

# COMUNE DI FIRENZE

## STADIO COMUNALE "ARTEMIO FRANCHI"

RELAZIONE E CERTIFICATO DI IDONEITA' STATICA RELATIVO  
ALLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO ED IN  
ACCIAIO CHE COSTITUISCONO LE PARTI STRUTTURALI DELLO  
STADIO COMUNALE "ARTEMIO FRANCHI" DI FIRENZE



Il Tecnico Incaricato

Ing. Antonio Polli



Firenze, 06 Aprile 2021

## Sommario

Sommario .....	2
1) Premessa.....	3
2) Esame visivo delle opere strutturali e loro stato di conservazione .....	4
3) Piano di prove programmato ed eseguito - Laboratorio incaricato .....	4
4) Esame della documentazione.....	7
5) Valutazioni Verifiche di calcolo – Verifiche ai carichi verticali – Verifiche Parapetti.	9
6) Valutazione Vulnerabilità sismica.....	29
7) Certificato di idoneità statica.....	36

## 1) *Premessa*

Il sottoscritto Dr. Ing. Antonio Polli iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Firenze al n° 5150 con atto/Prot. 403321 del 12.12.2019 stipulato con il Comune di Firenze nella persona del Dirigente della Direzione Servizi Tecnici ha ricevuto incarico di espletare le attività professionali relative a:

- Analisi degli elaborati prodotti da DICEA-UNIFI per la verifica statica e verifica di vulnerabilità sismica dello stadio;
- Indicazioni per eventuali prove integrative da eseguirsi in loco;
- Rilascio di relazione e certificato di idoneità statica decennale.

Tale incarico è stato svolto nel rispetto della normativa vigente all'atto della realizzazione delle opere strutturali oggetto di verifica, della Legge 1086 del 05.11.1971, del D.M. 18.03.1996 e delle N.T.C.2018, e comunque mirato ad accertare l'efficienza di tutte le strutture dell'impianto sportivo in ordine alla loro agibilità.

Infatti il Decreto del Ministero dell'Interno del 18.03.1996 contenente "Norme di sicurezza per la costruzione e l'esercizio degli impianti sportivi" (G.U. l 1.04.1996 n° 85 Suppl.) all'art. 21 (Norme transitorie) prevede che su specifica richiesta della Commissione di Vigilanza e comunque ogni dieci anni a far data dal certificato di Collaudo Statico, anche per gli impianti o complessi sportivi esistenti, deve essere prodotto alla Prefettura competente per Territorio ed al Comune un Certificato di Idoneità Statica dell'impianto, rilasciato da un tecnico abilitato.

Nel caso specifico il collaudo statico relativo ai lavori di ristrutturazione dello stadio "A. Franchi" effettuati per i Campionati del Mondo di Calcio "Italia '90" fu prodotto in data 05.06.1990 a firma del Dr. Ing. Ugo Galardi e del Prof. Ing. Fabio Selleri.

Successivamente, in data 15.05.2000 fu rilasciato, allo scadere dei primi dieci anni, un certificato di idoneità statica a firma del Dr. Ing. Ugo Galardi ed esteso a tutto l'impianto sportivo, ad eccezione della Torre di Maratona e la pensilina alla base della stessa che furono sottoposte ad un collaudo rigoroso con prove dinamiche da parte del Prof. Ing. Fabio Selleri, coadiuvato dal personale tecnico del Laboratorio dell'Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Ingegneria Civile.

In data 15.05.2010 è stato rilasciato il rinnovo del certificato di idoneità statica a firma del Dr. Ing. Ugo Galardi esteso a tutto l'impianto e comprensivo di numerosi allegati relativi a prove di carico e prove tecniche su materiali.

In data 01.10.2020 è stato redatto dallo scrivente un certificato di idoneità statica con capienza 1000 persone limitato alla sola tribuna centrale (sottostante la “Pensilina Nervi”) in attesa degli approfondimenti, saggi, prove e carotaggi per il raggiungimento di un livello di conoscenza LC3.

