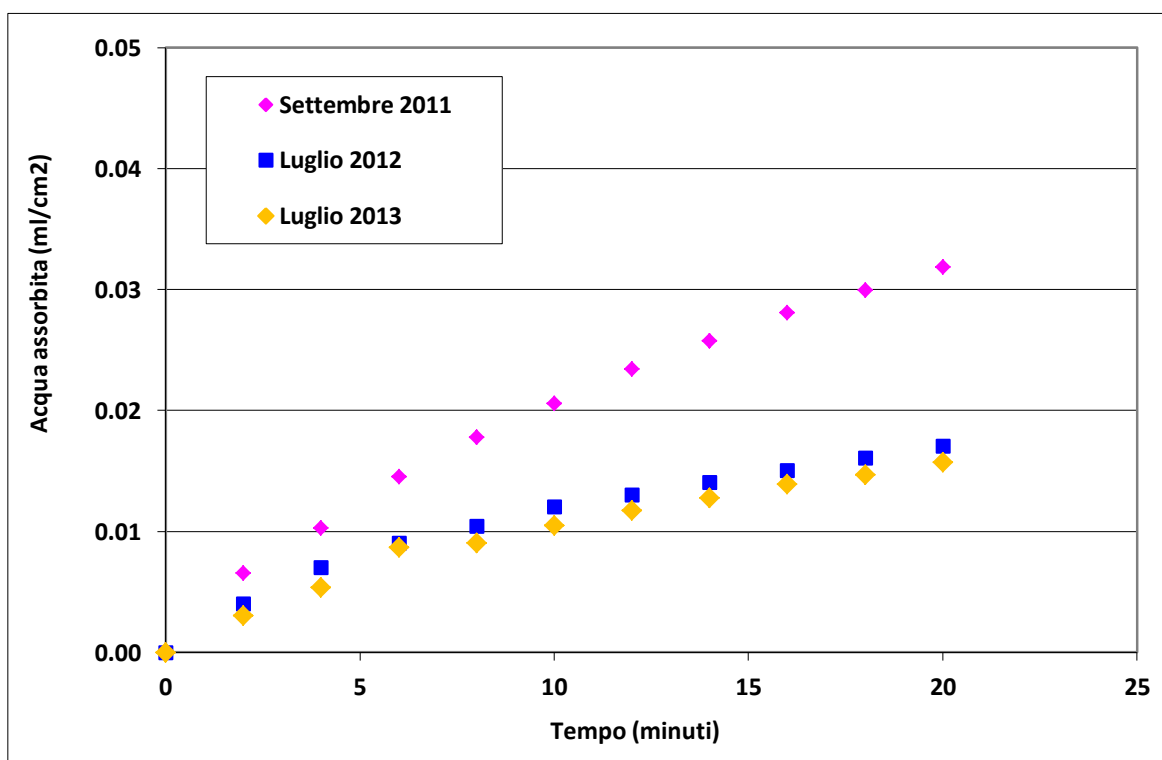


Assorbimento d'acqua a bassa pressione

Modena - Torre della Ghirlandina

Area P10, rivestimento lapideo prospetto est, H. 1 m

Tempo (min)	Settembre 2011 Sup. tal quale		Luglio 2012 Sup. trattata		Settembre 2011 Sup. trattata	
	Acqua assorbita (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorbita (ml)	Assorb. (ml/cm ²)	Acqua assorbita (ml)	Assorb. (ml/cm ²)
0	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.0000
2	0.035	0.007	0.020	0.0040	0.024	0.0031
4	0.055	0.010	0.035	0.0070	0.042	0.0054
6	0.078	0.015	0.045	0.0090	0.068	0.0087
8	0.095	0.018	0.052	0.0104	0.071	0.0091
10	0.110	0.021	0.060	0.0120	0.082	0.0105
12	0.125	0.023	0.065	0.0131	0.092	0.0118
14	0.138	0.026	0.070	0.0141	0.100	0.0128
16	0.150	0.028	0.075	0.0151	0.109	0.0139
18	0.160	0.030	0.080	0.0161	0.115	0.0147
20	0.170	0.032	0.085	0.0171	0.123	0.0157



**TORRE DELLA GHIRLANDINA
MODENA**

*SCHEDA CONTROLLI ULTRASONICI
(LUGLIO 2013)*



Introduzione

In occasione del sopralluogo esperito in data 3 luglio 2013 è stato eseguito un monitoraggio di controllo sulla coesione lapidea presso la Torre della Ghirlandina a Modena.

I controlli, previsti anche dal relativo piano di manutenzione, hanno riguardato alcune aree test già precedentemente identificate ed analizzate, facilmente raggiungibili anche senza l'impiego di ponteggio.

Le analisi hanno visto l'impiego della tecnica ultrasonica come analisi in grado di fornire informazioni sulla continuità lapidea senza comportare alcuna invasività per il sistema.

Le aree scelte per la loro rappresentatività e significatività sono state le seguenti (tra parentesi riportiamo le date dei precedenti monitoraggi):

- sei colonnine della balaustra inferiore – 3, 21, 38, 51, 57 e 59
- elemento angolare (S2) della balaustra superiore, lato nord (insieme a questo elemento nei passati monitoraggi era compresa anche la cimasa limitrofa, non realizzata in questo caso a causa della presenza del nido del falchetto e dell'abbondante presenza di residui organici)
- cimasa (S3) della balaustra inferiore, lato ovest
- concio rosso di Verona (UE03) a piano terra, lato est
- concio trachite (UE04) a piano terra, lato est

I risultati vengono esposti in apposite schede analitiche allegate a questa relazione, nelle quali si riportano anche i dati misurati durante i precedenti monitoraggi ed una riflessione generale.

Al fine di favorire una lettura più agevole dell'andamento dei risultati ottenuti nelle diverse occasioni è stato individuato un indice di variazione 'ad hoc' che possa riassumere il miglioramento o il peggioramento del singolo elemento.

Si tratta di un numero adimensionale ottenuto considerando la variazione percentuale del valore medio delle velocità ultrasoniche riguardanti ogni singolo elemento. Di seguito si riporta una tabella esplicativa con la corrispondenza tra il valore dell'indice indicato e la variazione percentuale del valore medio delle velocità ultrasoniche.



Considerando che non si può considerare lineare il decadimento di un elemento lapideo, si è deciso l'impiego di una scala 'esponenziale' con un fattore moltiplicativo x2.

I numeri positivi indicano un miglioramento dei valori e quindi della coesione dell'elemento, quelli negativi invece un deterioramento.

indice di variazione complessivo	variazione in % della media delle velocità ultrasoniche	descrizione
$+n$	$+ \left(\frac{n \times 10}{2} \right) \% < \bar{v} < +(n \times 10) \%$	equazione con la quale si passa dall'indice di variazione complessivo (n) alla percentuale di variazione del valore medio delle velocità ultrasoniche (\bar{v}) calcolato considerando tutte le misure dell'elemento anche se su piani differenti
+8	$+40\% < \bar{v} < +80\%$	Miglioramento notevole delle prestazioni di continuità materica dell'elemento lapideo
+4	$+20\% < \bar{v} < +40\%$	Miglioramento consistente delle prestazioni di continuità materica dell'elemento lapideo
+2	$+10\% < \bar{v} < +20\%$	Miglioramento delle prestazioni di continuità materica dell'elemento lapideo
+1	$+5\% < \bar{v} < +10\%$	Miglioramento leggero delle prestazioni di continuità materica dell'elemento lapideo
0	$-5\% < \bar{v} < +5\%$	sostanziale stabilità dell'elemento
-1	$-10\% < \bar{v} < -5\%$	Deterioramento leggero delle prestazioni di continuità materica dell'elemento lapideo
-2	$-20\% < \bar{v} < -10\%$	Deterioramento delle prestazioni di continuità materica dell'elemento lapideo
-4	$-40\% < \bar{v} < -20\%$	Deterioramento consistente delle prestazioni di continuità materica dell'elemento lapideo
-8	$-80\% < \bar{v} < -40\%$	Deterioramento notevole delle prestazioni di continuità materica dell'elemento lapideo

Nelle schede analitiche al termine del confronto tra i risultati dei diversi monitoraggi viene riportato l'indice di variazione riferito sempre alla campagna analitica precedente.



Misure Ultrasoniche – Colonna 3

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: colonnina balaustra inferiore

Modalità: tomografia 2D su sezione verticale
parallela alla facciata della Torre e
perpendicolare



schemi misure

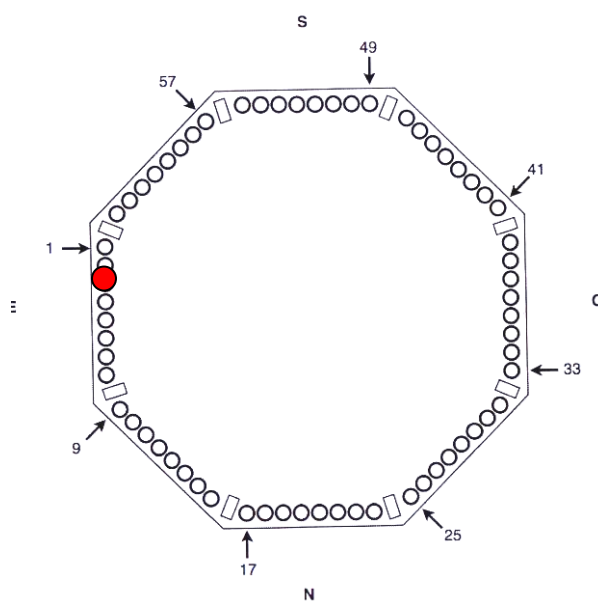
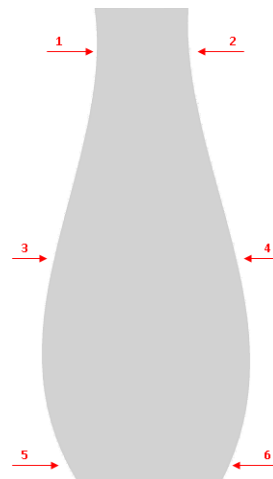
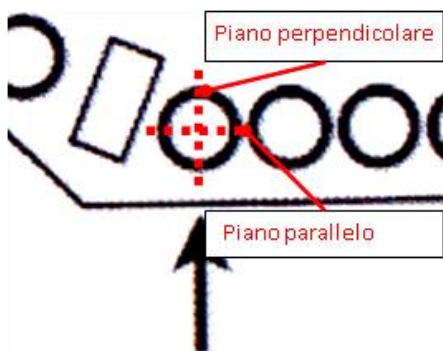
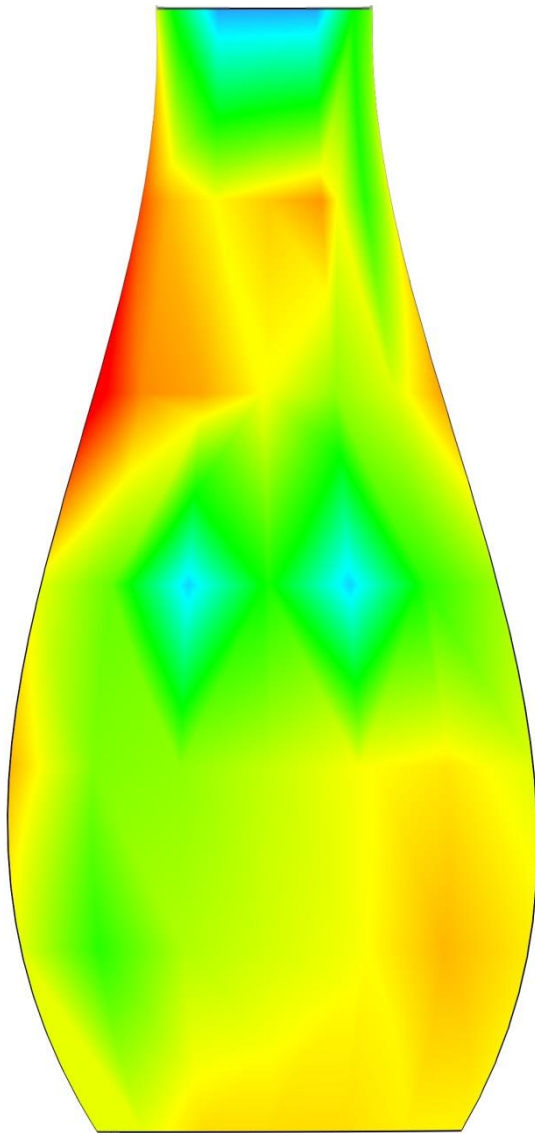
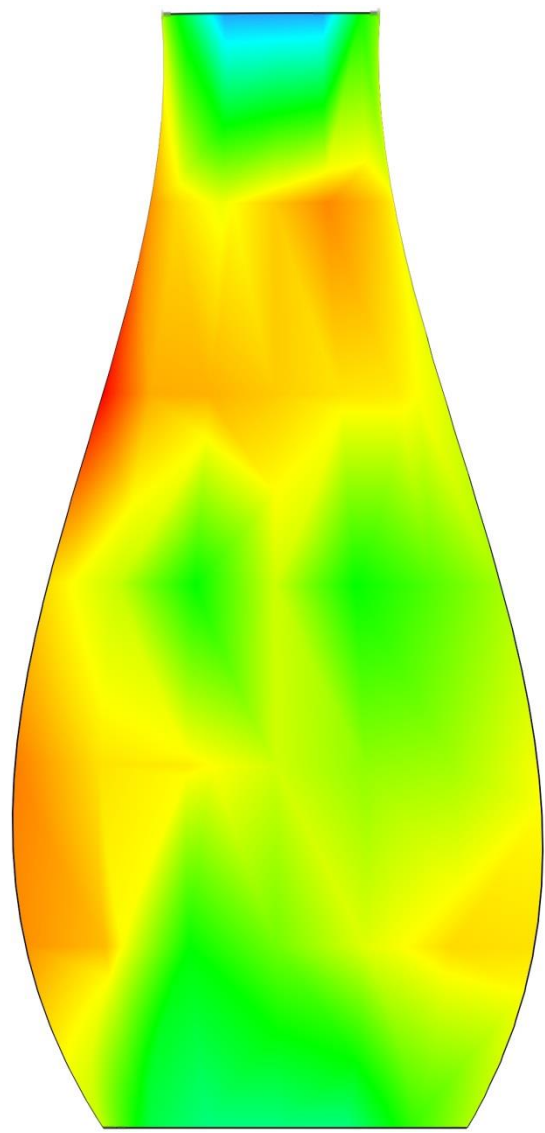


Grafico ad aree del piano mediano paralleloGrafico ad aree del piano perpendicolare

Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s

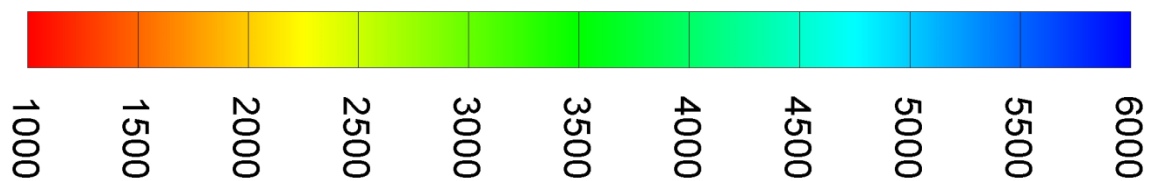
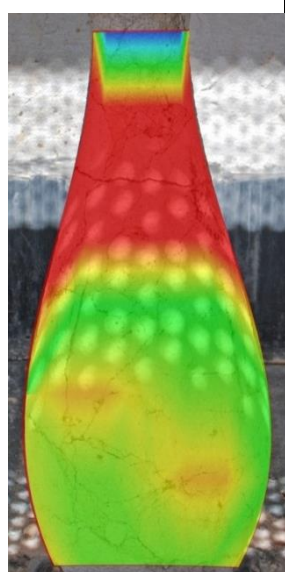
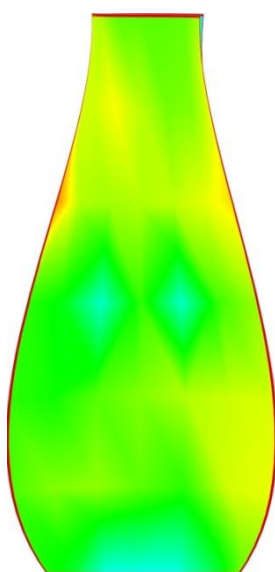


Grafico ad aree del piano mediano parallelo
monitoraggi

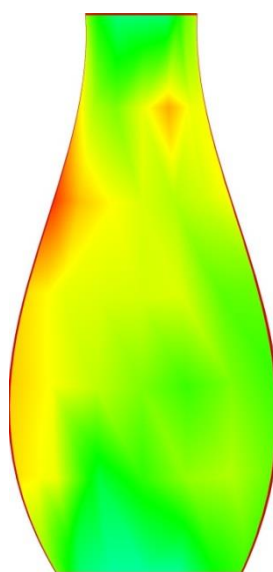
Confronto con i precedenti



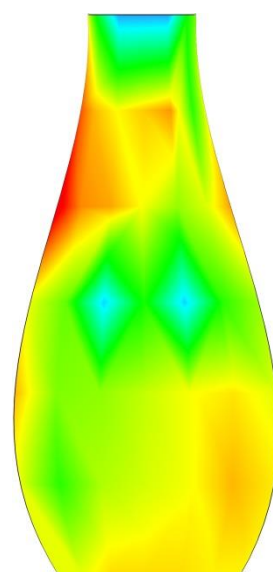
giugno 2009



settembre 2011



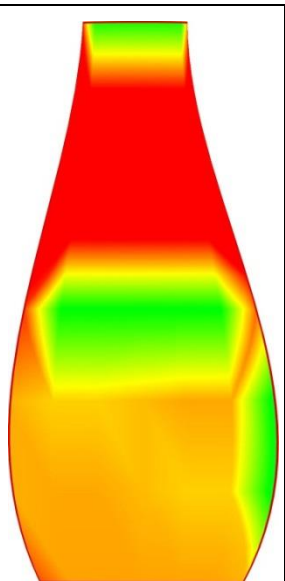
luglio 2012



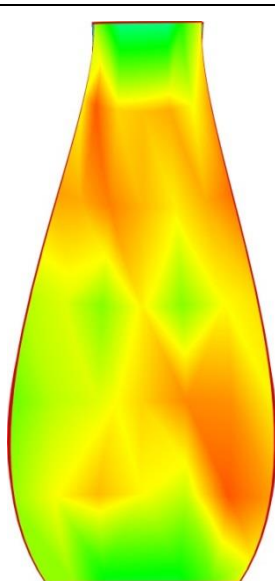
luglio 2013

Grafico ad aree del piano perpendicolare
monitoraggi

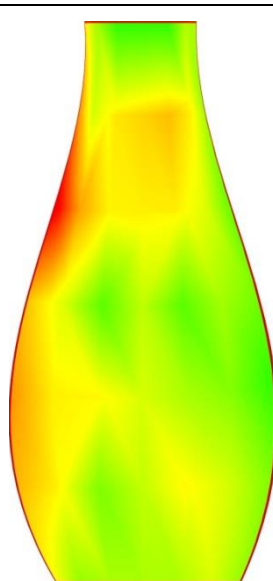
Confronto con i precedenti



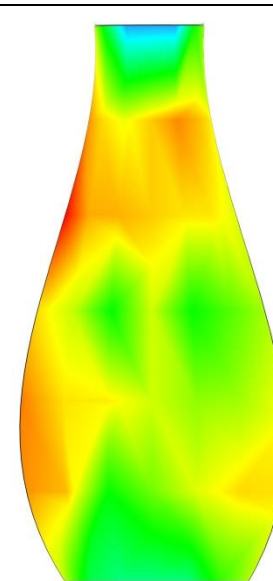
giugno 2009



settembre 2011



luglio 2012



luglio 2013

**indice di variazione
complessivo**

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

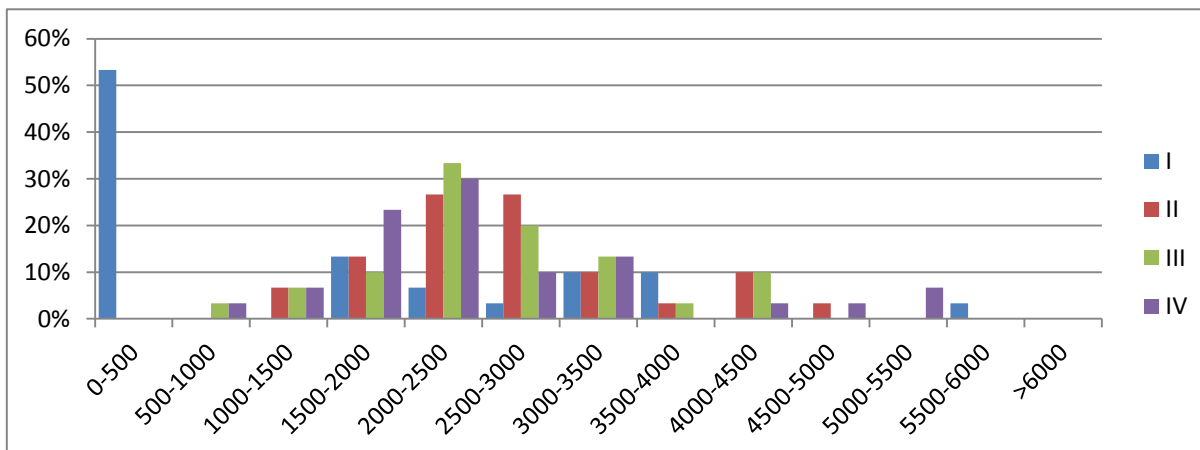
rispetto alla campagna precedente

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8	>
----	----	----	----	---	----	----	----	----	---

rispetto alla prima misura



Grafico della distribuzione dei valori sonici nei quattro diversi monitoraggi

**Osservazioni:**

Rispetto alle misure risalenti ad un anno fa l'elemento presenta uno stato di conservazione assolutamente simile. Non si registrano pertanto significative ed evidenti cadute prestazionali.

Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (giugno 2009)		velocità (m/s) II (settembre 2011)		velocità (m/s) III (luglio 2012)		velocità (m/s) IV (luglio 2013)	
	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.
1-2	5921	3488	3061	4206	4128	3309	5202	5202
1-3	0	0	2458	2281	1349	995	1389	1815
1-4	0	0	2256	2046	2878	2143	2242	2320
1-5	0	0	2398	3068	2283	1301	760	1217
1-6	0	0	2471	1421	2620	2458	1902	2070
2-3	0	0	2942	1846	1852	1936	1746	1680
2-4	0	0	1957	1250	2194	2866	1692	2249
2-5	0	0	2881	2272	2344	2183	3299	1920
2-6	0	0	2228	1788	2284	3206	1880	2541
3-4	3626	3545	4481	2840	2423	3045	4961	3486
3-5	2427	1866	4148	2950	1692	2128	3025	2006
3-6	1939	2019	3295	2533	2801	2216	2293	2408
4-5	2999	1824	2795	1928	3802	2875	2644	3495
4-6	3417	3711	2624	2643	4222	3387	5202	5202
5-6	3074	1803	4644	3650	4274	2664	1389	1815



Misure Ultrasoniche – Colonna 21

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: colonnina balastra inferiore

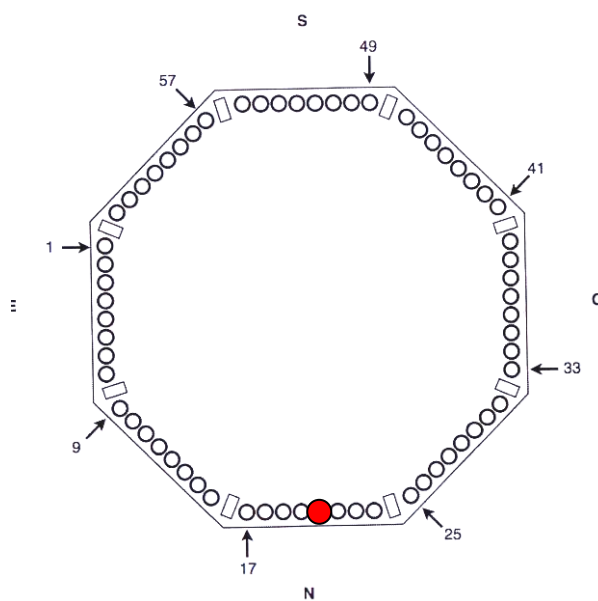
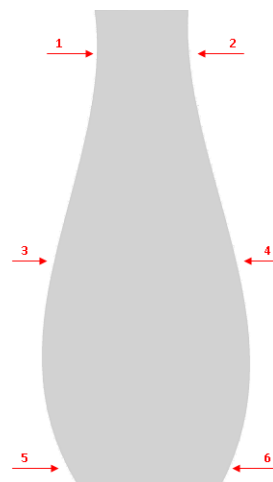
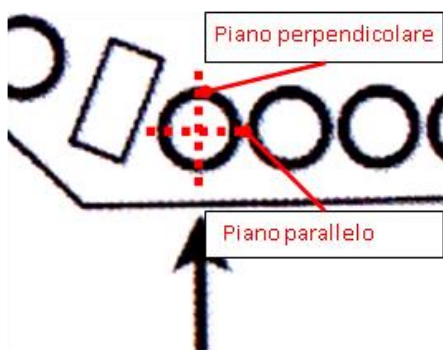
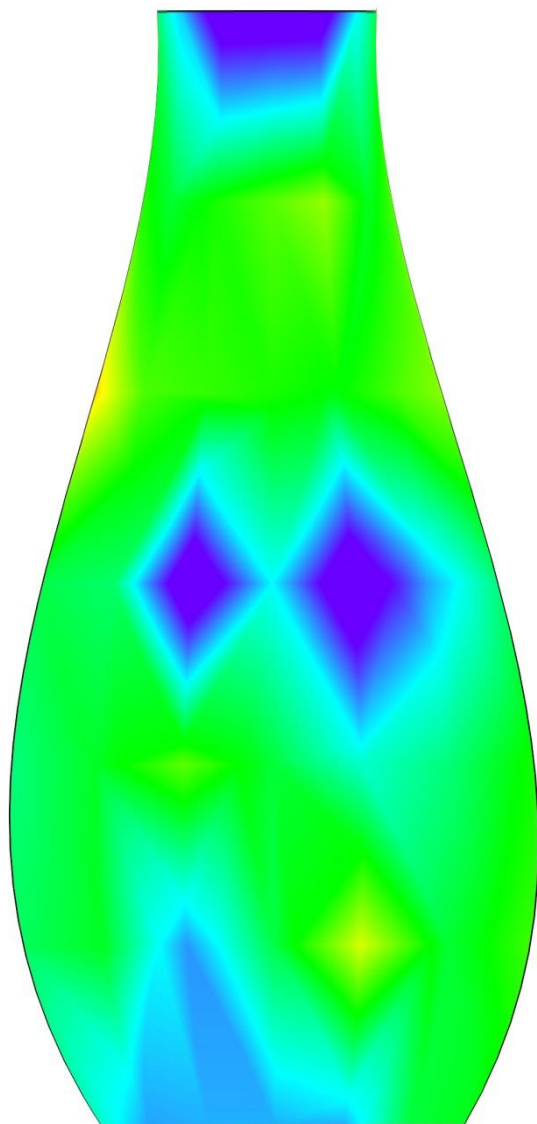
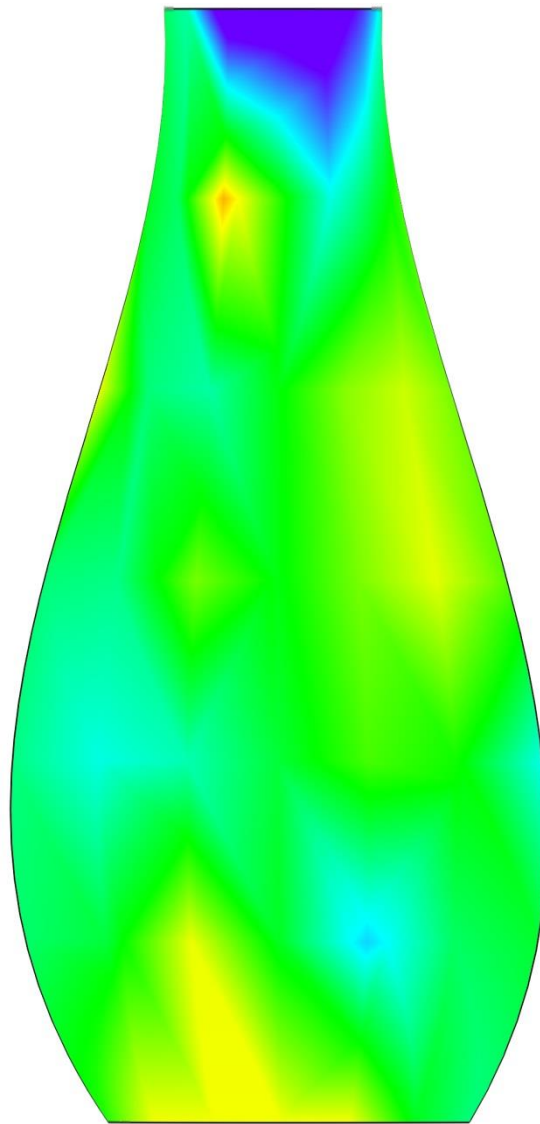
Modalità: tomografia 2D su sezione verticale
parallela alla facciata della Torre e
perpendicolare*schemi misure*

Grafico ad aree del piano mediano paralleloGrafico ad aree del piano perpendicolare

Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s

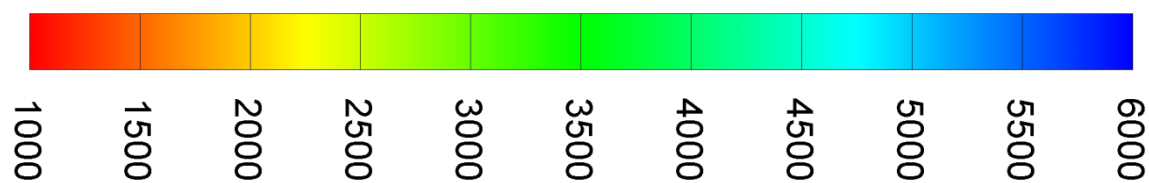
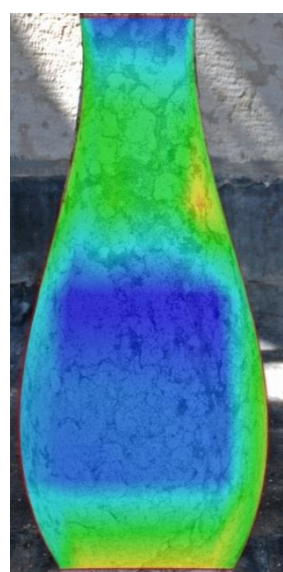
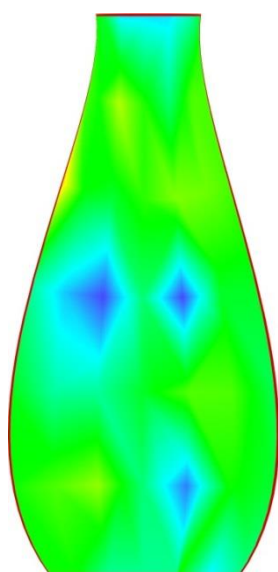


Grafico ad aree del piano mediano parallelo
monitoraggi

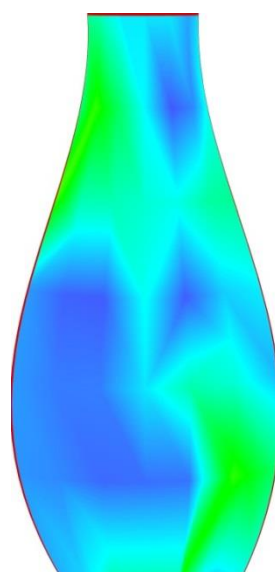
Confronto con i precedenti



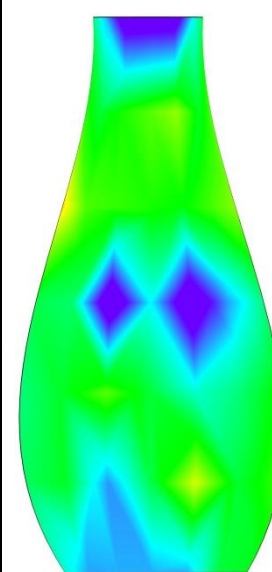
giugno 2009



settembre 2011



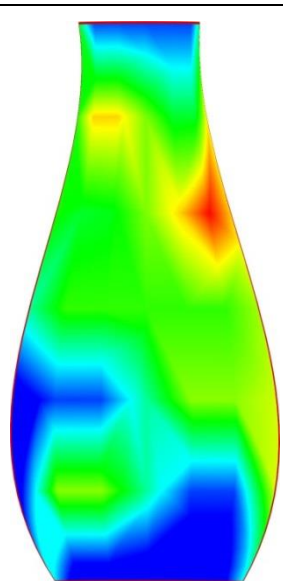
luglio 2012



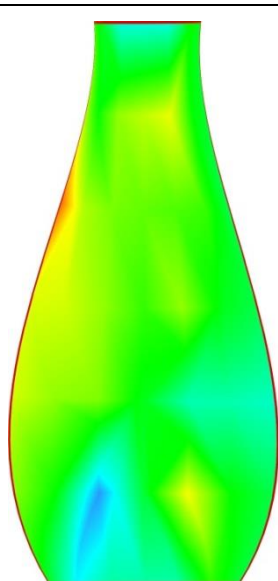
luglio 2013

Grafico ad aree del piano perpendicolare
monitoraggi

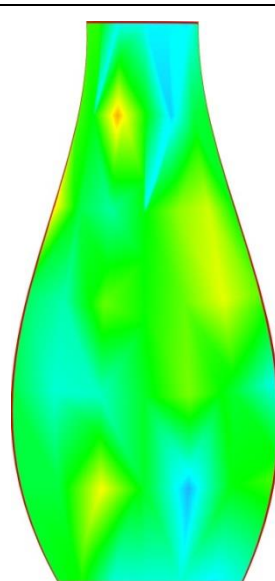
Confronto con i precedenti



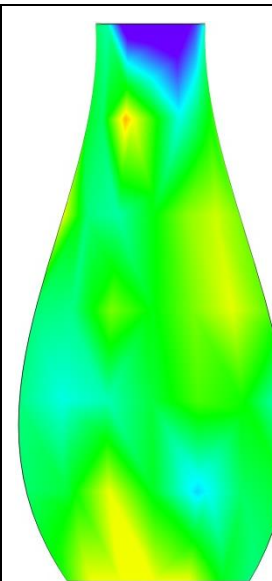
giugno 2009



settembre 2011



luglio 2012



luglio 2013

**indice di variazione
complessivo**

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

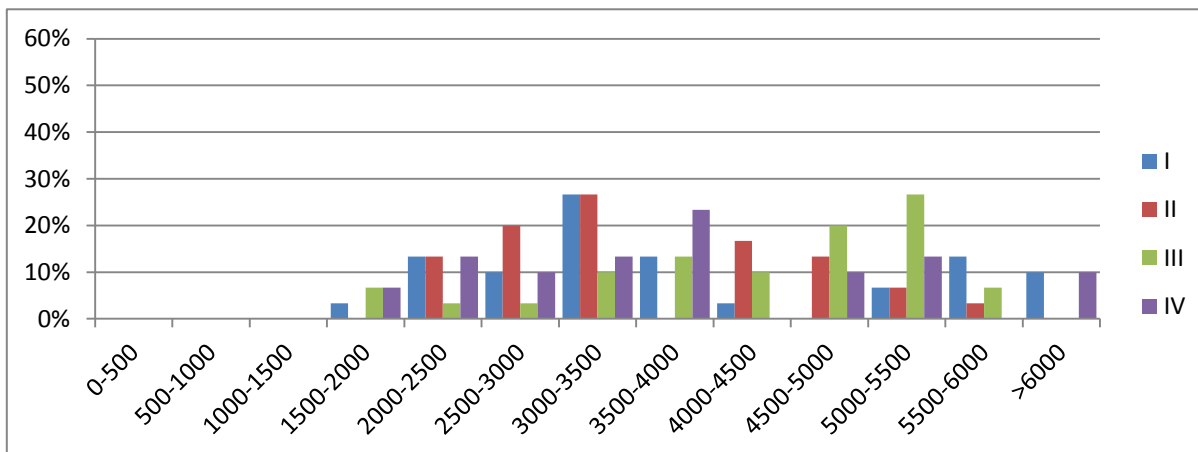
rispetto alla campagna precedente

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

rispetto alla prima misura



Grafico della distribuzione dei valori sonici nei tre diversi monitoraggi

**Osservazioni:**

Rispetto alle misure risalenti ad un anno fa l'elemento presenta uno stato di conservazione assolutamente simile. Non si registrano pertanto significative ed evidenti cadute prestazionali.

Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (giugno 2009)		velocità (m/s) II (settembre 2011)		velocità (m/s) III (luglio 2012)		velocità (m/s) IV (luglio 2013)	
	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.
1-2	5696	5732	4891	4663	4839	4762	6569	6767
1-3	3055	3381	3084	2081	4358	3002	2914	3711
1-4	3654	2050	2626	2781	3959	1836	3392	1873
1-5	3144	3209	2848	2287	5041	2909	3246	3212
1-6	2686	3495	3445	3485	3246	3553	3745	3987
2-3	3989	3717	4049	2343	5561	4977	2759	4610
2-4	3035	2050	3130	3455	3565	1818	2369	1845
2-5	1785	4170	3123	3479	5328	3801	3663	3790
2-6	3223	3561	3146	4322	4894	5355	3260	3970
3-4	6109	3276	5655	2790	5539	3016	6859	2914
3-5	5013	6620	4358	2589	5429	4738	4974	5067
3-6	5437	5693	5386	2291	5425	5111	2431	4968
4-5	5542	2829	2771	5251	5476	2266	5263	2340
4-6	2617	2448	4715	4657	5337	4121	3532	5337
5-6	2116	6818	4213	4310	4451	4573	5137	2297



Misure Ultrasoniche – Colonna 38

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: colonnina balaustra inferiore

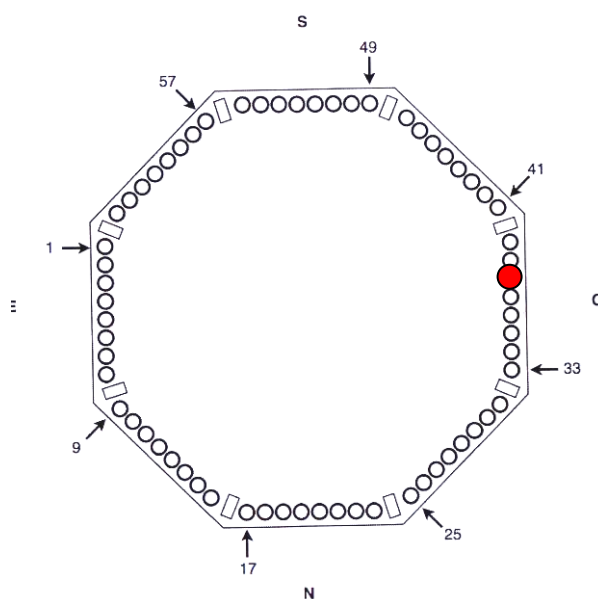
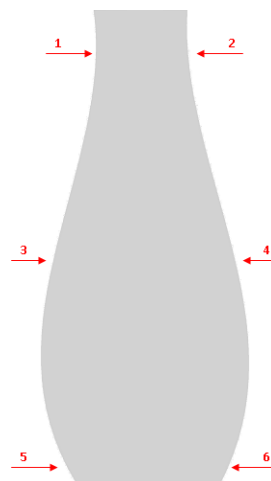
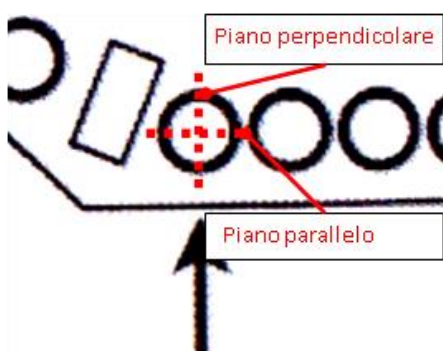
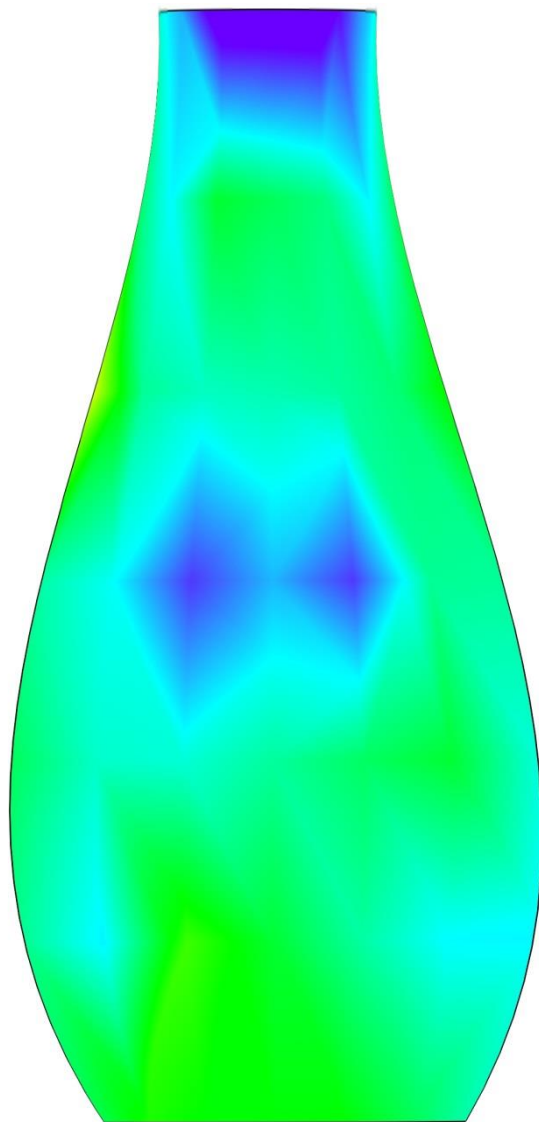
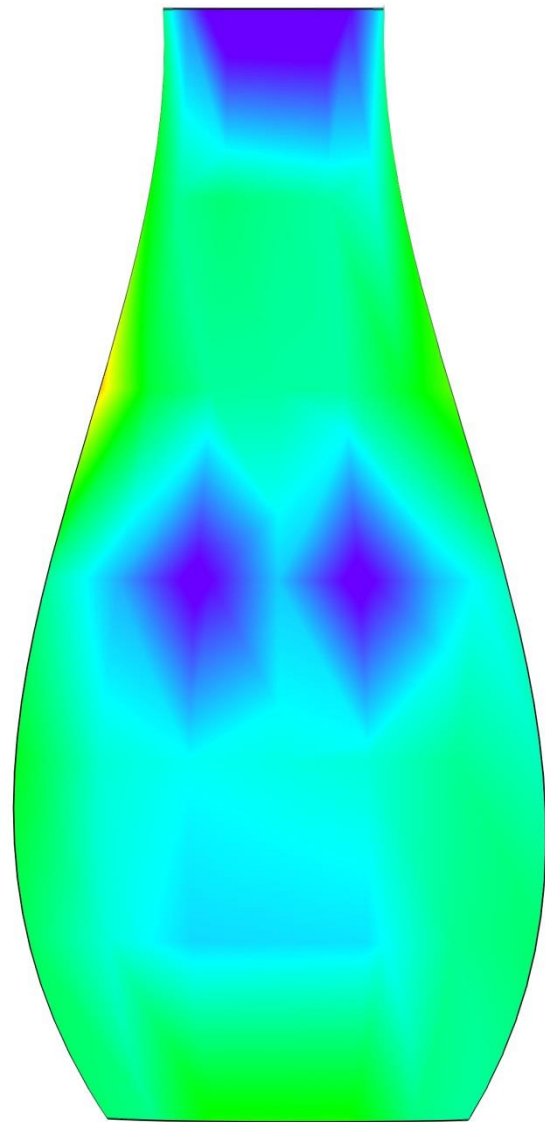
Modalità: tomografia 2D su sezione verticale
parallela alla facciata della Torre e
perpendicolare*schemi misure*

Grafico ad aree del piano mediano paralleloGrafico ad aree del piano perpendicolare

Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s

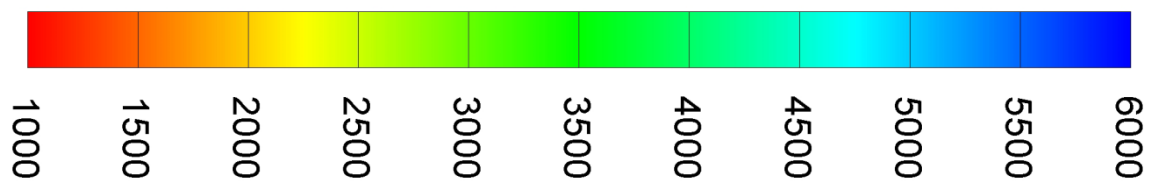
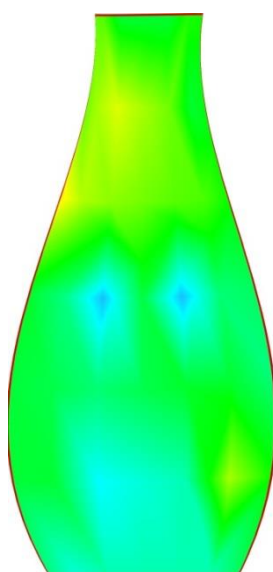