## ***2) Esame visivo delle opere strutturali e loro stato di conservazione***

Considerata la complessità dell'opera, dal punto di vista strutturale, e tenuto conto che tali strutture nei dieci anni dall'ultima verifica di idoneità statica sono state sottoposte a sollecitazioni importanti dovute alla continua utenza. Il sottoscritto a partire dal mese di Gennaio 2020 ha condotto una serie di sopralluoghi al fine di accertare lo stato di usura dei vari componenti strutturali sia in conglomerato cementizio armato che in acciaio che furono oggetto di certificazioni e collaudazioni statiche rilasciate dai tecnici incaricati.

Da un'esame a vista sono state controllate le TORRI FARO. Tali elementi in acciaio zincato non presentano segni di ossidazione e tutti i corpi illuminanti presentano catena di sicurezza ai sensi della lettera circolare 1689 del 01/04/2011 e sono soggetti a costante e regolare manutenzione da parte del Comune.

Come evidenziato nel rinnovo del collaudo decennale del 2010 a firma dell'Ing. Galardi tali elementi sono stati calcolati alla luce dei carichi previsti della vigente normativa e con la sostituzione degli elementi illuminanti con altri più prestazionali di ridotta dimensione e peso inferiore le sollecitazioni ai sensi delle NTC risultano inferiori a quelle previste in progetto.

A completamento delle prove effettuate da UNIFI prevalentemente sul calcestruzzo, si è ritenuto necessario controllare tutte le prove di carico effettuate dal 1932 ad oggi e comunque di predisporre l'esecuzione di una serie di indagini e prove mirati a quegli elementi strutturali che nel corso del loro impiego sono ritenuti i più sollecitati e quindi più a rischio.

## ***3) Piano di prove programmato ed eseguito - Laboratorio incaricato***

A seguito di quanto esposto al punto precedente, in considerazione della notevole quantità di prove di carico (n°150) e prove sui materiali ritrovata nella documentazione esaminata, è stato programmato il seguente piano di prove sperimentali suddivise in prove di carico, controllo sulle unioni bullonate e controllo sulle saldature.

### **A) Prove di carico**

#### **Prove di carico sui parapetti**

Sono state eseguite otto prove di carico sui vari parapetti in acciaio applicando un carico che simulasse una spinta orizzontale pari a 300 kg/ml come previsto dalla normativa D.M. 17.01.2018 – Tab.3.1.II Cat. C5 per aree suscettibili di grande affollamento.

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m²]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici,	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

Sono stati sottoposti a prova:

- parapetto interno ballatoio inferiore Maratona;
- parapetto scala elicoidale “Nervi” Maratona;
- parapetto scala elicoidale in acciaio Curva Ferrovia;
- parapetto interno ballatoio inferiore Curva Ferrovia;
- parapetto interno ballatoio inferiore Curva Fiesole;
- parapetto scala elicoidale in acciaio Curva Fiesole;
- parapetto scala ballatoio inferiore Curva Fiesole;
- parapetto scala ballatoio inferiore Tribuna Centrale.

## **Laboratorio incaricato**

Per le sopraelencate indagini sperimentali è stato incaricato dalla Direzione Servizi Tecnici il Laboratorio SIGMA S.r.l. con sede in Loc.Capalle - Campi Bisenzio (FI), via P.Gobetti n.8. La società incaricata è in possesso di Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/2001. per il settore Materiali da Costruzione (Legge 1086/71), con Decreto n° 38194 del 14.01.1994 per il settore prodotti da costruzione, certificazioni e prove. Notifica n° M\_INF.CSLP.REG\_ATTI\_INT\_CONSUP.R.0000524.30-09-2019.

## **B) Controllo sulle saldature**

Il sottoscritto tecnico ha effettuato controllo visivo sulle saldature dei vari elementi strutturali in acciaio per quanto visibili e raggiungibili ed in particolare:

- n°34 scale a cavalletto bordo campo;
- Parapetti delle scale elicoidali in cemento armato;
- Parapetti dei ballatoi bordo campo;
- Parapetti dei ballatoi alti di perimetro;
- Scale elicoidali esterne in acciaio;
- Pensiline metalliche;
- Strutture metalliche Hospitality;
- Strutture metalliche Sky Box;
- Recinzioni metalliche.

## **Prove magnetoscopiche**

Sono stati analizzati i certificati di prova sulle saldature eseguiti nel tempo ed in particolare le prove magnetoscopiche con esito positivo eseguite dal Laboratorio SGM di Corciano (PG) ed allegate nel rinnovo decennale del Maggio 2010.

### **C) Controllo sulle bullonature**

Il sottoscritto tecnico ha effettuato controllo visivo sulle bullonature dei vari strutturali ed esaminato le documentazioni di prova rilasciate nei certificati di idoneità statica precedenti e nei collaudi statici.

Sono stati analizzati i certificati di prova sulle bullonature eseguiti nel tempo ed in particolare le prove serraggio con esito positivo eseguite dal Laboratorio SGM di Corciano (PG) ed allegate nel rinnovo decennale del Maggio 2010.

Sono state esaminate a campione alcune bullonature facenti parti varie strutture metalliche con esito positivo.

### **4) *Esame della documentazione***

Si riporta di seguito un elenco della documentazione principale acquisita ed esaminata, si omette l'elencazione dei verbali e certificati delle prove di carico eseguite:

- Relazione di collaudo – Stadio Comunale Giovanni Berta – Tribune scoperte Lato Est – Ing.V.Tognetti – 11 Giugno 1932;
- Relazione di collaudo – Stadio Comunale Giovanni Berta – Tribuna coperta lato Ovest – Ing.V.Tognetti – 08 Luglio 1932;
- Relazione di collaudo – Stadio Comunale Giovanni Berta – Tribune cemento armato – Ing.V.Tognetti – 18 Luglio 1933;
- Certificato di collaudo delle strutture in cemento armato previste per le tribune laterali dello stadio Comunale di Firenze – Ing.M.Cammelli – 08 Settembre 1980;
- Collaudo statico della pensilina realizzata alla base della torre di maratona dello stadio Comunale di Firenze – Ing.M.Cammelli – 07 Novembre 1980;
- Perizia sul grado di conservazione statica dello stadio Comunale di Firenze – Ing.M.Cammelli – 24 Marzo 1981;
- Relazione geotecnica e geologica Generale con prove, analisi e sondaggi – Committente Fondedile S.p.a. – Ing.M.Cilento – 27 Maggio 1987;
- Progetto esecutivo opere strutturali per realizzazioni nuovi parterre in cls del 1987 a firma Prof.Ing. Raffello Bartelletti;
- Certificato di idoneità statica delle strutture in c.a.preesistenti all'intervento di “riordinamento estetico funzionale” – Ingg. F.Selleri e U.Galardi – 28 Ottobre 1988;
- Certificato di idoneità statica della nuova recinzione di bordo campo – Curva Ferrovia - Ingg. F.Selleri e U.Galardi – 19 Ottobre 1989;