Grafico ad aree del piano mediano parallelo
monitoraggi

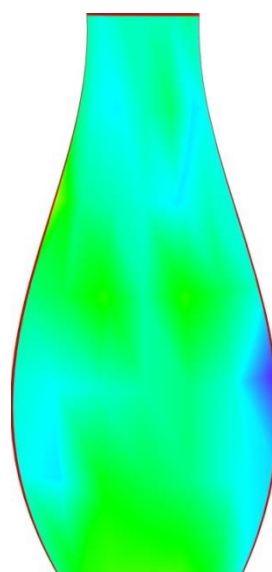
Confronto con i precedenti



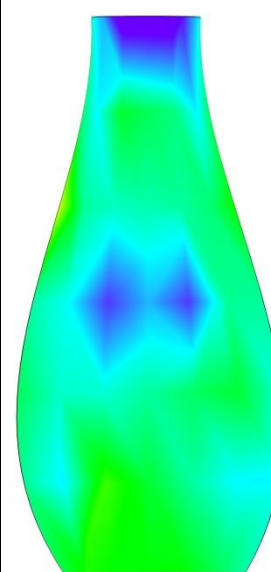
giugno 2009



settembre 2011



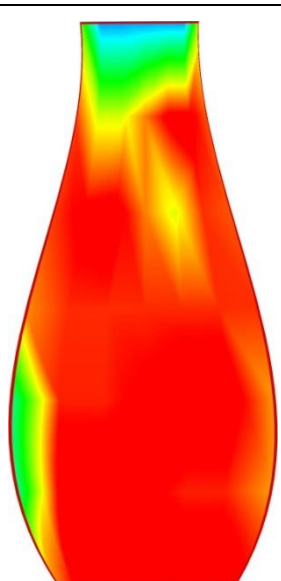
luglio 2012



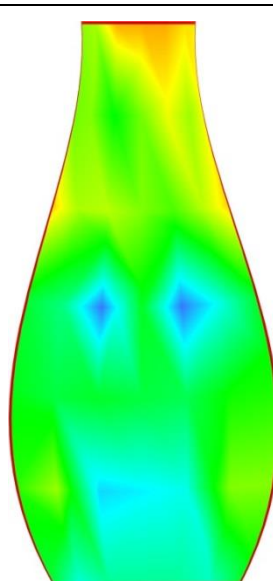
luglio 2013

Grafico ad aree del piano perpendicolare
monitoraggi

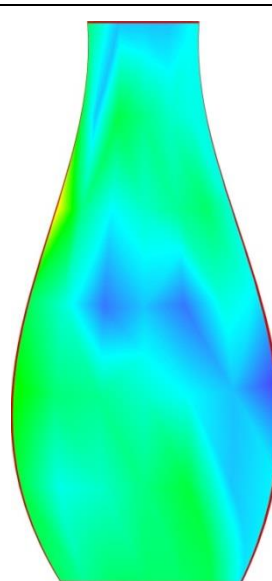
Confronto con i precedenti



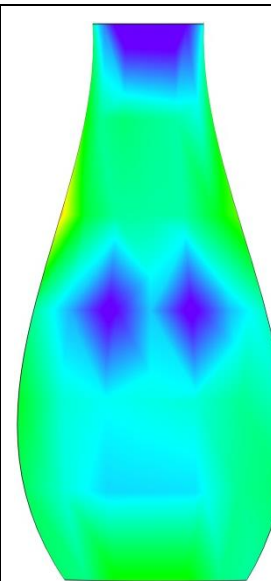
giugno 2009



settembre 2011



luglio 2012



luglio 2013

**indice di variazione
complessivo**

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

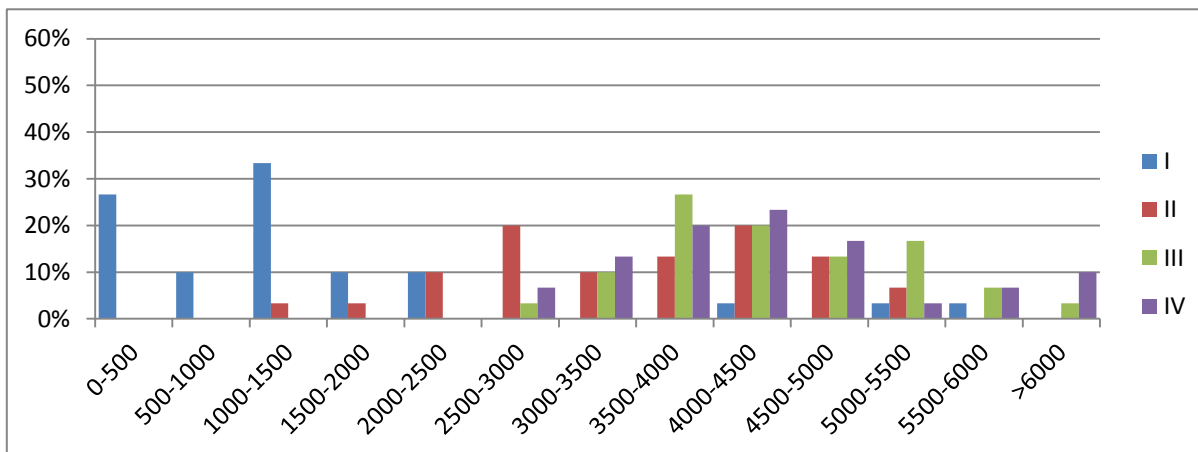
rispetto alla campagna precedente

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8	+32
----	----	----	----	---	----	----	----	----	-----

rispetto alla prima misura



Grafico della distribuzione dei valori sonici nei tre diversi monitoraggi

**Osservazioni:**

Rispetto alle misure risalenti ad un anno fa l'elemento presenta uno stato di conservazione assolutamente simile. Non si registrano pertanto significative ed evidenti cadute prestazionali.

Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (giugno 2009)		velocità (m/s) II (settembre 2011)		velocità (m/s) III (luglio 2012)		velocità (m/s) IV (luglio 2013)	
	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.
1-2	5882	5294	3782	1826	4433	5056	6522	6667
1-3	2225	1291	2238	2811	3885	3002	3823	2766
1-4	1804	2440	2410	3532	4797	3852	3737	4073
1-5	0	1253	4097	3160	3870	2827	3500	3117
1-6	0	532	2679	2864	4653	5026	4763	4212
2-3	2494	817	2954	2341	4065	4494	4136	4320
2-4	1143	1431	3204	1497	3755	3551	3668	2578
2-5	0	1273	3752	2742	4848	4642	4805	4558
2-6	0	0	3685	2546	5441	5649	3269	3547
3-4	1445	1194	5080	5413	3345	5413	5723	6230
3-5	0	4388	3448	4017	5220	3846	4368	4176
3-6	1345	1148	4381	4656	4100	3783	4299	4873
4-5	0	583	4752	4936	3594	4483	3203	4925
4-6	1481	1774	4556	4194	6355	5775	5882	5322
5-6	1680	465	4360	4237	3212	4011	3529	3409



Misure Ultrasoniche – Colonna 51

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: colonnina balaustra inferiore

Modalità: tomografia 2D su sezione verticale
parallela alla facciata della Torre e
perpendicolare



schemi misure

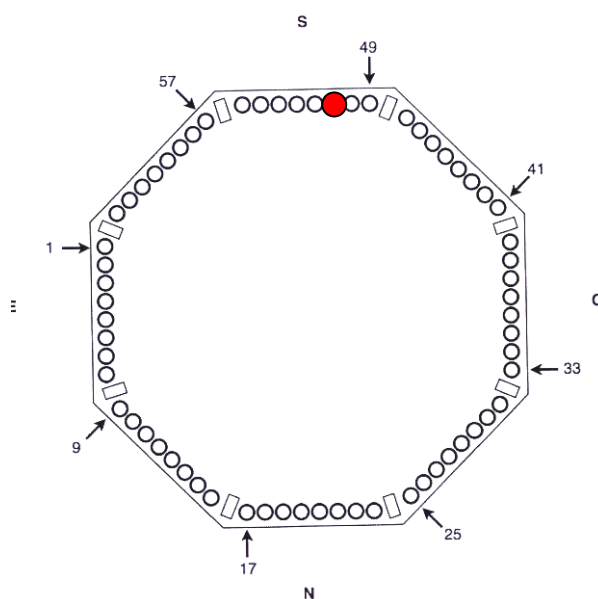
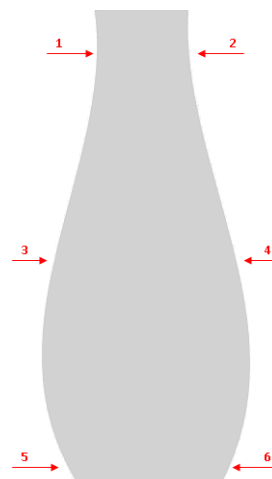
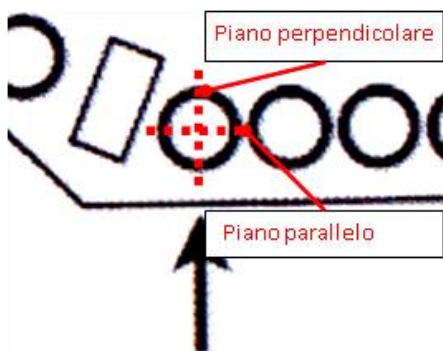
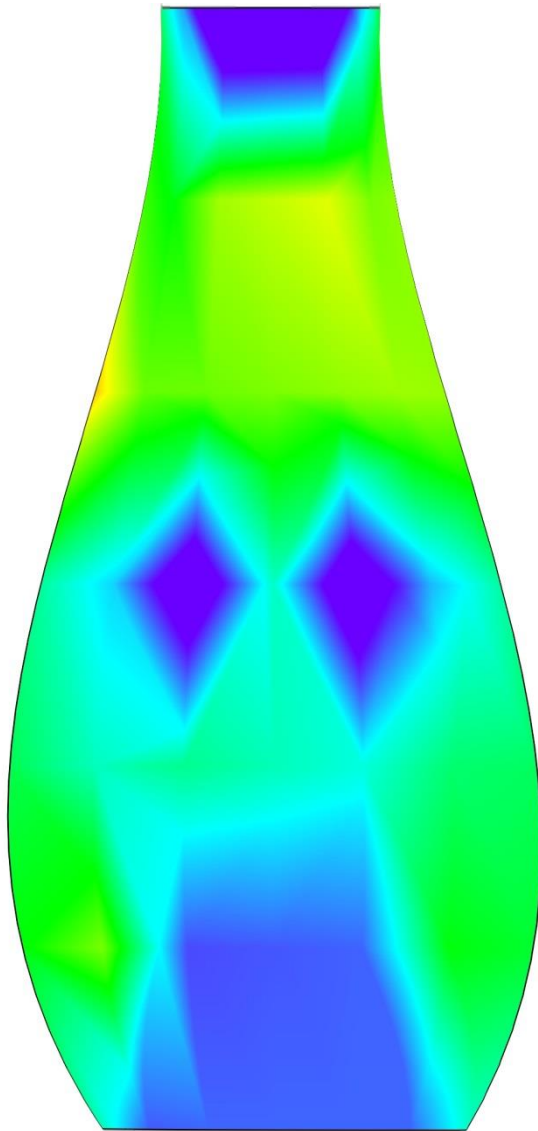
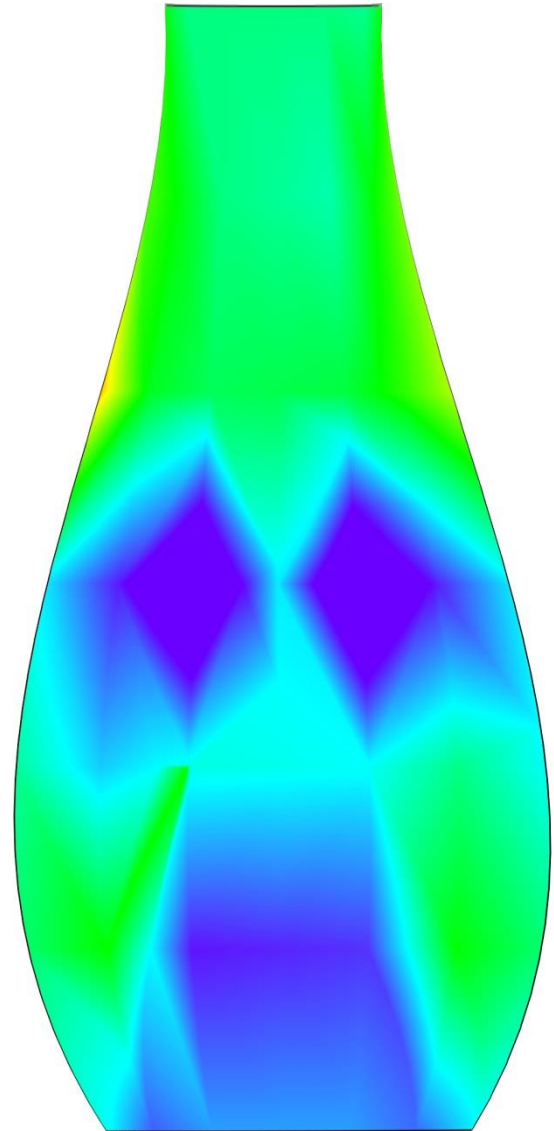


Grafico ad aree del piano mediano paralleloGrafico ad aree del piano perpendicolare

Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s

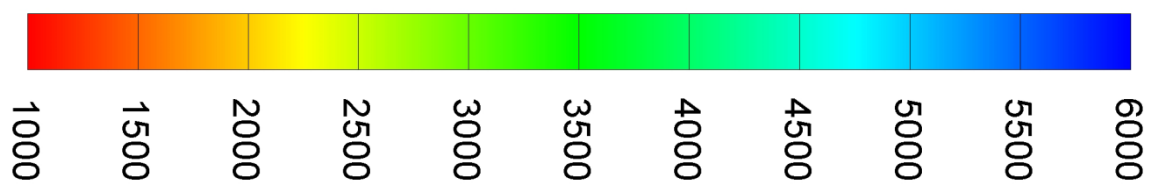


Grafico ad aree del piano mediano parallelo
monitoraggi

Confronto con i precedenti

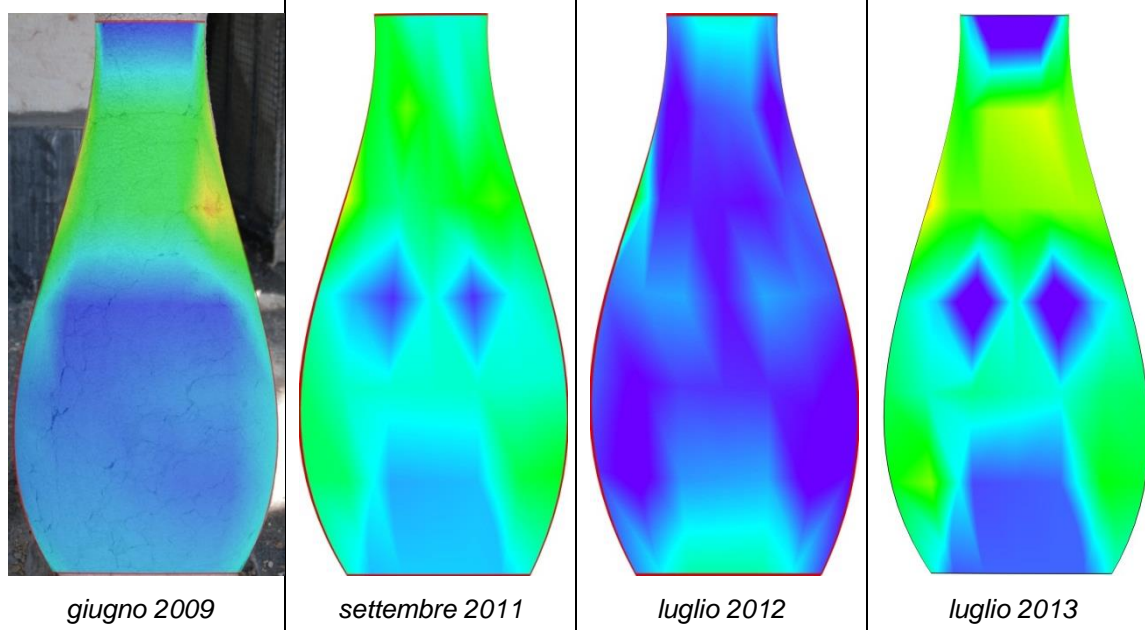
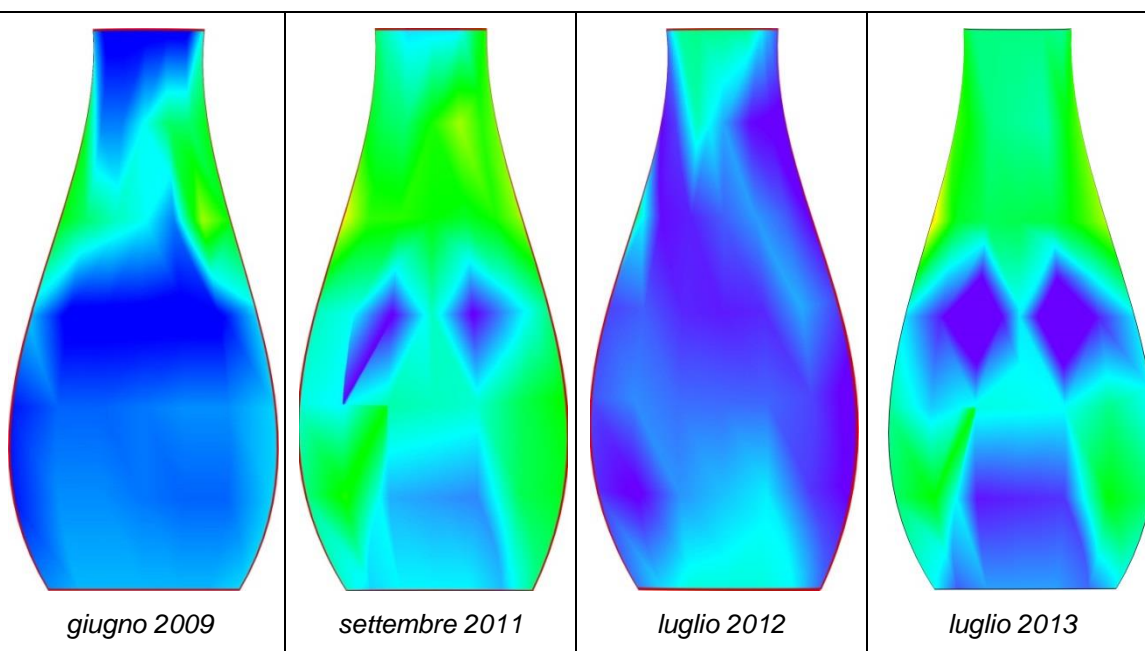


Grafico ad aree del piano perpendicolare
monitoraggi

Confronto con i precedenti



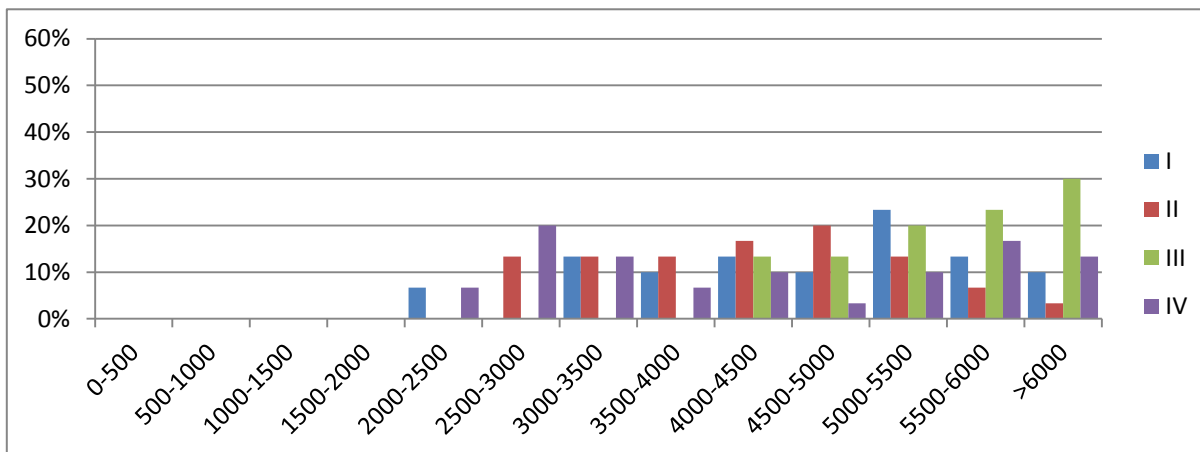
**indice di variazione
complessivo**

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
rispetto alla campagna precedente								

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
rispetto alla prima misura								



Grafico della distribuzione dei valori sonici dei tre diversi monitoraggi

**Osservazioni:**

Questa colonnina continua a presentare un andamento contraddittorio alternando risultati che mostrano prestazioni diverse. Si nota una certa affinità tra il II e il IV prelievo e tra il I e il III. Tale variazione rimanendo però sempre nel campo di numeri positivi e di velocità considerevoli non è stato ulteriormente approfondito.

Si può concludere che l'elemento versa in buone condizioni generali.

Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (giugno 2009)		velocità (m/s) II (settembre 2011)		velocità (m/s) III (luglio 2012)		velocità (m/s) IV (luglio 2013)	
	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.
1-2	6000	6250	4545	4918	4569	4147	7692	4128
1-3	2474	3499	3060	3204	5994	6189	3006	3074
1-4	3743	5392	3030	4065	5650	4374	2713	4136
1-5	3088	5020	3617	3537	4079	6198	2920	2769
1-6	4077	4829	3843	3922	6346	5727	3563	3521
2-3	3750	4019	4571	2700	5365	5966	2385	4347
2-4	2423	3532	2554	2710	4910	6189	2585	2217
2-5	3498	4244	4025	3348	6293	6093	2894	3495
2-6	3104	4093	4591	2656	5901	5997	2907	3058
3-4	5846	6189	5793	6070	5177	5810	6960	7510
3-5	5307	5919	4308	5655	6859	5040	4847	5758
3-6	5596	5516	5066	5336	5145	4822	5516	5750
4-5	5324	5300	5169	5134	5263	5263	5637	5897
4-6	4786	4935	4439	4241	6620	6397	5026	6376
5-6	5085	5085	4983	4777	4323	4587	5495	5208



Misure Ultrasoniche – Colonna 57

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: colonnina balaustra inferiore

Modalità: tomografia 2D su sezione verticale
parallela alla facciata della Torre e
perpendicolare



schemi misure

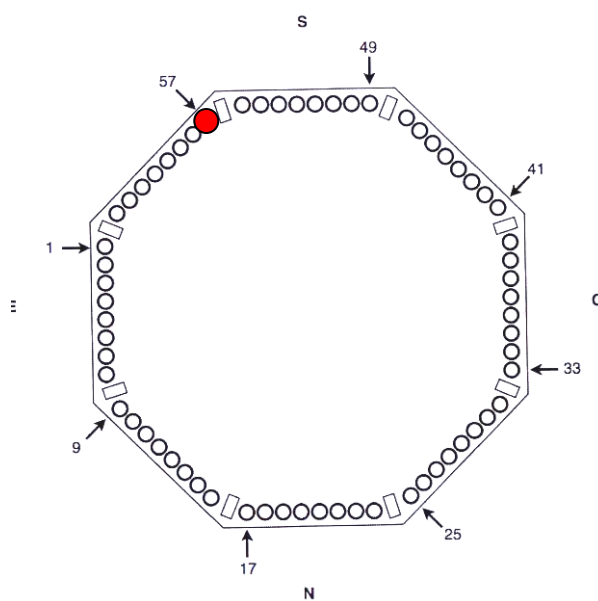
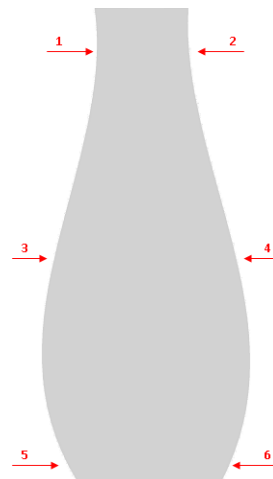
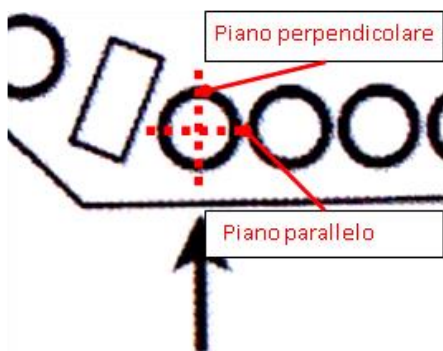
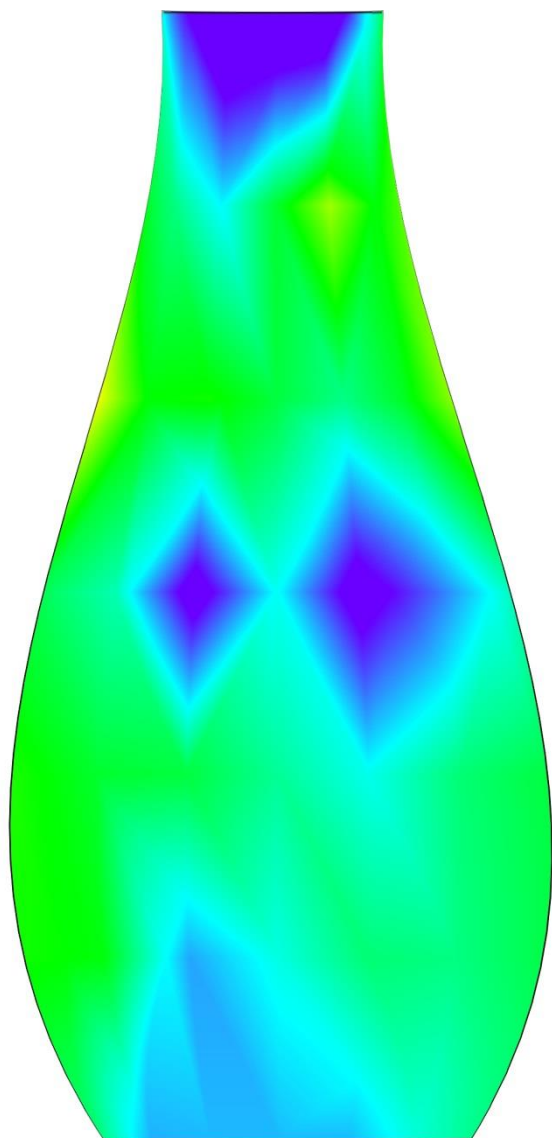
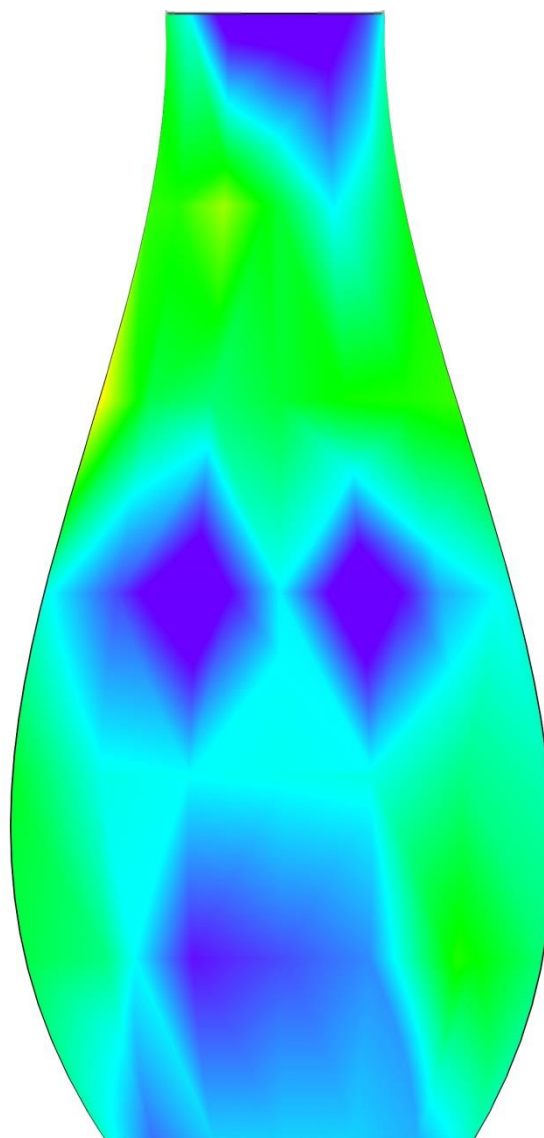


Grafico ad aree del piano mediano paralleloGrafico ad aree del piano perpendicolare

Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s



Grafico ad aree del piano mediano parallelo
monitoraggi

Confronto con i precedenti

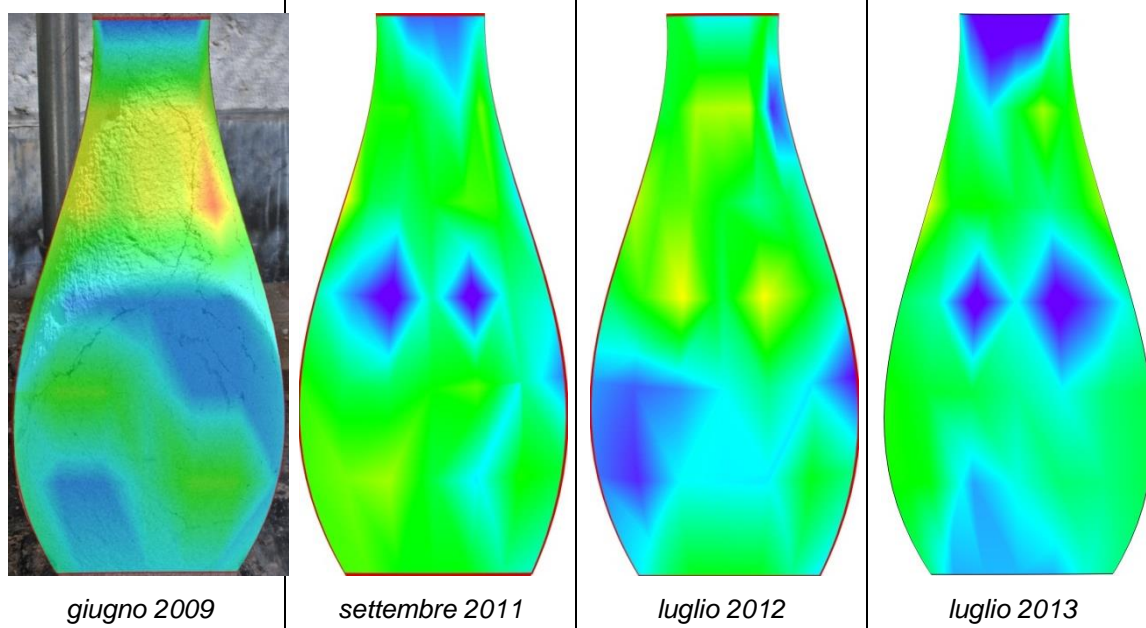
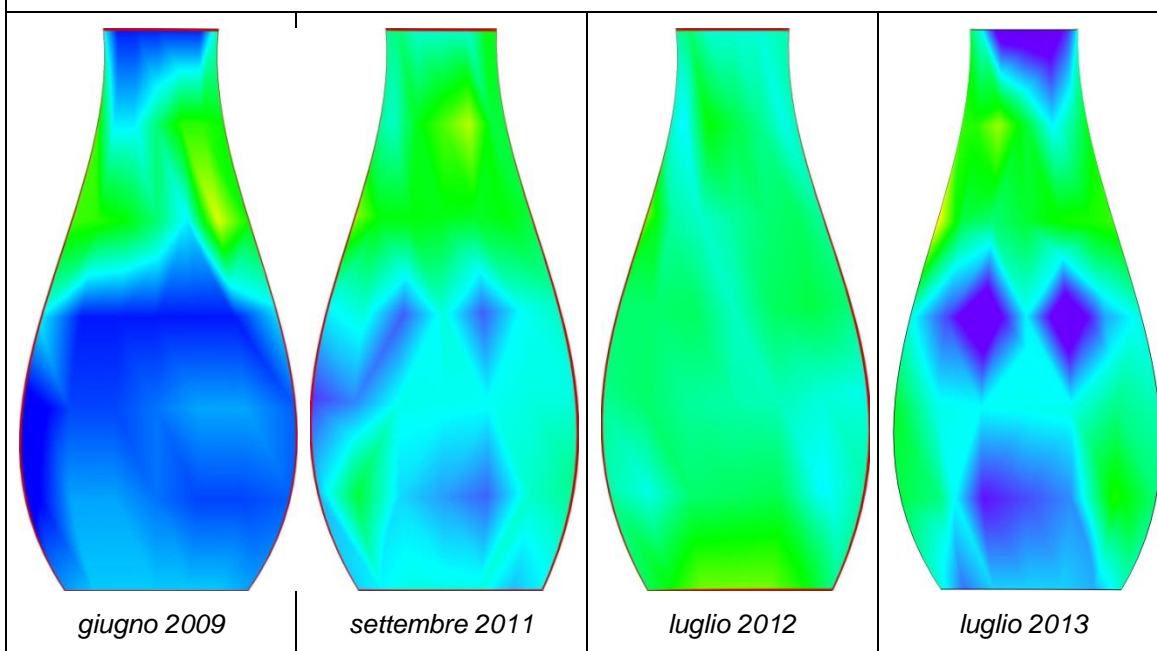


Grafico ad aree del piano perpendicolare
monitoraggi

Confronto con i precedenti



**indice di variazione
complessivo**

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

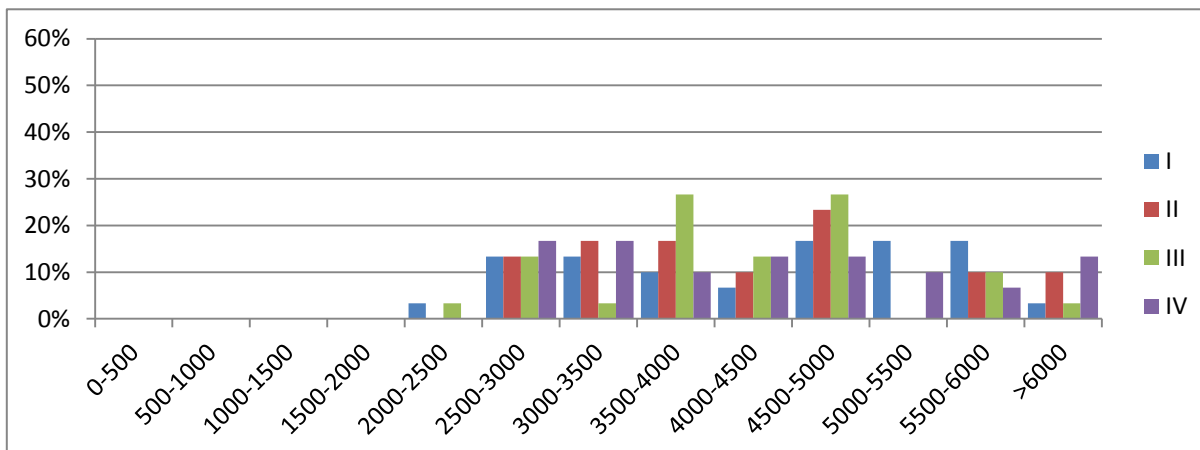
rispetto alla campagna precedente

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

rispetto alla prima misura



Grafico della distribuzione dei valori sonici nelle tre diverse misurazioni

**Osservazioni:**

Rispetto alle misure risalenti ad un anno fa l'elemento presenta uno stato di conservazione assolutamente simile. Non si registrano pertanto significative ed evidenti cadute prestazionali.

Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (giugno 2009)		velocità (m/s) II (settembre 2011)		velocità (m/s) III (luglio 2012)		velocità (m/s) IV (luglio 2013)	
	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.
1-2	5696	5882	5521	4545	4787	4569	7031	6522
1-3	2540	3177	3375	3532	3333	3901	3689	3411
1-4	2591	4819	3349	3622	2646	3509	4765	2724
1-5	2725	4415	2877	4787	4426	4824	3171	2925
1-6	3485	3793	3402	4489	3614	4793	4139	3342
2-3	2305	3297	4692	2601	2588	4201	2713	4787
2-4	2997	3506	3499	3204	2950	3748	2707	3304
2-5	3524	4699	2952	3786	5814	4619	3560	4152
2-6	4987	4540	6424	4389	6198	4888	2879	3181
3-4	5307	5882	6419	5539	2243	3958	6397	6859
3-5	4158	6397	3755	6714	5994	3519	3551	4450
3-6	3281	5665	4852	5516	4822	3898	4056	5312
4-5	5312	5192	2719	4936	4723	4035	5192	5928
4-6	5000	5539	4388	4859	5994	4419	4750	5588
5-6	4808	5000	3538	4615	3597	2941	7031	6522

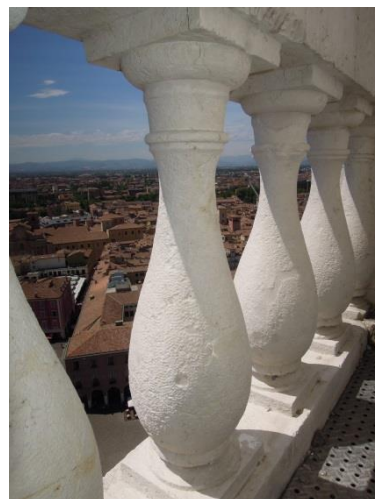


Misure Ultrasoniche – Colonna 59

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: colonnina balaustra inferiore

Modalità: tomografia 2D su sezione verticale
parallela alla facciata della Torre e
perpendicolare



schemi misure

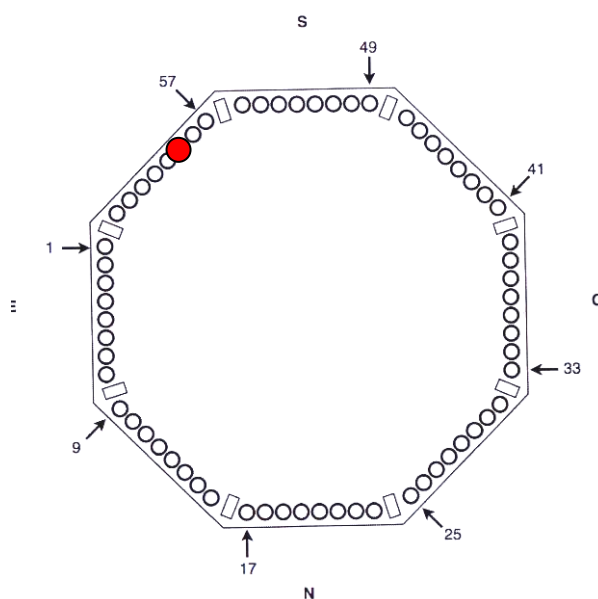
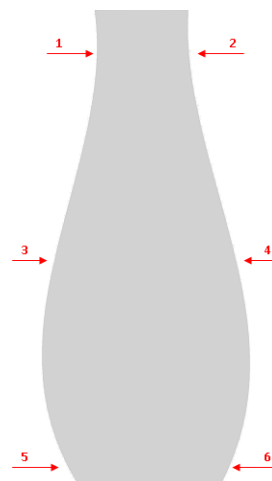
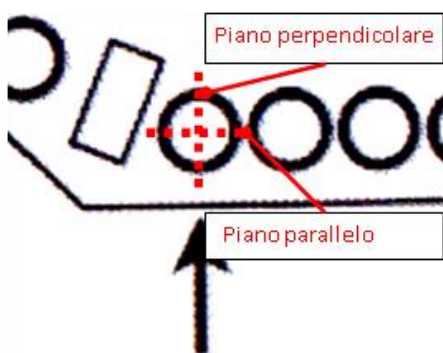
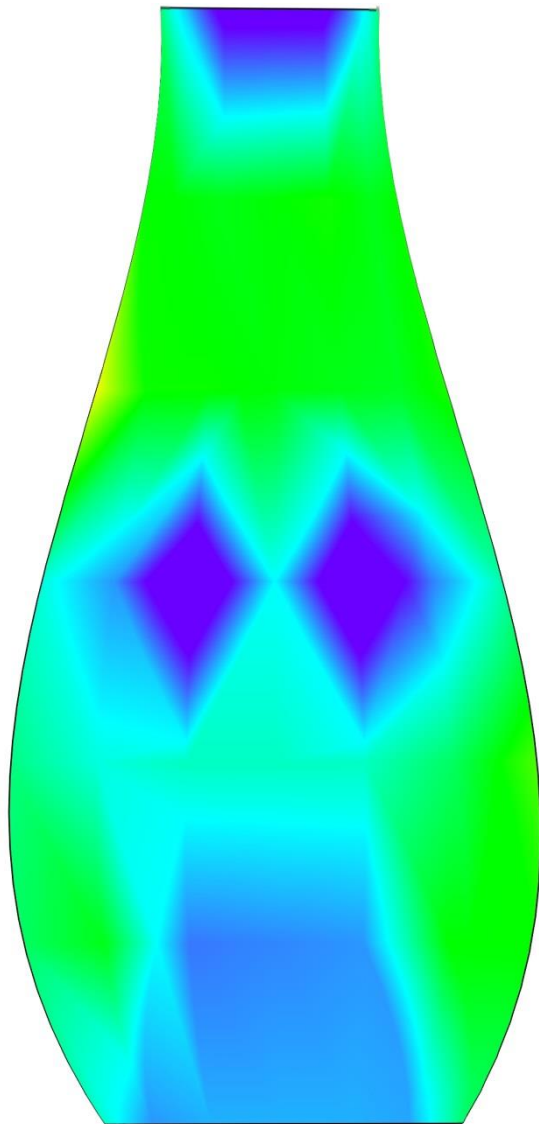
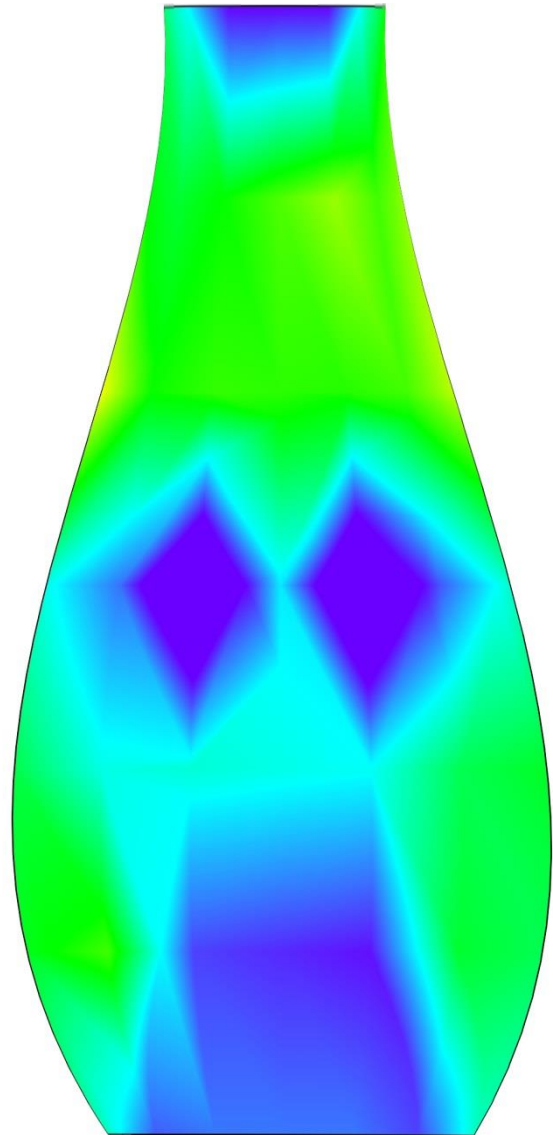


Grafico ad aree del piano mediano paralleloGrafico ad aree del piano perpendicolare

Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s

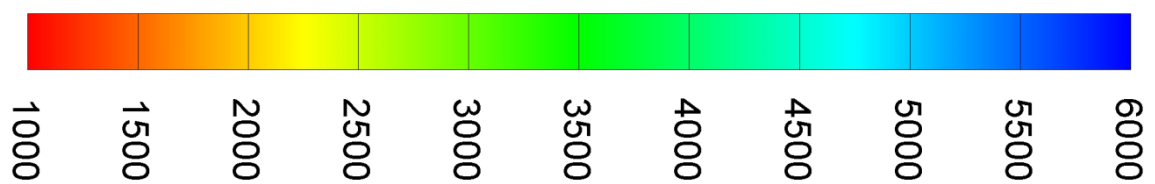


Grafico ad aree del piano mediano parallelo
monitoraggi

Confronto con i precedenti

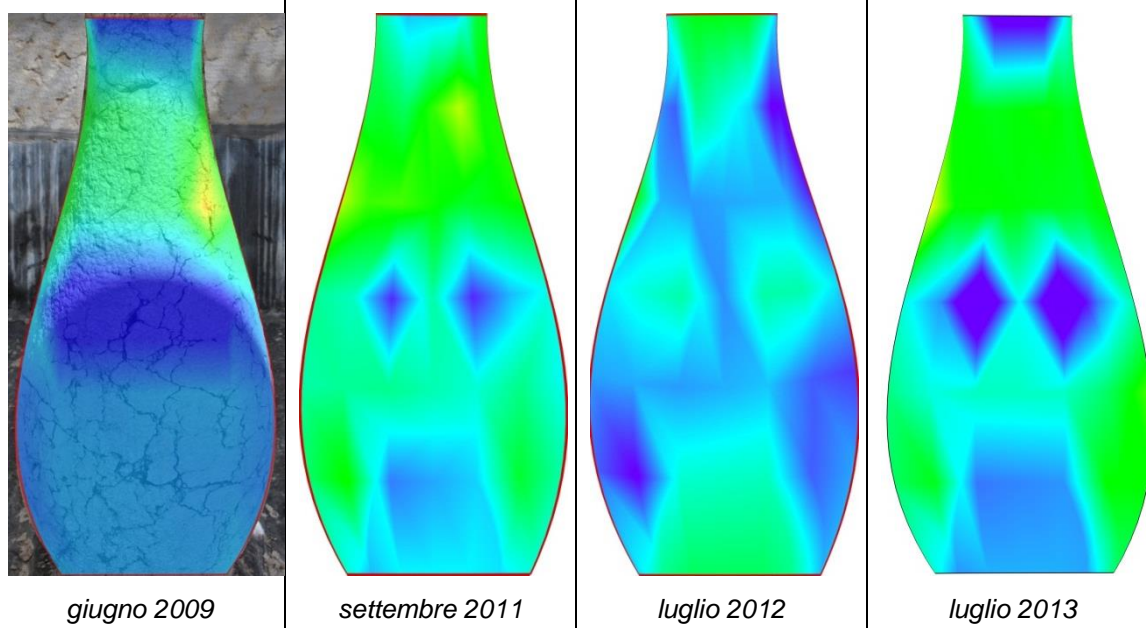
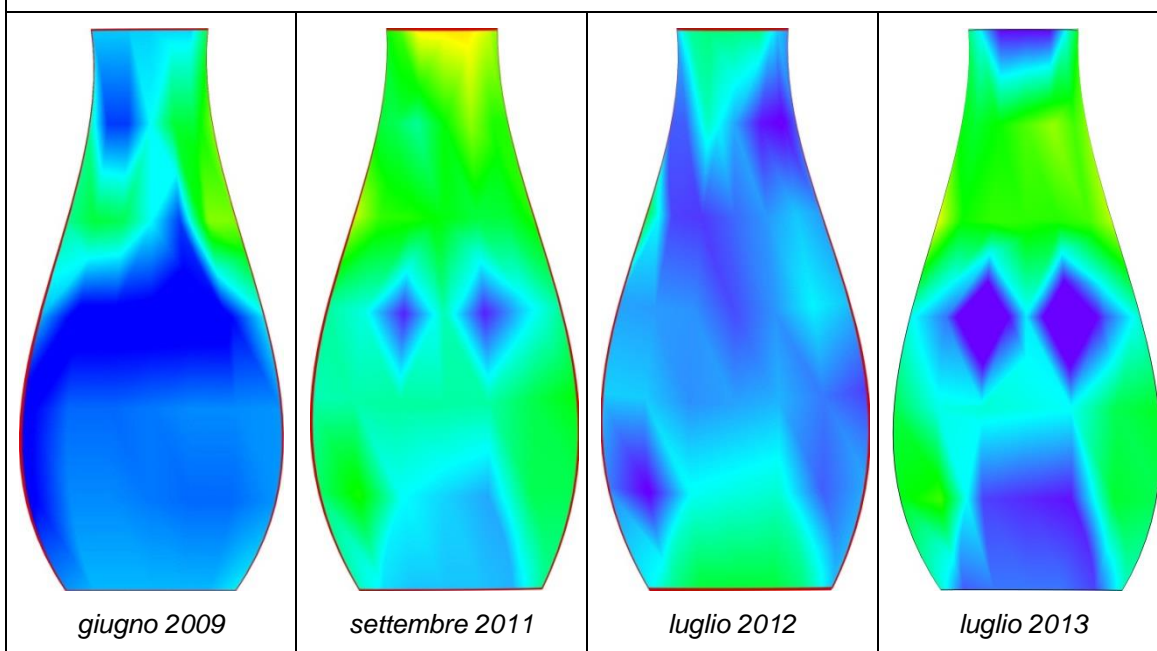