- Certificato di idoneità statica delle strutture in c.a.preesistenti all'intervento di "riordinamento estetico funzionale (cosiddette strutture Nervi) ad avvenuto risanamento delle gradinate e delle scale elicoidali" – Ingg. F.Selleri e U.Galardi – 23 Maggio 1990;
- Relazione e certificato di collaudo finale delle strutture metalliche ed in c.a. realizzate nell'ambito del "Riordinamento estetico funzionale" dello stadio comunale di Firenze - Ingg. F.Selleri e U.Galardi – 04 Giugno 1990;
- Relazione e certificato di collaudo statico di strutture in acciaio e vetro divisori fra la Maratona e la Curva Ferrovia per la delimitazione del Settore Ospiti – Ing.F.Selleri 16 Febbraio 1995;
- Certificato di idoneità statica relativo alla Torre di Maratona – Ing.F.Selleri – 31 Marzo 2000;
- Relazione e certificato di idoneità statica delle strutture in acciaio relative al rialzamento dei divisori di settore fra Tribuna Maratona e Settore Ospiti – Ing. U.Galardi – 15 Maggio 2000;
- Relazione e certificato di idoneità statica delle strutture in conglomerato cementizio armato relative alla pensilina di copertura della tribuna centrale (pensilina Nervi) dello stadio Comunale "A.Franchi" di Firenze – Ing.U.Galardi – 15 Maggio 2000;
- Relazione e certificato di idoneità statica finale relativo alle strutture in conglomerato cementizio armato e metalliche dello stadio Comunale "A.Franchi" di Firenze – Ing.U.Galardi – 15 Maggio 2000;
- Relazione e certificato di idoneità statica delle strutture in conglomerato cementizio armato ed in acciaio ai sensi dell'art.21 del D.M. 18.03.1996 – Rinnovo decennale anno 2010 – Ing.U.Galardi – 15 Maggio 2010;
- Atto unico di collaudo statico - lavori di modifica Separatori spazio Attività sportiva Maratona- Ing.R.Giachetti – 23 Agosto 2012;
- Certificato di collaudo statico relativo alle opere per la realizzazione di SKY Box presso lo stadio "A.Franchi" – Ing.I.Spatti – 24 Agosto 2012;
- Certificato di collaudo statico per le opere eseguite al Parterre di Tribuna – Arch. D.Pampaloni – 13 Agosto 2013;
- Certificato di collaudo per le opere di spostamento settore ospiti, realizzazione di pensilina in maratona – Ing.F.Terrosi – 08 Settembre 2014 ed Integrazione al collaudo del 08/09/2014 per le opere relative al parapetto di vetro in Maratona – Ing.F.Terrosi – 03 Novembre 2014;
- Certificato di collaudo statico relativo alle opere per la realizzazione di una nuova area Hospitality sotto la tribuna centrale e di una zona dedicata Cucina-Bar-Sala Eventi sulla Tribuna Esterna - Ing.I.Spatti – 09 Settembre 2014;



- Certificato di collaudo statico relativo alle opere per la realizzazione di due nuove garitte presso lo Stadio A.Franchi di Firenze - Ing.I.Spatti – 29 Ottobre 2014;
- Certificato di collaudo statico relativo alle opere per la realizzazione di n°4 Sky Box presso lo stadio A.Franchi di Firenze - Ing.I.Spatti – 10 Ottobre 2015.

## ***5) Valutazioni Verifiche di calcolo – Verifiche ai carichi verticali – Verifiche Parapetti***

Il Comune di Firenze, in attuazione della mozione n. 01005/2015 del Consiglio Comunale e della Del. G.C. 264 del 08.07.2016, ha incaricato, mediante apposita Convenzione, il “Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell’Università di Firenze” di redigere le verifiche di vulnerabilità sismica (con stesura di linee guida per gli interventi di adeguamento sismico) dello Stadio “Artemio Franchi” di Firenze sotto la guida del Responsabile Scientifico Prof. P.Spinelli e Responsabile Operativo Prof.ssa G.Terenzi.

L’impianto si costituisce di una struttura originale, edificata tra il 1930 e il 1932, e di successive modifiche avvenute principalmente in occasione dei lavori di riordino estetico funzionale eseguiti per il mondiale di calcio del 1990.

La struttura resistente è realizzata mediante elementi in calcestruzzo armato gettato in opera che possono essere raggruppati in 24 diversi blocchi strutturali affiancati tra loro con giunti di spessore variabile. La suddivisione in blocchi è stata ottenuta mediante il raddoppiamento del telaio principale verticale su cui trovano sostegno le gradinate.