Grafico ad aree del piano perpendicolare
monitoraggi

Confronto con i precedenti



**indice di variazione
complessivo**

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

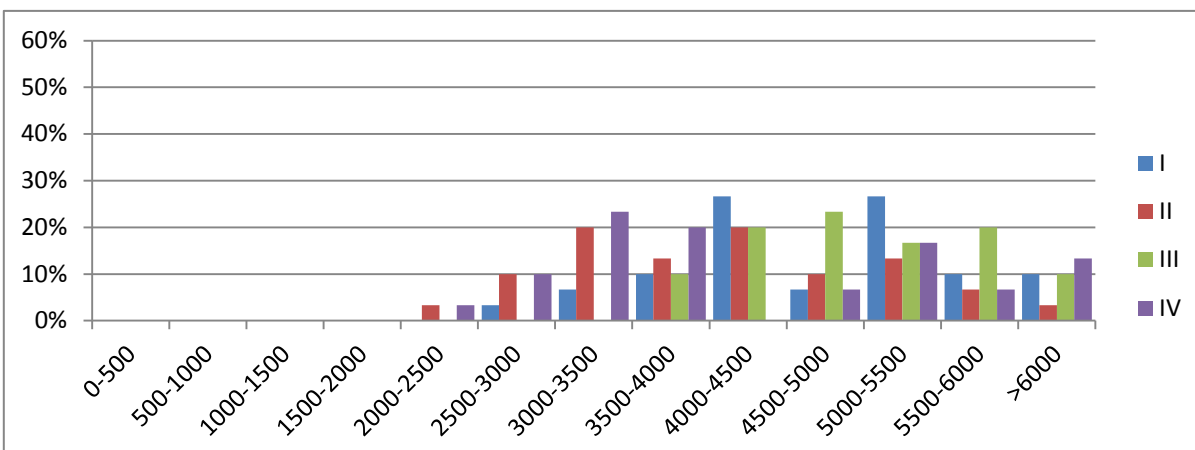
rispetto alla campagna precedente

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

rispetto alla prima misura



Grafico della distribuzione dei valori sonici nei tre diversi monitoraggi

**Osservazioni:**

Si evidenzia un leggero decadimento, comunque di entità limitata e probabilmente attribuibile a fenomeni di natura superficiale.

Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (giugno 2009)		velocità (m/s) II (settembre 2011)		velocità (m/s) III (luglio 2012)		velocità (m/s) IV (luglio 2013)	
	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.	orizz.	vert.
1-2	5882	4972	5056	2113	3557	4091	6294	6000
1-3	3512	4241	3299	3050	4910	5588	3455	3878
1-4	3930	5710	3989	4251	4176	4438	3598	3475
1-5	4426	4479	4415	4363	5386	5522	3410	2967
1-6	4134	4055	3730	3894	5536	5536	3505	3738
2-3	4294	3777	2569	2792	4953	5917	3419	2755
2-4	3363	2874	3253	3647	5135	4524	3740	2870
2-5	4086	4602	3426	3378	6063	6063	3631	3183
2-6	4452	3351	3432	2958	6607	5968	3008	2288
3-4	6529	6291	5828	5864	4318	5278	7116	7600
3-5	5523	6209	4279	4408	5000	4419	4872	4750
3-6	5251	5489	4968	5180	4423	4510	5263	5928
4-5	5180	5312	5374	4733	4510	4694	5412	5679
4-6	5413	5263	6070	4121	4872	5429	3209	5094
5-6	5208	5085	4777	5034	3947	3750	5119	5415



Misure Ultrasoniche - S2 - Elemento angolare

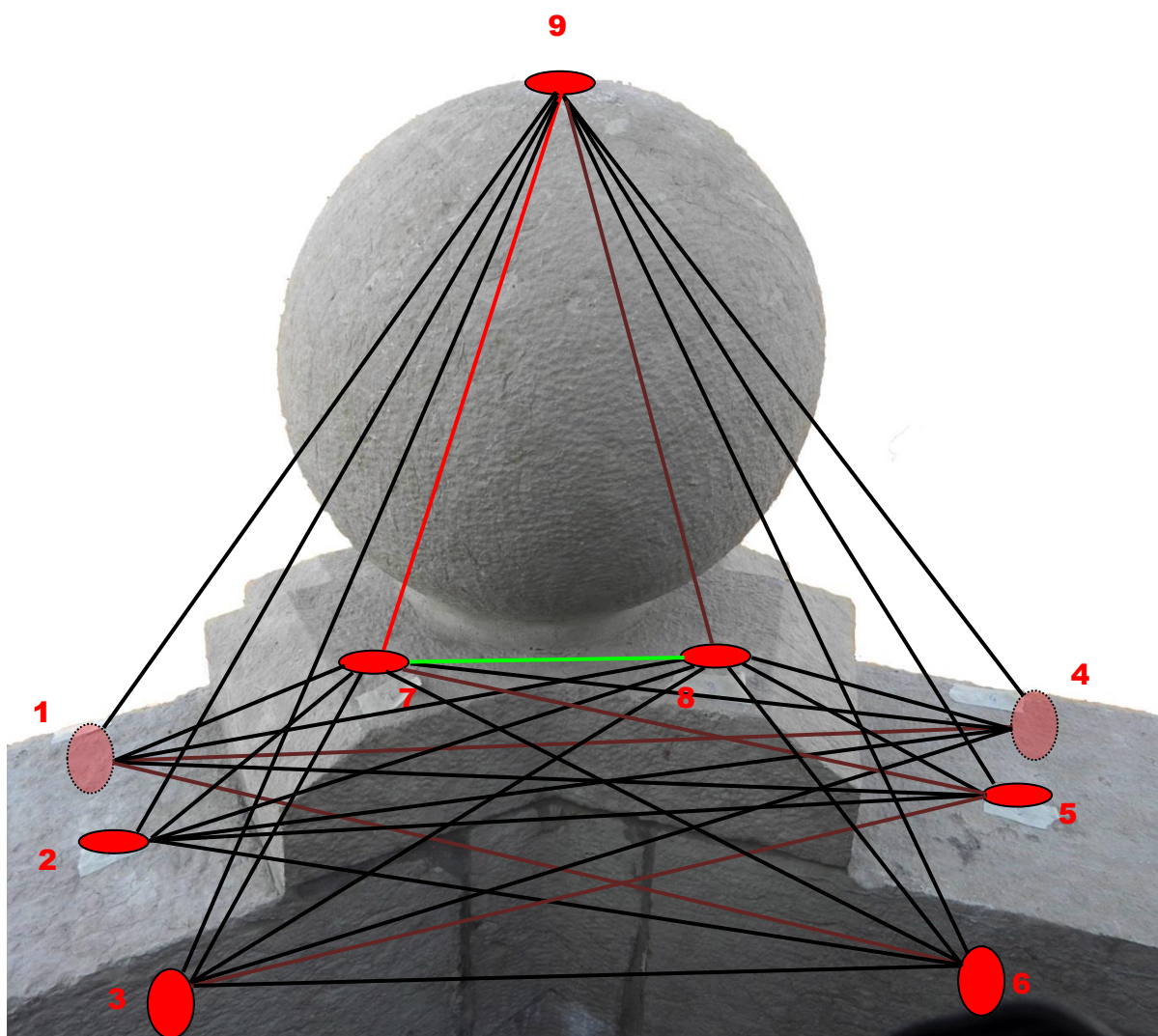
Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: cimasa balaustra superiore

Modalità: tomografia 2D su sezione verticale parallela alla facciata della Torre e perpendicolare

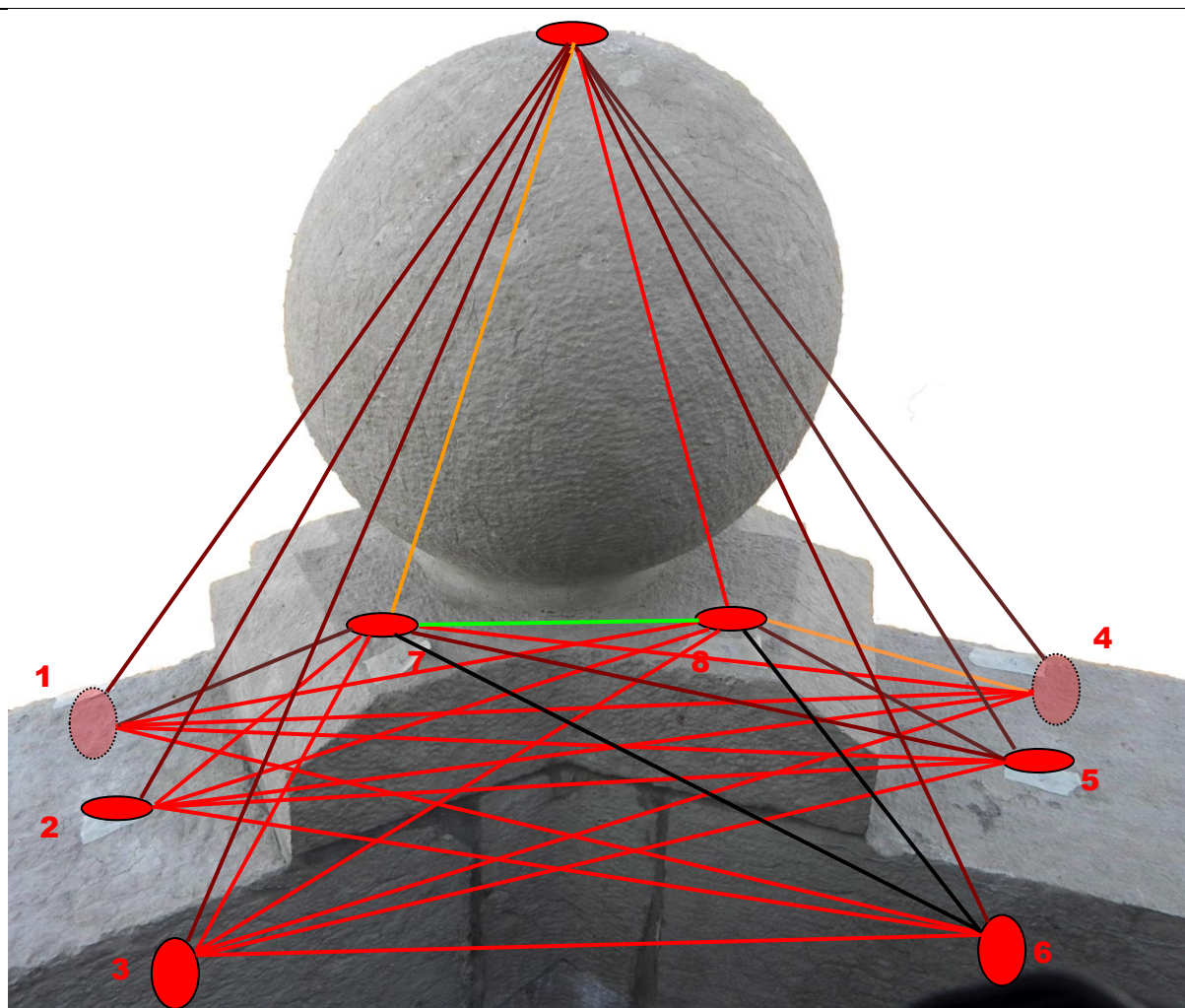


Misure (luglio 2013)



Misure (luglio 2012)



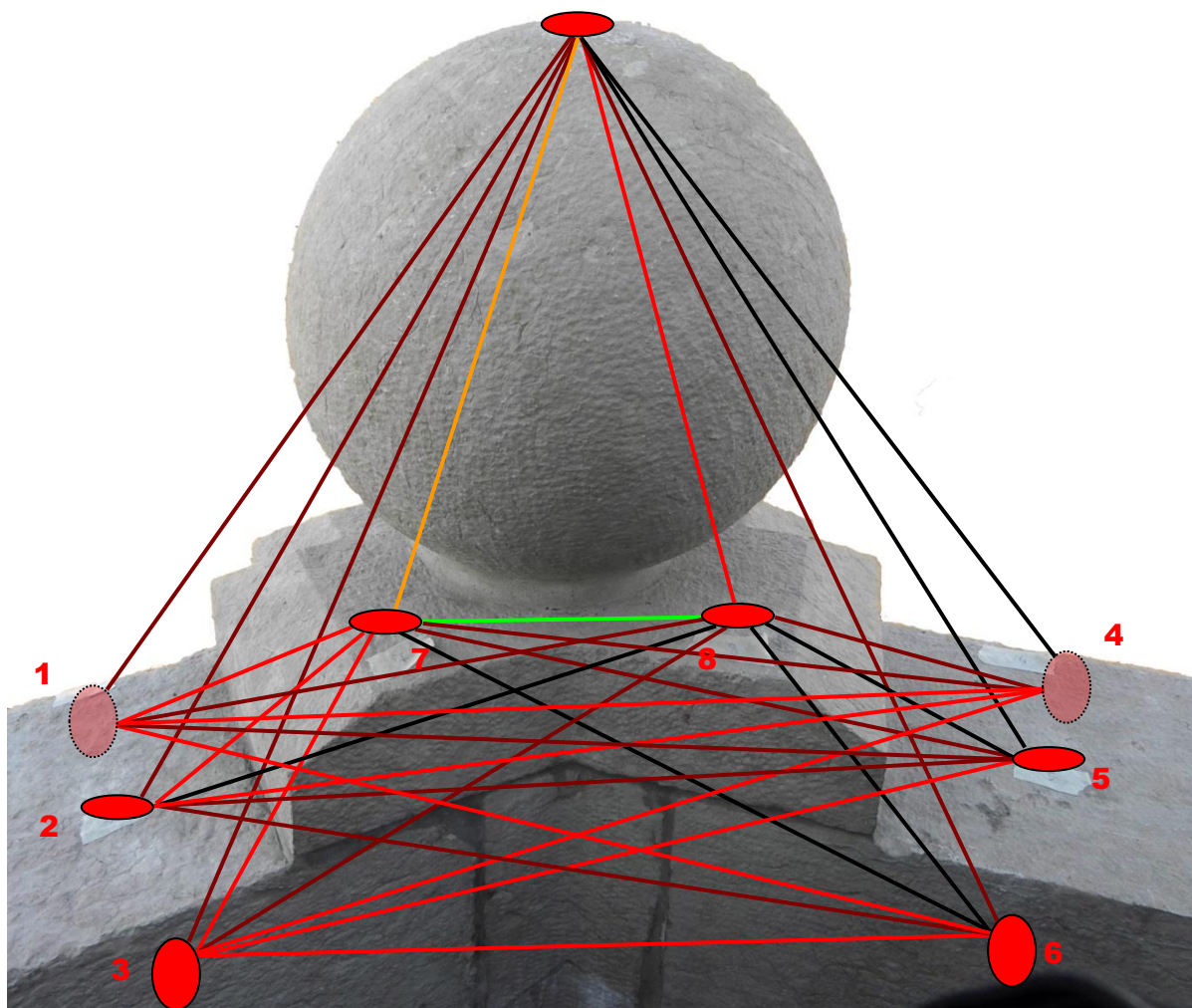


Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s

< 1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000	4000-5000	5000-6000	> 6000



Misure (marzo 2010)



Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s

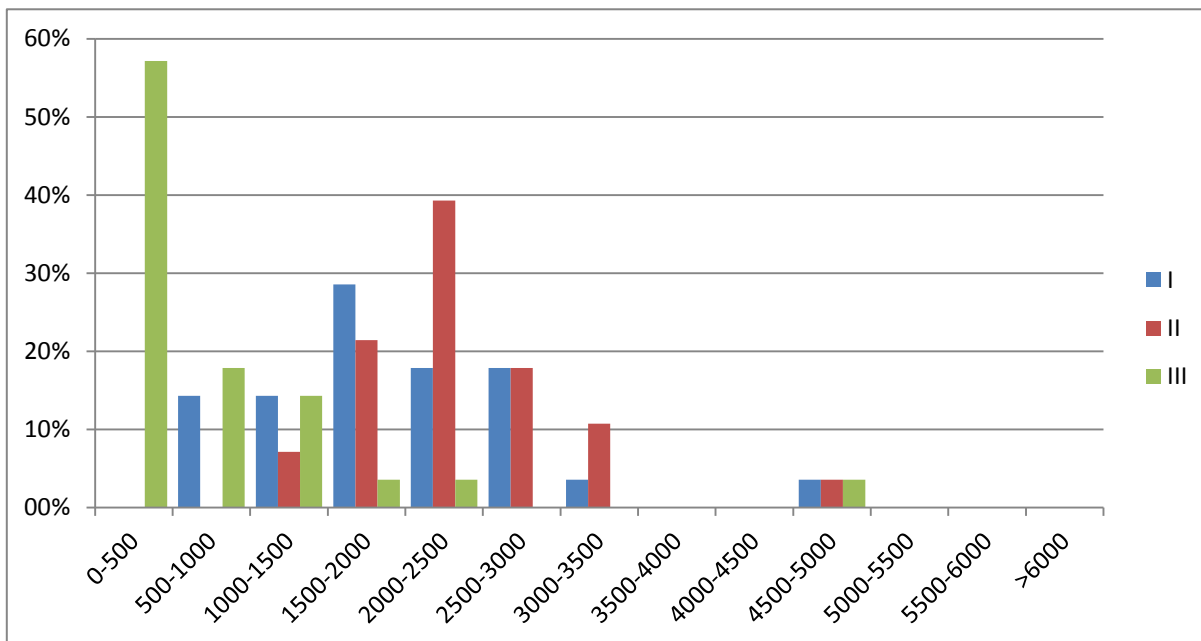
< 1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000	4000-5000	5000-6000	> 6000

indice di variazione complessivo tra il primo e l'ultimo
monitoraggio

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----



Grafico della distribuzione dei valori sonici nei due diversi monitoraggi

**Osservazioni:**

I valori ultrasonici per questa area sono nettamente inferiori rispetto alle altre, ma non possono essere considerati negativi, infatti per convenzione i percorsi sonici sono misurati lungo la traiettoria più breve tra i due punti di misura, percorso impossibile in molti casi per questo elemento. Risulta altresì difficile conoscere il percorso esatto dell'onda sonora, pertanto le considerazioni che si possono eseguire per questo elemento sono solo di tipo relativo tra i due monitoraggi e non assoluto. Si tenga inoltre in considerazione anche la presenza delle lastre di piombo che amplificano le diminuzioni delle velocità ultrasoniche.

Rispetto al monitoraggio precedente la situazione risulta notevolmente diversa. Molti percorsi presentano nette diminuzioni nei valori sonici e in molti casi l'onda ultrasonora non passa liberamente.

Rispetto agli elementi precedenti questo è composto da diverse parti lapidee assemblate tra loro. Osservando i risultati si può concludere come i diversi elementi presentino una minore continuità nelle aree di contatto tra loro, mentre hanno una sufficiente coesione all'interno di essi.

Si può ipotizzare che sia venuta meno la continuità assicurata dalle stuccature tra i vari conci e che la tenuta del sistema sia ora assicurata dai soli perni interni.



Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (marzo 2010)	velocità (m/s) II (luglio 2012)	velocità (m/s) III (luglio 2013)
1-4	2872	3000	1040
1-5	1643	2464	569
1-6	2483	2402	1106
1-7	2770	3314	0
1-8	1612	2335	0
1-9	1250	1664	0
2-4	2389	2694	995
2-5	1525	2205	0
2-6	1818	2258	670
2-7	2114	2307	0
2-8	989	2360	956
2-9	1030	1660	0
3-4	2835	2942	425
3-5	2104	2021	1039
3-6	2894	2712	0
3-7	2039	2447	0
3-8	1843	2210	0
3-9	1594	1701	0
4-7	1625	2087	887
4-8	1444	3067	401
4-9	817	1645	0
5-7	1525	1934	1136
5-8	903	1835	324
5-9	684	1496	0
6-9	1126	1476	0
7-8	4734	4734	4752
7-9	3061	3497	2030
8-9	2663	2928	1700



Misure Ultrasoniche – S3 – Cimasa

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: cimasa balaustra inferiore

Modalità: tomografia 2D su sezione verticale
parallela alla facciata della Torre
nella parte interna

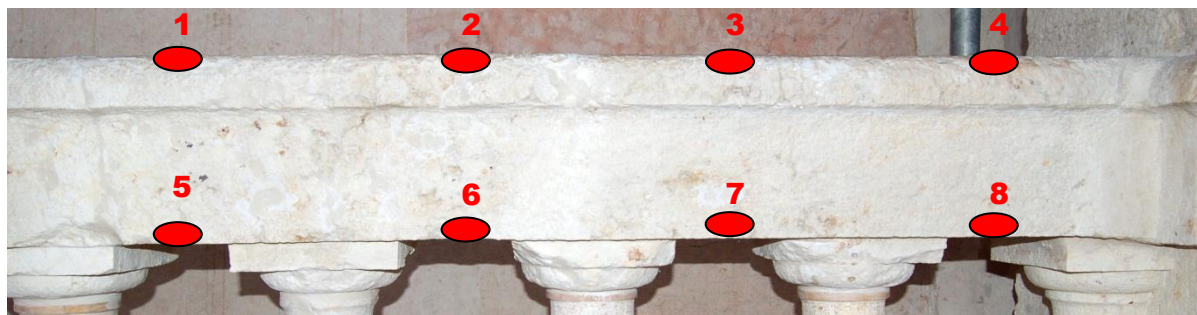
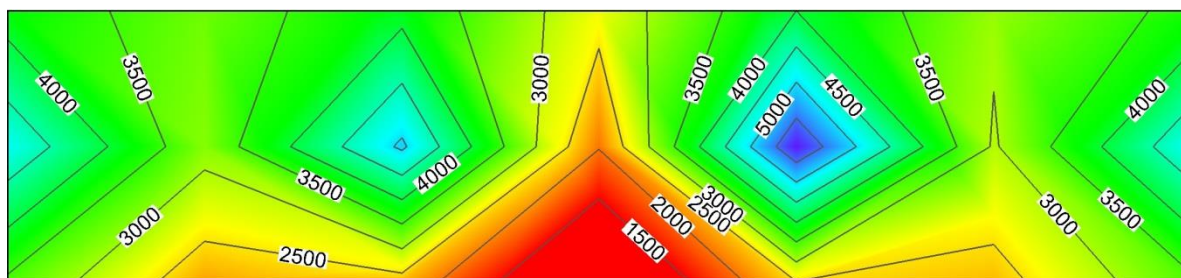
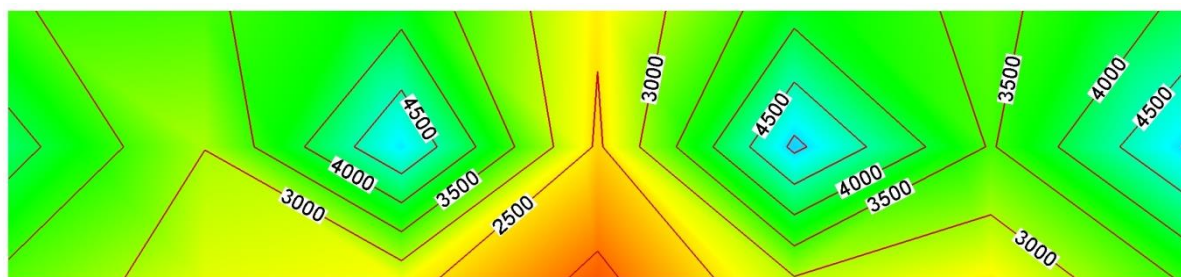
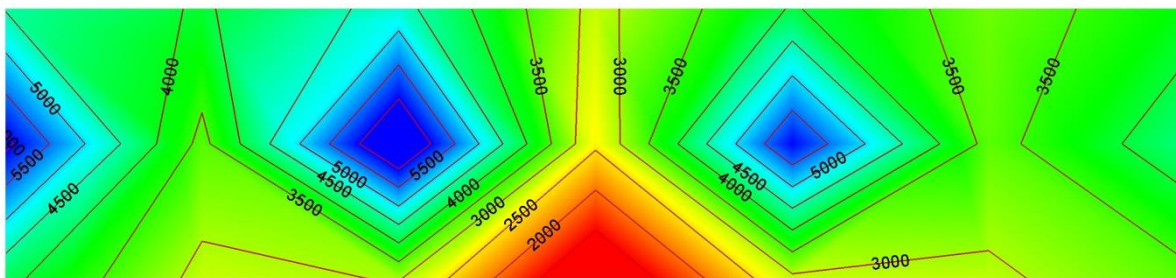
esterno**Torre***Foto**grafico ultrasonico (luglio 2013)**grafico ultrasonico (luglio 2012)*

grafico ultrasonico (luglio 2010)



Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s



indice di variazione complessivo rispetto al precedente



indice di variazione compl. rispetto al primo monitoraggio

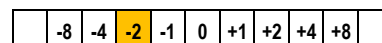
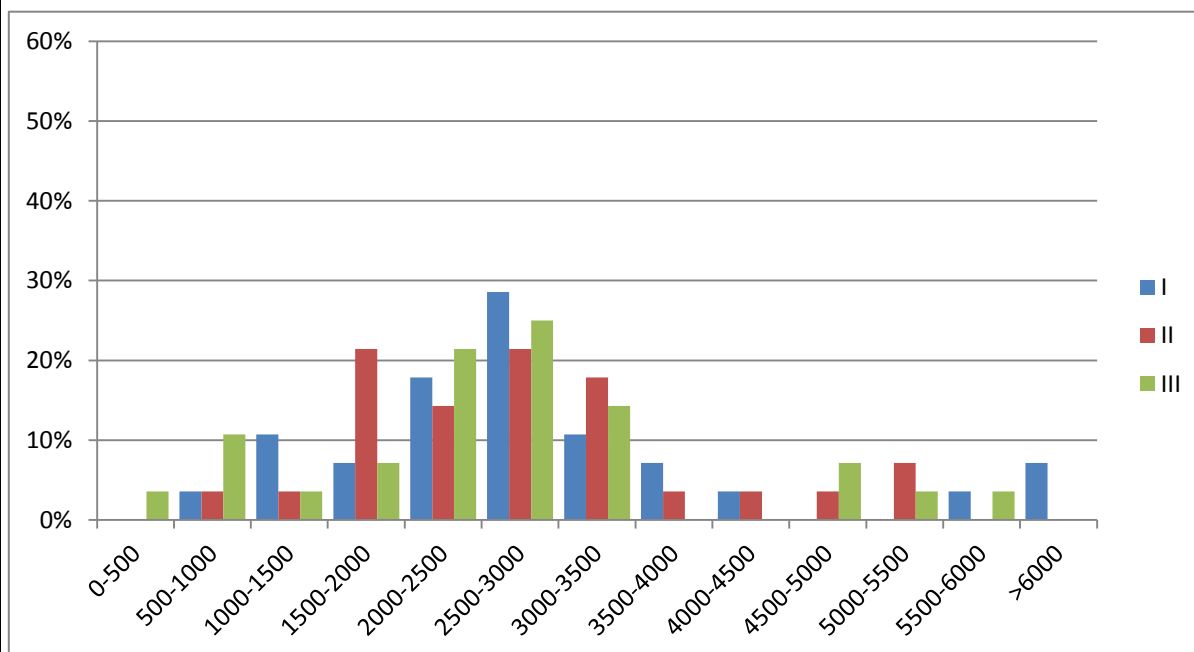


Grafico della distribuzione dei valori sonici nei due diversi monitoraggi



Osservazioni:

Lo stato della cimasa sembra essere sostanzialmente confermato anche in quest'ultimo monitoraggio. Si registra un leggero incremento (in termini di valori sonici) della discontinuità centrale ben visibile in tutte le analisi fino a qui realizzate.



Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (luglio 2010)	velocità (m/s) II (luglio 2012)	velocità (m/s) III (luglio 2013)
1-2	3951	3448	3255
1-3	2977	2572	2680
1-4	2807	1787	2512
1-5	6111	4198	4867
1-6	3319	2879	3165
1-7	2197	1449	2160
1-8	1601	2333	1566
2-3	2857	2556	2682
2-4	2667	2882	2512
2-5	3406	3134	3165
2-6	6667	4966	5081
2-7	2194	3046	2167
2-8	2108	2465	2519
3-4	3265	3383	3077
3-5	2108	2087	2310
3-6	2964	1815	1885
3-7	5978	5104	5898
3-8	2877	3022	2994
4-5	1990	1681	1288
4-6	2008	2112	2110
4-7	3807	3891	2902
4-8	4314	5046	4867
5-6	2857	2740	2211
5-7	1448	1503	826
5-8	1058	1899	0
6-7	889	1870	658
6-8	1461	969	893
7-8	2909	2548	2324



Misure Ultrasoniche – S3 – Cimasa

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: cimasa balastra inferiore

Modalità: tomografia 2D su sezione verticale
parallela alla facciata della Torre
nella parte esterna

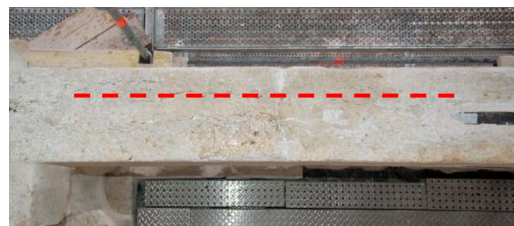
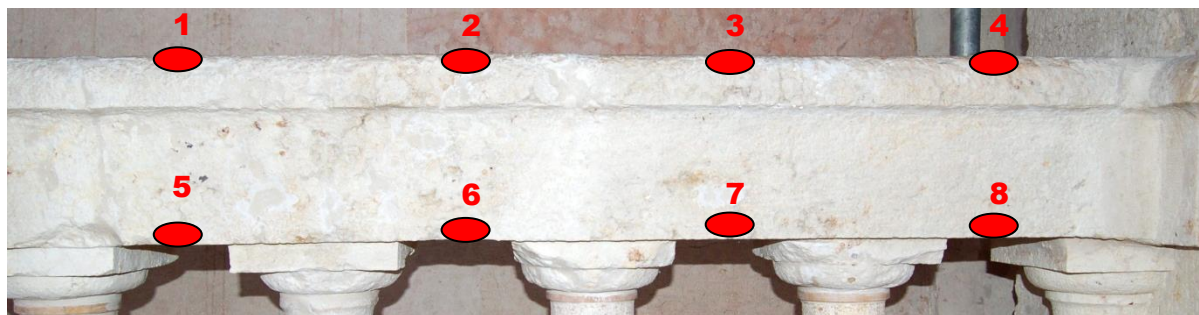
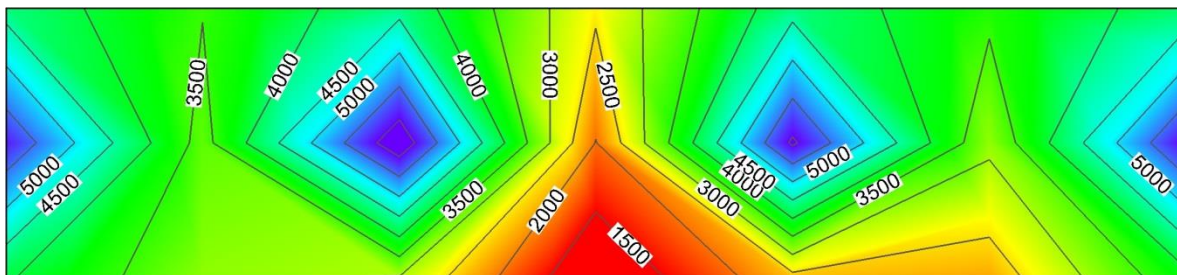
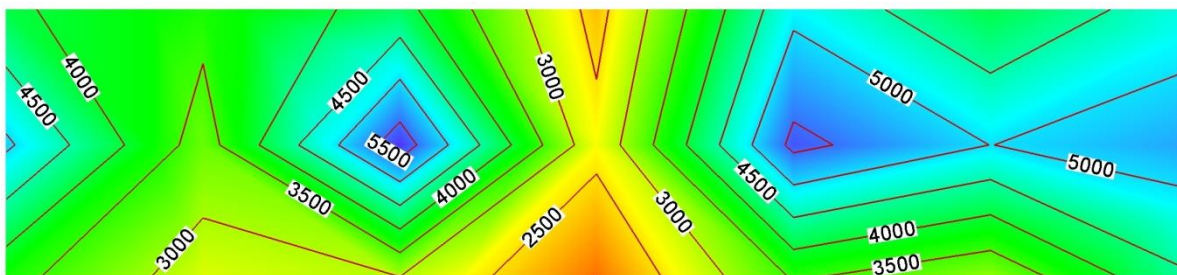
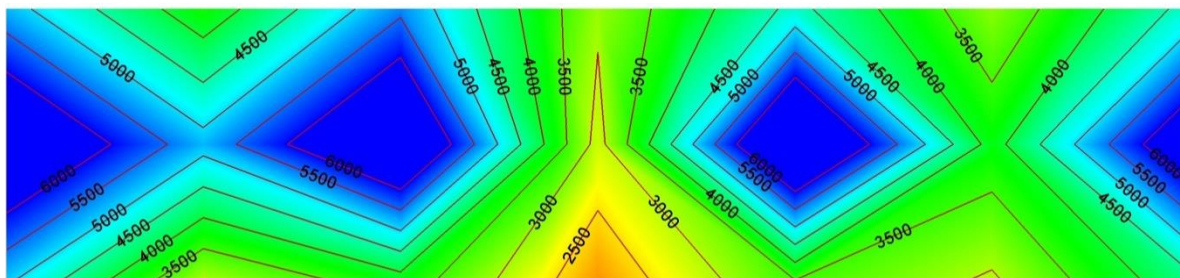
esterno**Torre***Foto**grafico ultrasonico (luglio 2013)**grafico ultrasonico (luglio 2012)*

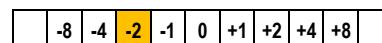
grafico ultrasonico (luglio 2010)



Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s



indice di variazione complessivo rispetto al precedente



indice di variazione compl. rispetto al primo monitoraggio

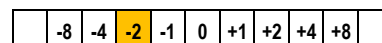
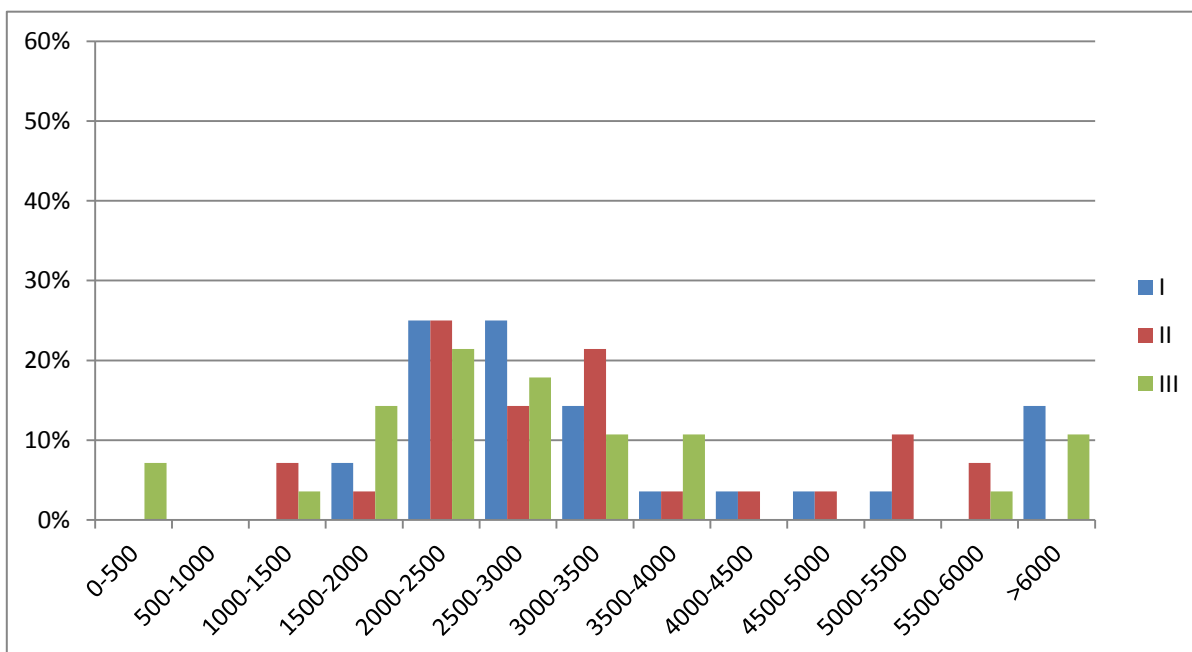


Grafico della distribuzione dei valori sonici nei due diversi monitoraggi



Osservazioni:

Lo stato della cimasa sembra essere sostanzialmente confermato anche in quest'ultimo monitoraggio. Si registra un leggero incremento (in termini di valori sonici) della discontinuità centrale ben visibile in tutte le analisi fino a qui realizzate.



Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (luglio 2010)	velocità (m/s) II (luglio 2012)	velocità (m/s) III (luglio 2013)
1-2	3682	3641	3520
1-3	2956	3046	2873
1-4	2940	3042	2894
1-5	6918	5081	5898
1-6	4979	3480	3537
1-7	2593	2447	2212
1-8	2194	2343	2396
2-3	3077	2348	2591
2-4	2963	2878	2605
2-5	5393	3097	3132
2-6	7097	5774	6340
2-7	2489	3122	1812
2-8	2417	2805	2247
3-4	3137	4061	3616
3-5	2774	2767	2179
3-6	3183	2166	2155
3-7	7333	5627	6077
3-8	3437	4966	3255
4-5	2334	2318	1789
4-6	2248	2411	1966
4-7	4176	5024	2964
4-8	6667	5263	6027
5-6	2991	2756	3122
5-7	2424	1390	1620
5-8	1909	1176	0
6-7	2148	1979	1044
6-8	1910	2291	0
7-8	2936	3077	2238



Misure Ultrasoniche – S3 – Cimsa

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: cimsa balaustra inferiore

Modalità: tomografia 2D su sezione orizzontale



Foto

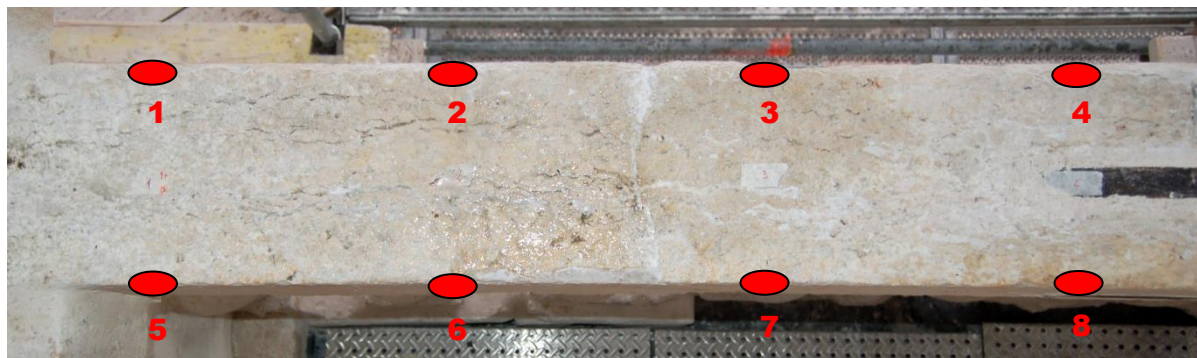


grafico ultrasonico (luglio 2013)

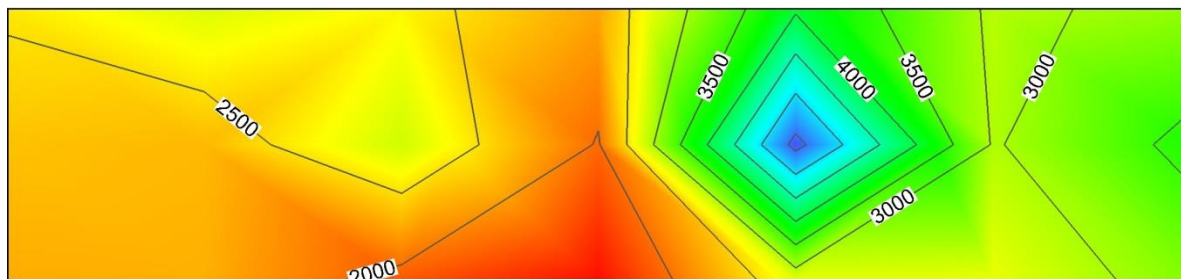


grafico ultrasonico (luglio 2012)

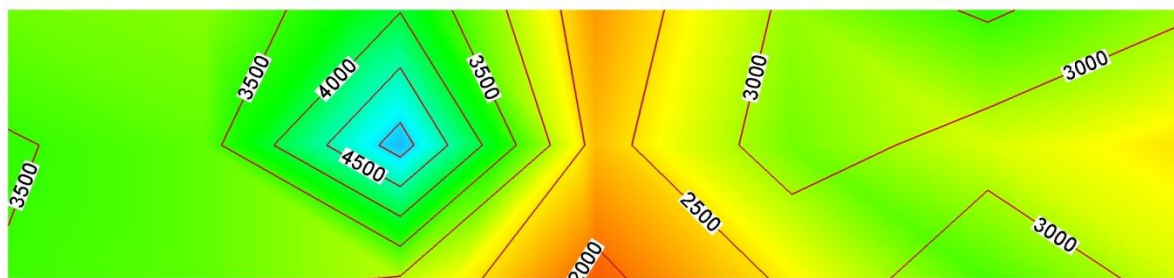
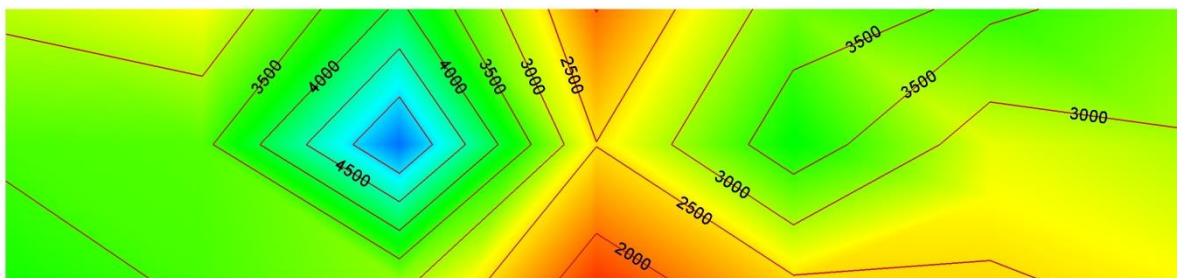


grafico ultrasonico (luglio 2010)



Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s



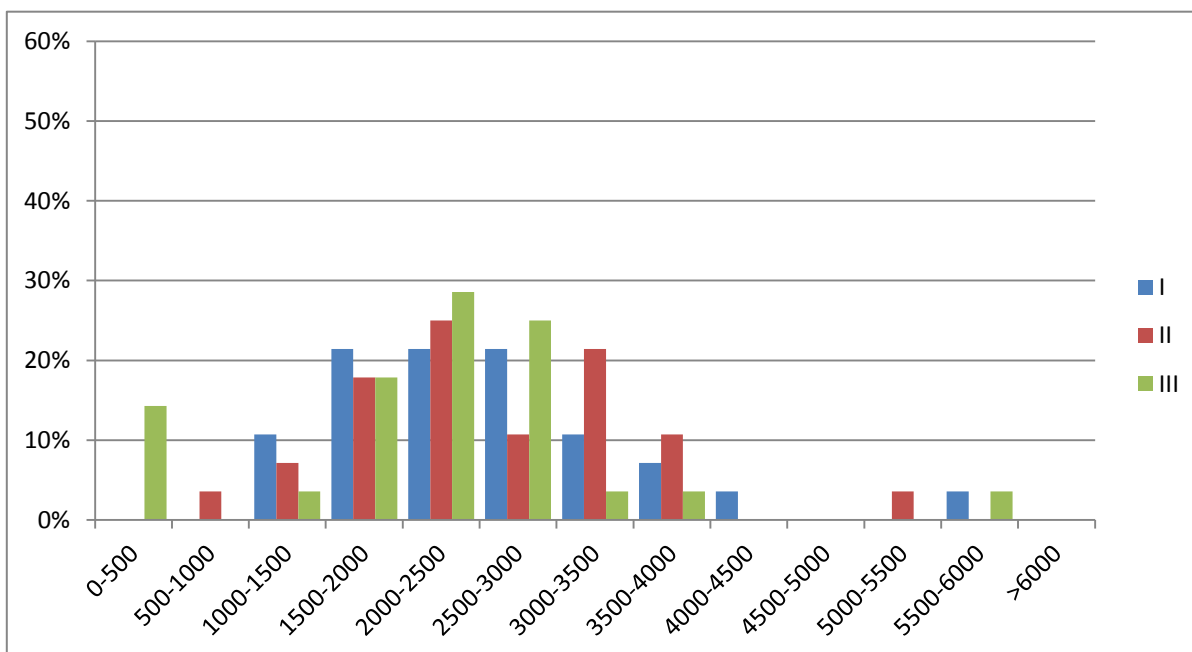
indice di variazione complessivo rispetto al precedente

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

indice di variazione compl. rispetto al primo monitoraggio

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

Grafico della distribuzione dei valori sonici nei due diversi monitoraggi



Osservazioni:

Lo stato della cimasa sembra essere sostanzialmente confermato anche in quest'ultimo monitoraggio. Si registra un leggero incremento (in termini di valori sonici) della discontinuità centrale ben visibile in tutte le analisi fino a qui realizzate.



Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s) I (luglio 2010)	velocità (m/s) II (luglio 2012)	velocità (m/s) III (luglio 2013)
1-2	2623	3156	2778
1-3	1910	2297	2050
1-4	2222	2524	2212
1-5	3438	3531	2353
1-6	2642	3099	2478
1-7	1163	2024	2573
1-8	1340	1697	1676
2-3	1988	2178	2238
2-4	2013	1990	2568
2-5	4131	3569	2172
2-6	5500	5201	2842
2-7	2145	2241	1781
2-8	1202	1364	1424
3-4	3596	3571	2936
3-5	2535	2307	0
3-6	2877	2427	2167
3-7	3793	3245	5641
3-8	2397	2478	3201
4-5	1883	1364	0
4-6	2002	2576	1741
4-7	3058	3087	2719
4-8	2973	2506	3624
5-6	3441	3337	2273
5-7	2570	1636	0
5-8	1519	965	0
6-7	1730	1889	1561
6-8	1524	1577	1949
7-8	2462	3430	2700



Misure Ultrasoniche – UE03

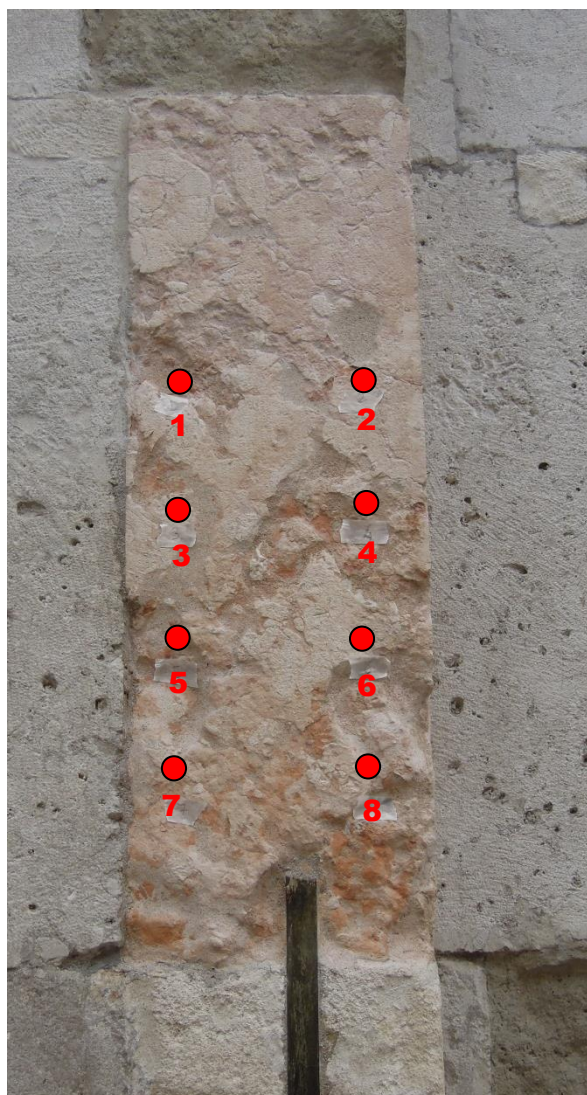
Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: concio di rosso ammonitico (dopo restauro)

Modalità: tomografia 2D e percorsi angolari



Foto



Foto

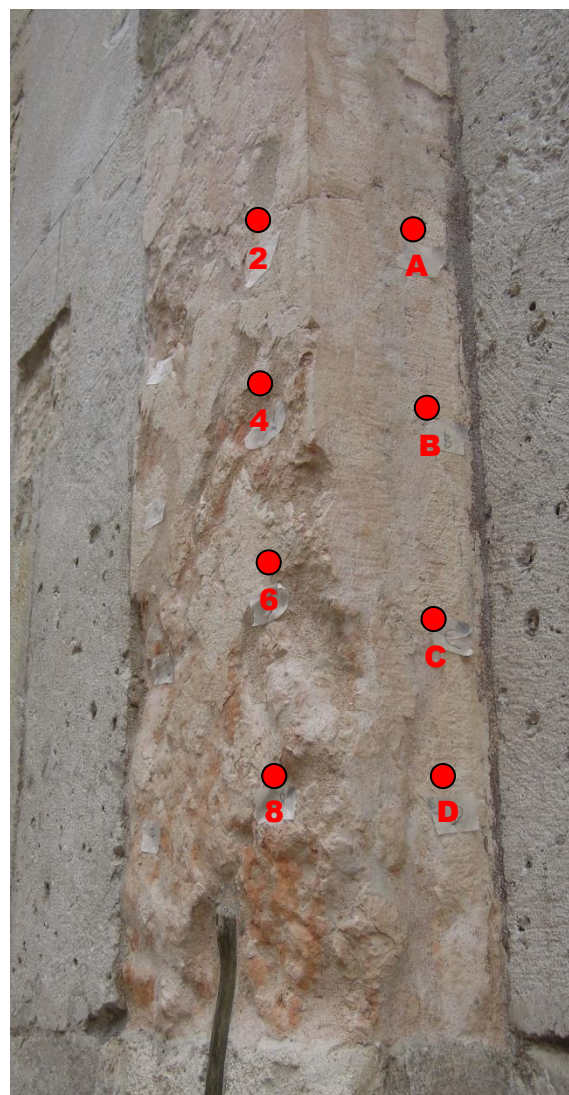
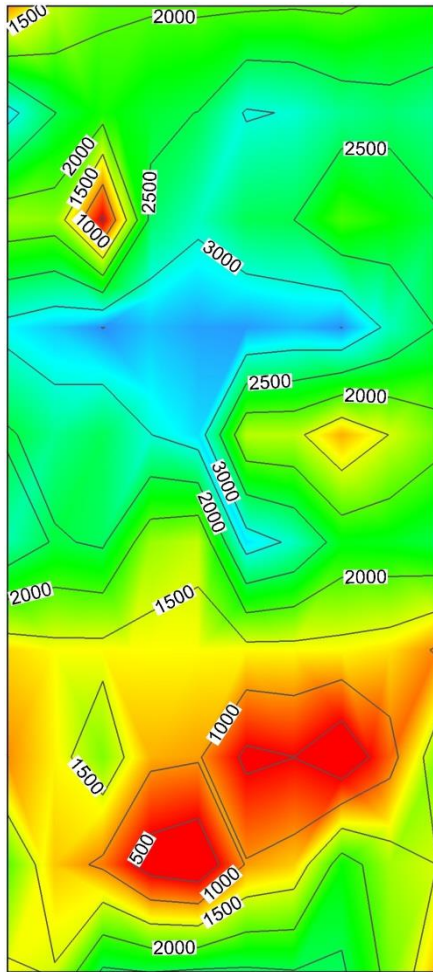
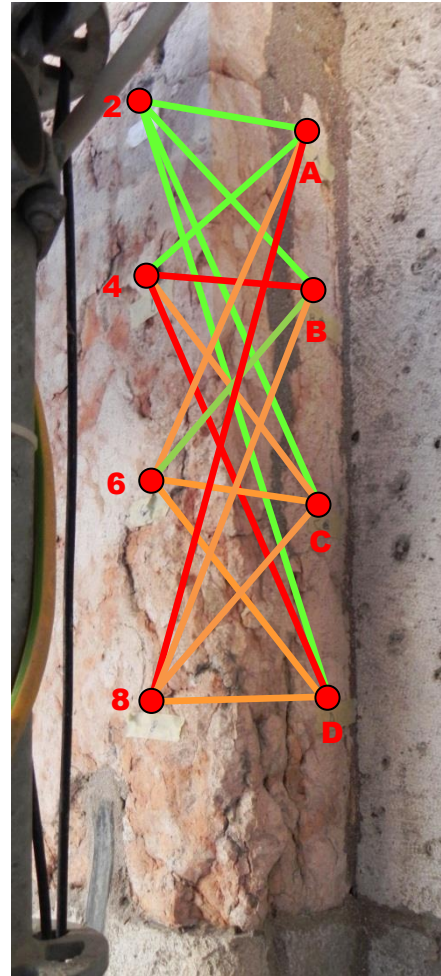


grafico ultrasonico (luglio 2013)

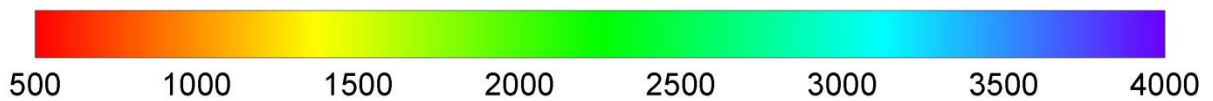
Foto



Foto



Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s








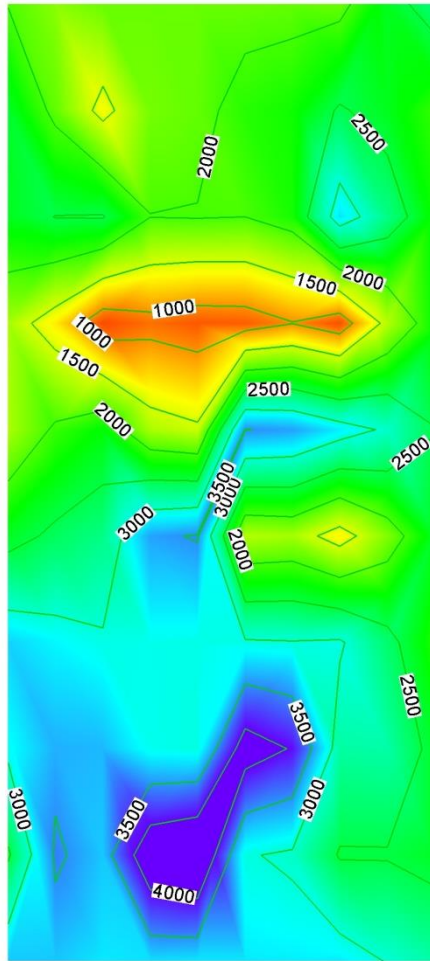
				
< 500 m/s	500-1500 m/s	1500-2500 m/s	2500-3500 m/s	> 4000 m/s

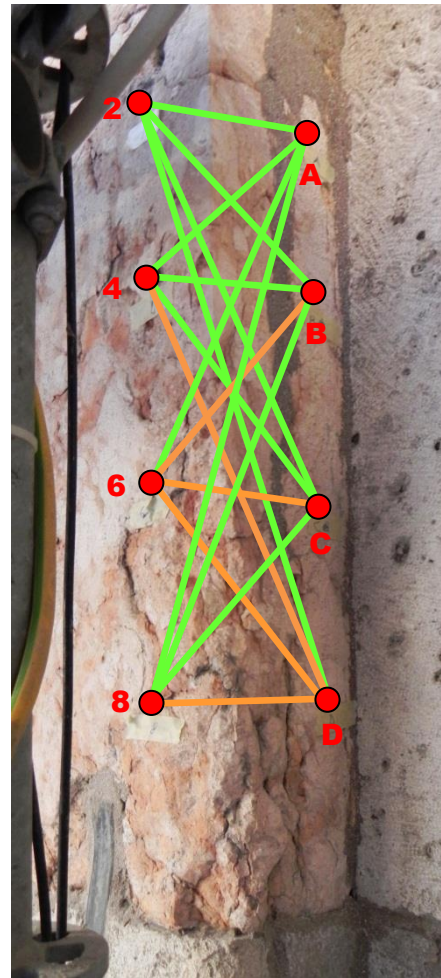


grafico ultrasonico (luglio 2012)

Foto



Foto



Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s








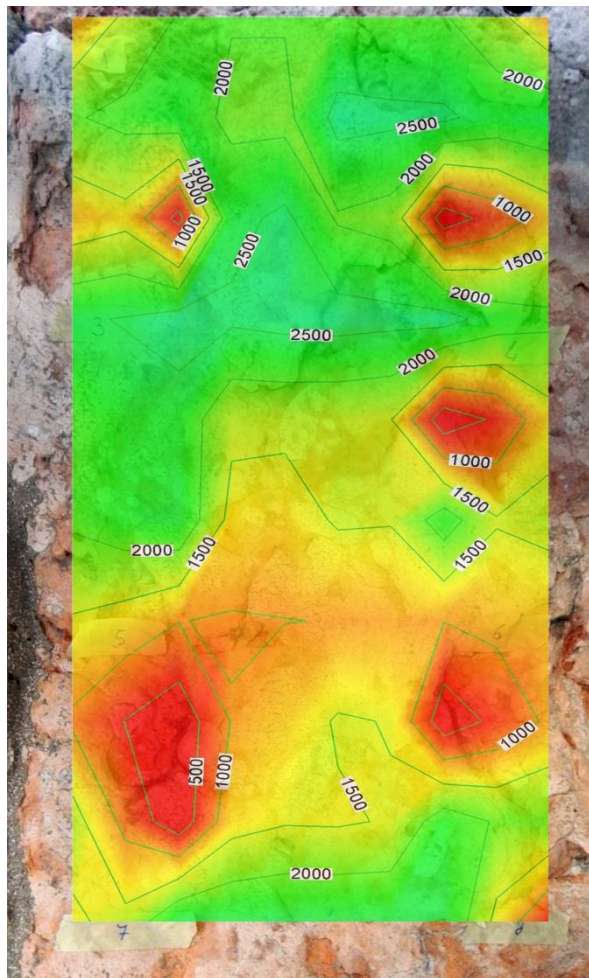
				
< 500 m/s	500-1500 m/s	1500-2500 m/s	2500-3500 m/s	> 4000 m/s

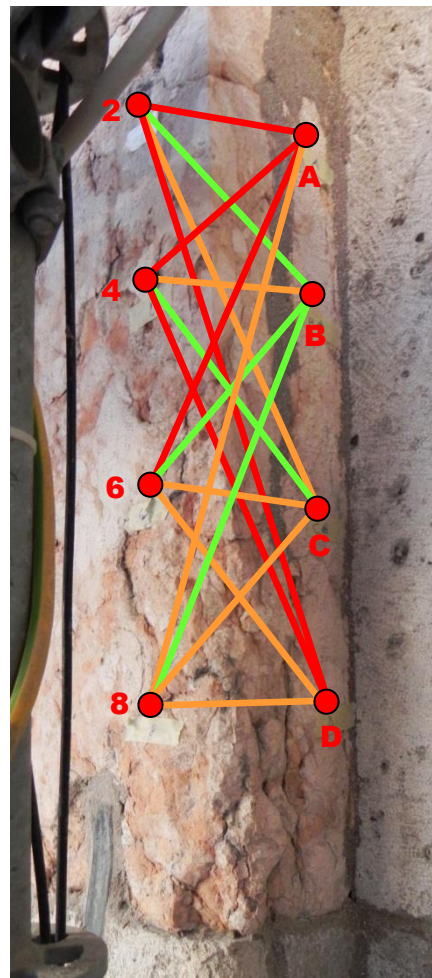


grafico ultrasonico (aprile 2011 – prima del restauro)

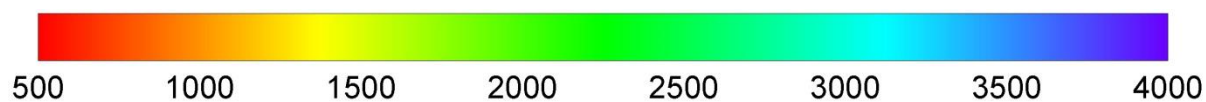
Foto



Foto



Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s



< 500 m/s	500-1500 m/s	1500-2500 m/s	2500-3500 m/s	> 4000 m/s

indice di variazione complessivo rispetto al precedente

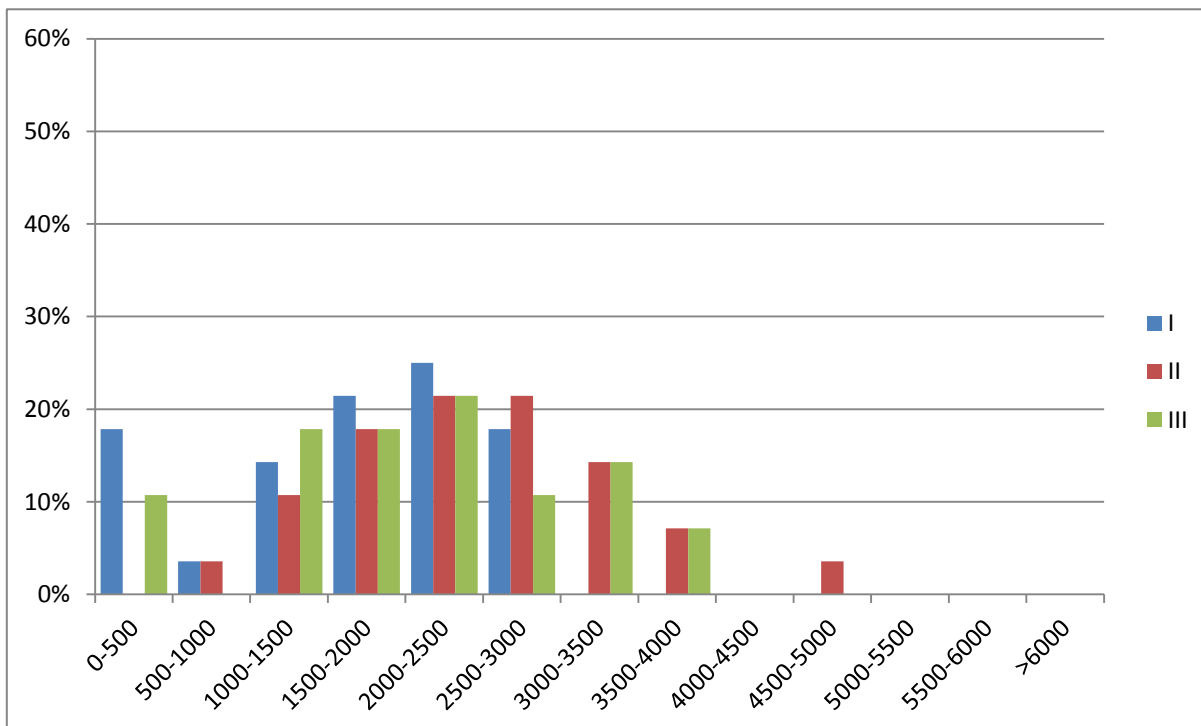
-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

indice di variazione compl. rispetto al primo monitoraggio

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----



Grafico della distribuzione dei valori sonici nei due diversi monitoraggi

**Osservazioni:**

L'incremento – in termini di continuità materica – sottolineato dalle misure ultrasoniche dopo il restauro sembra essersi leggermente ridimensionato. Si registrano alcuni peggioramenti sulla parte superficiale bassa del concio con valori di velocità ultrasonica molto bassi fino all'interruzione del segnale indicata con il valore zero.

Tale evoluzione comunque risulta abbastanza normale nel caso di elementi, come questo, così scagliati ed eterogenei già in partenza e riconducibile anche alla natura petrografica del lapideo.