I blocchi risultano caratterizzati da un elevato grado di serialità: in particolare è possibile individuare la presenza di sole n.8 diverse tipologie di telaio verticale con evidenti analogie tra gli stessi in termini di caratteristiche geometriche e strutturali (armatura, qualità dei materiali, etc.).

Lo studio dell’intera struttura ha posto l’attenzione sul comportamento della stessa sia sotto l’azione dei carichi verticali che delle azioni orizzontali, quale principalmente l’azione sismica.

Alla base del percorso di conoscenza vi è la Relazione di Collaudo redatta dall’Ing. Vittorio Tognetti tra il 1932 e il 1933, dalla quale è stato possibile evincere la qualità dei materiali utilizzati e ripercorrere le diverse fasi di progettazione e di verifica delle strutture del fabbricato in esame.

In particolare la relazione suddetta attesta l’impiego di tre tipi diversi di cemento, dei quali si riportano di seguito le resistenze caratteristiche:

- 400 kg/cm<sup>2</sup> (~39 N/mm<sup>2</sup>)

- 500 kg/cm<sup>2</sup> (~49 N/mm<sup>2</sup>)

- 600 kg/cm<sup>2</sup> (~59 N/mm<sup>2</sup>)

Il primo tipo è stato impiegato per la realizzazione dei telai e delle gradinate. Il conglomerato cementizio è stato ottenuto aggiungendo 0,80 mc di pietrisco e 0,40 mc di sabbia ogni 350 kg di cemento. Prove di resistenza a rottura per compressione, effettuate su 30 campioni cubici di questo tipo di calcestruzzo hanno fornito valori di resistenza variabili tra 73 e 175 kg/cm<sup>2</sup>; escludendo i valori inferiori ai 100 kg/cm<sup>2</sup> si ottiene una media di 131 kg/cm<sup>2</sup>, ovvero 12,87 N/mm<sup>2</sup>.

Il secondo tipo è stato impiegato per le scale elicoidali. Il conglomerato cementizio è stato ottenuto aggiungendo 0,80 mc di pietrisco e 0,40 mc di sabbia ogni 500 kg di cemento. Prove di resistenza a rottura per compressione svolte su 6 campioni cubici di questo tipo di calcestruzzo hanno fornito valori di resistenza caratteristica variabili tra 214 e 323 kg/cm<sup>2</sup>, ottenendo una media di 296,5 kg/cm<sup>2</sup>, ovvero 29 N/mm<sup>2</sup>.

Il terzo tipo è stato impiegato esclusivamente per la Torre di Maratona. Il conglomerato cementizio è stato ottenuto aggiungendo 0,80 mc di pietrisco e 0,40 mc di sabbia ogni 350 kg di cemento. Prove di resistenza a rottura per compressione svolte su 24 campioni cubici di questo tipo di calcestruzzo hanno fornito valori di resistenza variabili tra 180 e 343 kg/cm<sup>2</sup>, ottenendo una media di 276 kg/cm<sup>2</sup>, ovvero 27 N/mm<sup>2</sup>; per assurdo il calcestruzzo realizzato con la malta tipo 600 risulta mediamente peggiore di quello realizzato con la malta tipo 500.

**I valori di resistenza del calcestruzzo sopraindicati sono relativi a 30 campioni cubici eseguiti all'epoca della costruzione ed indicati nei collaudi del 1932/1933. Si evidenzia che per i calcoli eseguiti da Dicea-Unifi per le verifiche statica e sismica, è stato considerato il calcestruzzo derivante dalle prove eseguite nelle tre campagne di indagini 2018-2021 e di seguito esplicitate.**

Per quanto riguarda l'acciaio utilizzato, la relazione di collaudo non fornisce informazioni sulla natura e sulla resistenza caratteristica delle barre.

Ad integrazione della relazione di collaudo, al fine di una più completa caratterizzazione dei materiali e di una valutazione sull'eventuale deterioramento degli stessi, si è resa necessaria l'esecuzione di un percorso di indagini in sito, sviluppato secondo le modalità sotto riportate.