Dati ottenuti in velocità (m/s)

p.	04-2011	07-2012	07-2013	p.	04-2011	07-2012	07-2013
1-2	2037	3190	1936	2-A	483	1649	2155
1-3	2180	3597	3178	2-B	2118	1786	2091
1-4	1809	4655	2495	2-C	654	2040	2251
1-5	1711	1178	3158	2-D	0	2430	2445
1-6	2353	3135	2133	4-A	441	2153	2063
1-7	0	2699	0	4-B	1159	1702	461
1-8	0	3408	0	4-C	1518	1713	623
2-3	2709	2959	3086	4-D	0	902	0
2-4	2199	2283	2451	6-A	0	1634	1229
2-5	2570	2401	2705	6-B	1821	1312	2309
2-6	2613	2457	3119	6-C	611	1134	810
2-7	0	2590	1936	6-D	913	1332	1237
2-8	0	2458	2394	8-A	1369	1660	0
3-4	2703	3044	3509	8-B	1583	1827	806
3-5	2451	1997	2650	8-C	1134	1526	1182
3-6	1866	3671	3906	8-D	1085	1030	1278
3-7	1707	2854	2132				
3-8	2393	2603	2401				
4-5	1499	1224	1461				
4-6	886	2555	1892				
4-7	0	1302	1020				
4-8	1946	2131	1768				
5-6	1009	754	1370				
5-7	1705	1997	1807				
5-8	1419	2129	1047				
6-7	1464	1901	0				
6-8	2041	1997	1253				
7-8	2509	1894	2571				



Misure Ultrasoniche – UE04

Data di esecuzione: 3 luglio 2013

Elemento: concio di trachite (dopo restauro)

Modalità: tomografia 2D



Foto

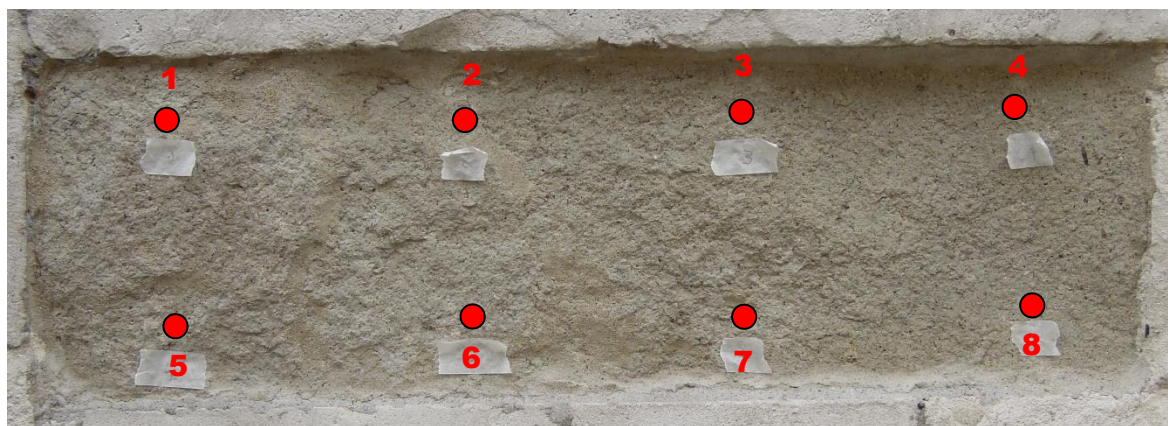


grafico ultrasonico (luglio 2013)

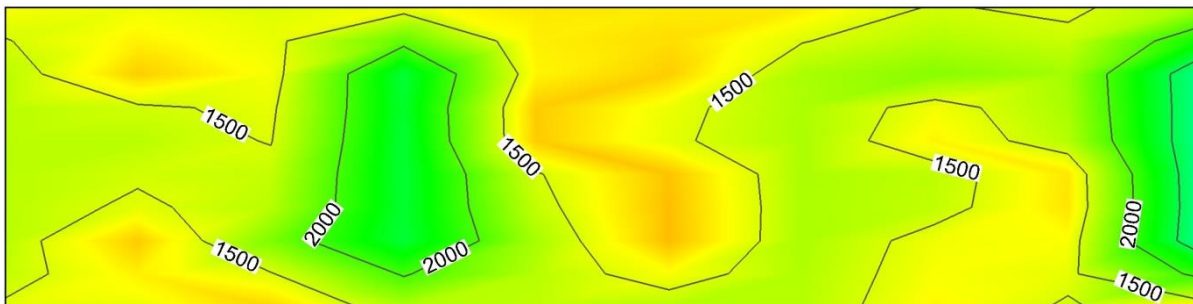


grafico ultrasonico (luglio 2012)

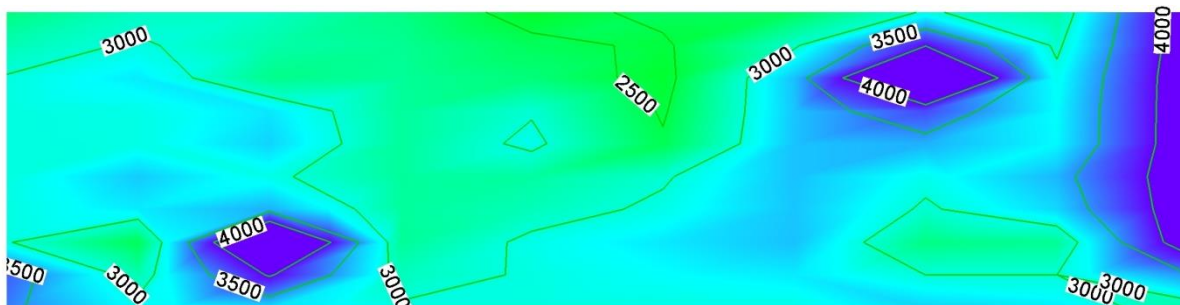
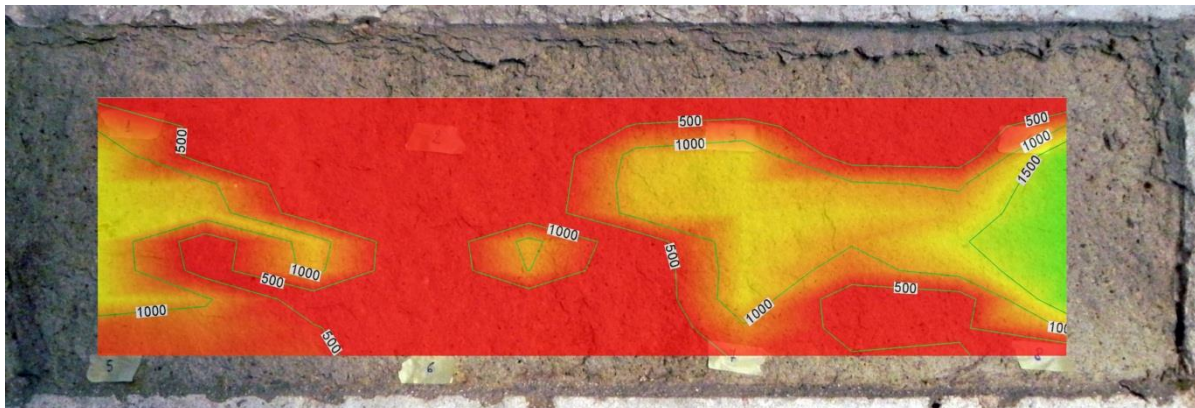


grafico ultrasonico (aprile 2011)



Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s



< 500 m/s	500-1500 m/s	1500-2500 m/s	2500-3500 m/s	> 4000 m/s	

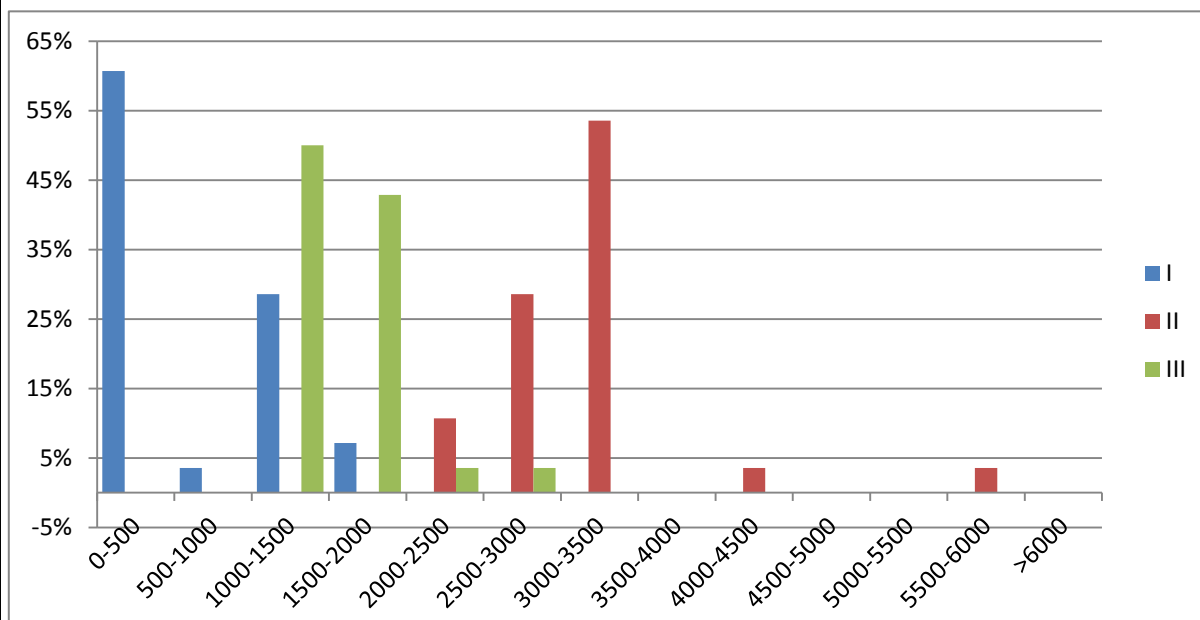
indice di variazione complessivo rispetto al precedente

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8
----	----	----	----	---	----	----	----	----

indice di variazione compl. rispetto al primo monitoraggio

-8	-4	-2	-1	0	+1	+2	+4	+8	+32
----	----	----	----	---	----	----	----	----	-----

Grafico della distribuzione dei valori sonici nei due diversi monitoraggi



Osservazioni:

Anche in questo caso, come per il precedente, il concio, presenta un maggiore stato di degrado superficiale rispetto all'ultimo monitoraggio rimanendo comunque a valori ben superiori rispetto a quelli pre-restauro.

percorso	velocità (m/s) I (aprile 2011)	velocità (m/s) II (luglio 2012)	velocità (m/s) III (luglio 2013)
1-2	819	2789	1415
1-3	0	3037	1435
1-4	0	3050	1568
1-5	1386	3018	1613
1-6	1455	2987	1637
1-7	0	3244	1127
1-8	0	2610	1381
2-3	0	2105	1187
2-4	0	2614	1402
2-5	0	3378	1529
2-6	0	2778	2431
2-7	0	3086	1100
2-8	0	2621	1388
3-4	0	2941	1475
3-5	1202	2373	1145
3-6	1499	2451	1529
3-7	1325	3333	1663
3-8	1536	3425	1230
4-5	0	5622	1901
4-6	0	3073	1705
4-7	1169	3086	1672
4-8	1974	4286	2747
5-6	1351	3125	1168
5-7	0	3053	1739
5-8	0	3261	1221
6-7	0	2985	1572
6-8	0	3030	1647
7-8	1077	3333	1429



TORRE DELLA GHIRLANDINA MODENA

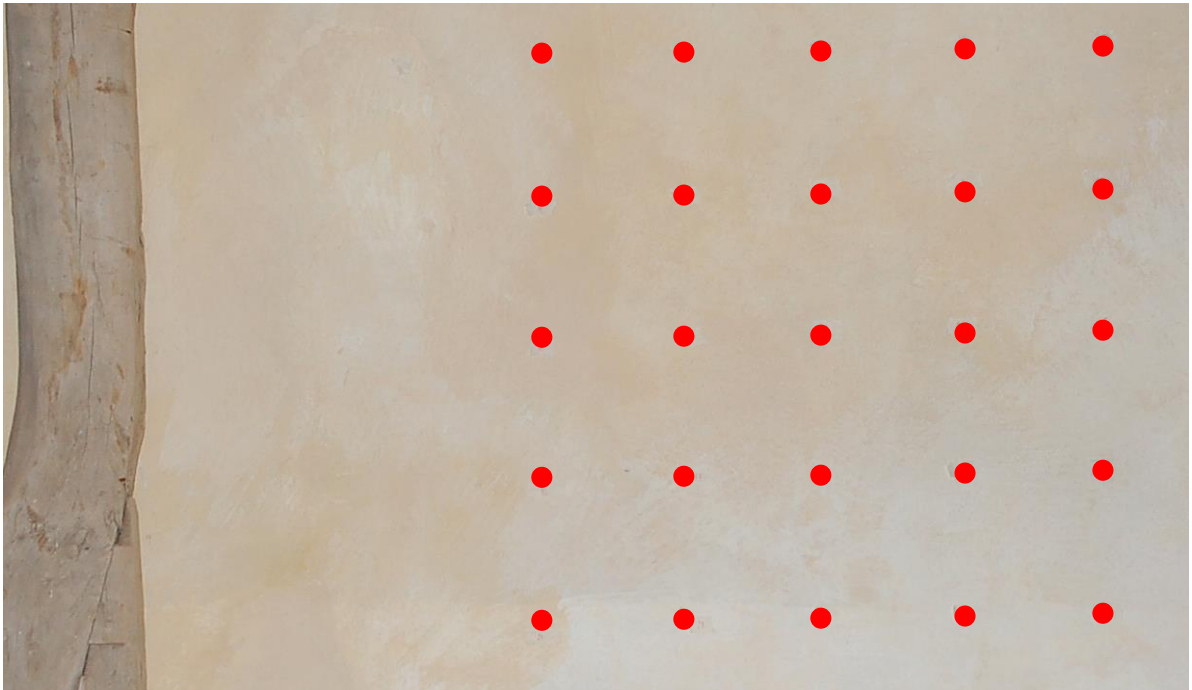
SCHEDE SUL TENORE DI UMIDITA'



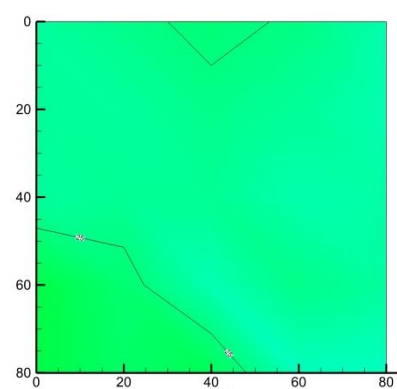
Misure del grado di umidità – A1
2011-2013

Elemento: superficie interna intonacata
Modalità: metodo capacitivo

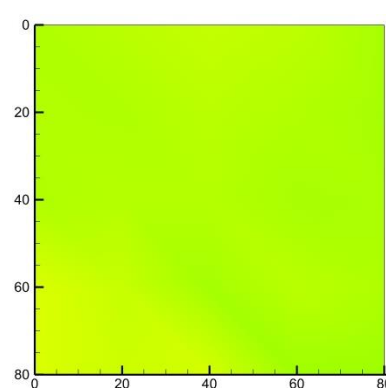
Foto



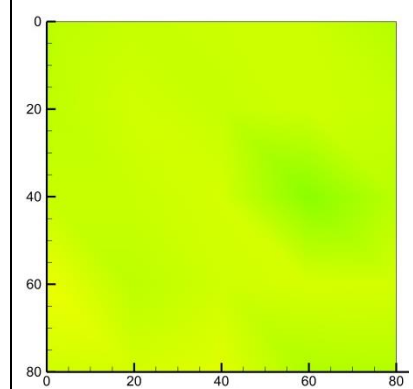
Grafici (il valore tabulato corrisponde alla lettura del dato capacitivo – nell'asse x e y sono indicate le dimensioni in cm dell'area indagata)



luglio 2011



luglio 2012



luglio 2013



Dati (i dati vengono tabulati una tabella dove la prima riga e la prima colonna corrispondono alle misure in cm dell'area indagata e nella matrice viene riportato il dato strumentale che non ha una corrispondenza diretta alla percentuale di acqua presente nel muro)

	0	20	40	60	80		0	20	40	60	80		0	20	40	60	80
0	26.2	25.4	24.6	25.2	26.8	0	13.1	12.7	12.3	12.6	13.4	0	12.6	12.2	12	12	12.9
20	26	26.2	25.4	26	27	20	13	13.1	12.7	13	13.5	20	12.5	11.8	12.2	11.9	12.2
40	26.2	25.8	25.8	26.8	26.6	40	13.1	12.9	12.9	13.4	13.3	40	12.1	12.1	11.7	14.5	12.7
60	22.8	24.4	27	25.4	26.2	60	11.4	12.2	13.5	12.7	13.1	60	10.7	12.6	11.9	11.6	11.7
80	22.8	24	23.4	27.4	27.6	80	11.4	12	11.7	13.7	13.8	80	11.8	11.7	11.2	13.1	12.9
luglio 2011						luglio 2012						luglio 2013					
valore medio: 25,6						valore medio: 12,8						valore medio: 12,2					

Legenda dei valori

intervallo	Corrispondente grado di umidità
< 10	molto limitato
10-15	limitato
15-20	medio-basso
20-30	medio-alto
30-40	Consistente
> 40	Molto elevato

Descrizione

Le prove sono state eseguite mediante l'impiego di una strumentazione capacitiva (Hydromette RTU600) in grado di fornire informazioni mediante il solo contatto di due elettrodi. L'analisi è stata eseguita su 25 punti equamente distribuiti in una griglia avente come dimensioni 80x80 cm.

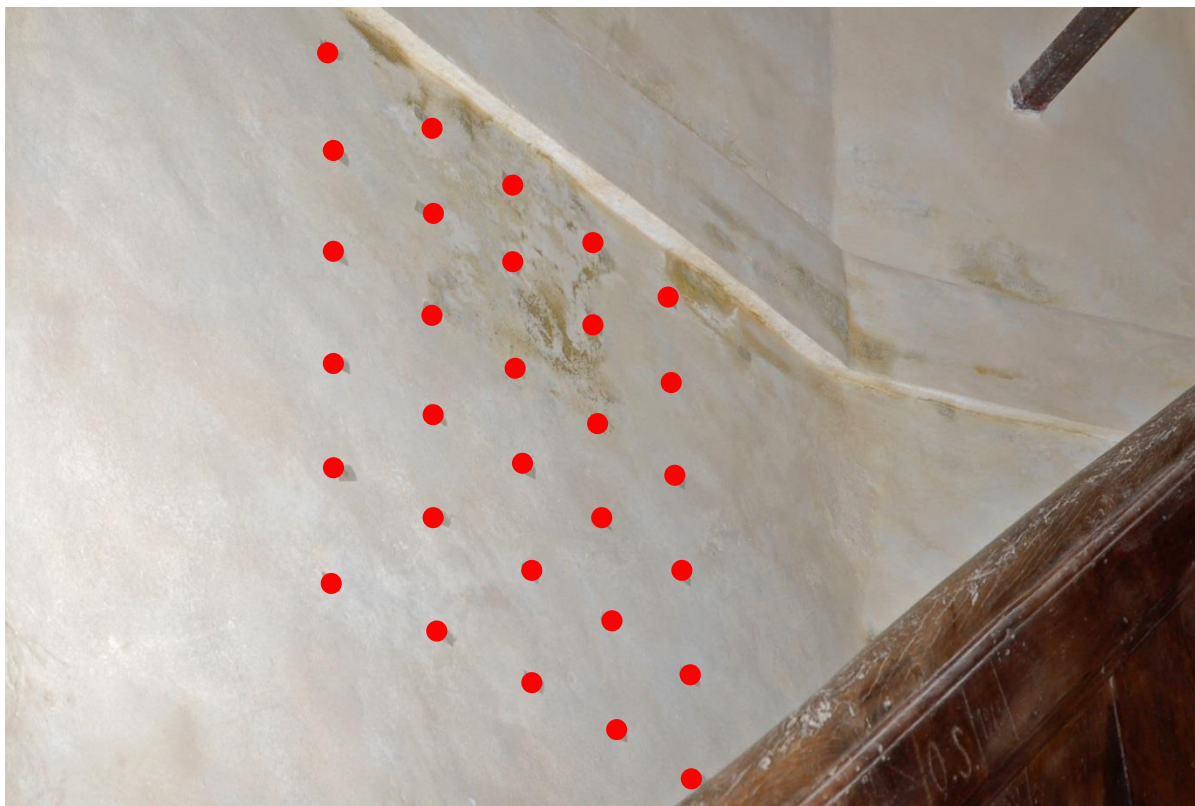
Si nota come nel primo caso (luglio 2011) la superficie presenti un grado significativo di umidità con valori considerevoli per quasi tutti i punti di misura, situazione che sembra stabilizzarsi negli anni successivi, a restauro completato, con valori che rientrano totalmente nella norma, attribuibili in gran parte al normale equilibrio igroscopico con l'ambiente.



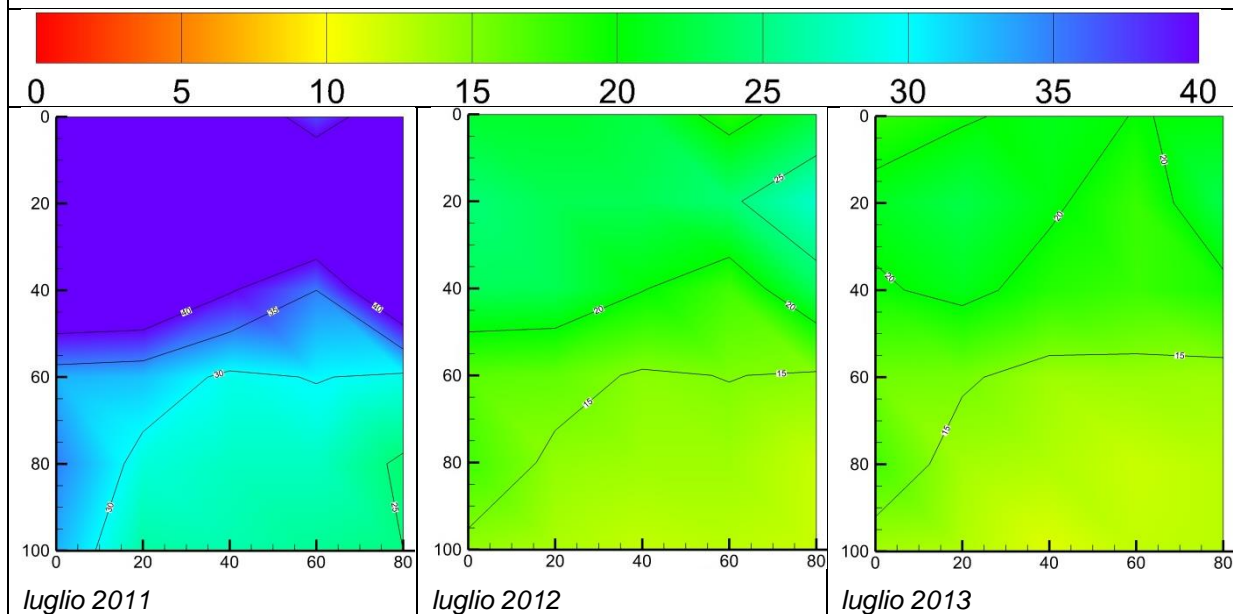
Misure del grado di umidità – A2
2012-2013

Elemento: superficie interna intonacata
Modalità: metodo capacitivo

Foto



Grafici (il valore tabulato corrisponde alla lettura del dato capacitivo – nell'asse x e y sono indicate le dimensioni in cm dell'area indagata)



Dati (i dati vengono tabulati una tabella dove la prima riga e la prima colonna corrispondono alle misure in cm dell'area indagata e nella matrice viene riportato il dato strumentale che non ha una corrispondenza diretta alla percentuale di acqua presente nel muro)

	0	20	40	60	80		0	20	40	60	80		0	20	40	60	80
0	43.6	43.2	45.2	37.2	44.6	0	21.8	21.6	22.6	18.6	22.3	0	18.1	19.6	21	19.9	20.4
20	49.2	46.4	46.6	49	56	20	24.6	23.2	23.3	24.5	28	20	21.2	22.8	20.6	17.8	22.9
40	47	46.4	40.4	35	47.2	40	23.5	23.2	20.2	17.5	23.6	40	19.5	21	18.6	17.7	19.1
60	33	32.4	29.2	30.2	29.2	60	16.5	16.2	14.6	15.1	14.6	60	15.6	15.4	13.8	14	13.8
80	35	28.6	27.6	27.6	24.4	80	17.5	14.3	13.8	13.8	12.2	80	17.3	13.6	13.1	12.1	12.8
100	33	26.4	26.8	25.8	25	100	14.2	13.2	12.4	12.7	12.1	100	13.5	13	11.2	12.4	12.8
luglio 2011						luglio 2012						luglio 2013					
valore medio: 37,0						valore medio: 18,4						valore medio: 16,8					

Legenda dei valori

intervallo	Corrispondente grado di umidità
< 10	molto limitato
10-15	limitato
15-20	medio-basso
20-30	medio-alto
30-40	Consistente
> 40	Molto elevato

Descrizione

Le prove sono state eseguite mediante l'impiego di una strumentazione capacitiva (Hydromette RTU600) in grado di fornire informazioni mediante il solo contatto di due elettrodi. L'analisi è stata eseguita su 30 punti equamente distribuiti in una griglia avente come dimensioni 80x100 cm.

Il contenuto di acqua appare particolarmente consistente nel primo monitoraggio (luglio 2011) con valori considerevoli in particolare concentrati nella parte superiore dell'area vicino alla modanatura orizzontale.

Successivamente i tenori diminuiscono notevolmente riportandosi a dati che rientrano in un range di accettabilità con un leggero accumulo sempre nella zona più alta dell'area, che si conferma comunque la parte a maggiore umidità.