La **prima campagna di indagini in sito** è stata eseguita tra i mesi di agosto e settembre 2018. In tale occasione, facendo riferimento sempre al concetto di serialità degli elementi strutturali presenti,

sono stati individuati, sulla base del materiale originale reperito e di rilievi effettuati in sito, alcuni campioni di suddetti elementi strutturali, sui quali è stato possibile rilevare il numero e la posizione di barre longitudinali e staffe mediante la realizzazione di saggi, ovvero la messa a nudo delle armature attraverso rimozioni localizzate di copriferro, e la realizzazione di n.19 prove pacometriche. Per la caratterizzazione del calcestruzzo sono state attuate n.14 prove Sonreb, che consistono nella combinazione di prove ultrasoniche e prove sclerometriche, oltre all'estrazione di n.9 carote, delle quali n.5 su elementi realizzati con il calcestruzzo delle tribune, n.2 su elementi definiti con il calcestruzzo delle scale e n.2 sulla Torre di Maratona. Ai fini della determinazione delle caratteristiche dell'acciaio è stato possibile effettuare l'estrazione di n.2 barre di armatura per le relative prove di trazione in laboratorio, oltre all'effettuazione di n.3 misurazioni durometriche su barre messe a nudo dai saggi.

La **seconda campagna di indagini in sito** è stata eseguita nel mese di Novembre 2019. In analogia alla precedente campagna saggi ed alle prime analisi e verifiche, sono stati incrementati il numero di saggi, al fine di determinare il numero e la posizione di barre longitudinali, e sono state realizzate n.70 prove pacometriche. Per la caratterizzazione del calcestruzzo sono state attuate n.21 prove Sonreb, oltre all'estrazione di n.3 carote su elementi realizzati con il calcestruzzo delle tribune. Le proprietà meccaniche dell'acciaio sono state infine definite mediante l'estrazione di una barra di armatura con relativa prova di trazione in laboratorio e la realizzazione di n. 10 misurazioni durometriche su barre messe a nudo dai saggi.

In riferimento alle caratteristiche del calcestruzzo, i blocchi strutturali sono stati classificati in 4 macrogruppi, in base al periodo di costruzione, e sono state assegnate loro le relative caratteristiche, ad esclusione delle scale e della torre di Maratona, in quanto realizzate con calcestruzzi di diversa resistenza. Effettuando una media ponderata tra i risultati dei carotaggi e delle prove Sonreb effettuate nelle **tre campagne di indagine**, è stata definita la resistenza media a compressione dei vari tipi di conglomerato impiegati nello stadio:

- Cls tribuna Ferrovia:  $f_{cm} = 24,76 \text{ N/mm}^2$
- Cls tribuna Maratona:  $f_{cm} = 28,00 \text{ N/mm}^2$
- Cls tribuna Fiesole:  $f_{cm} = 25,19 \text{ N/mm}^2$
- Cls tribuna Centrale:  $f_{cm} = 25,47 \text{ N/mm}^2$
- Cls scale:  $f_{cm} = 30,04 \text{ N/mm}^2$
- Cls torre:  $f_{cm} = 46,17 \text{ N/mm}^2$

Questi risultati denotano la presenza di n.3 differenti qualità fra le tipologie di calcestruzzo impiegate, come riportato nella relazione di collaudo, precisando che i valori trovati risultano maggiori di quelli presenti nella stessa relazione.

In riferimento alla caratterizzazione dell'acciaio delle barre di armatura, la resistenza media a snervamento, ricavata dai risultati delle prove di trazione condotte sulle tre barre estratte, fornisce un valore pari a 316,33 N/mm<sup>2</sup>. Le misurazioni durometriche, restituendo i valori limite a rottura delle barre, risultano affini ai valori ricavati dalle prove di trazione; pertanto ne viene confermata la validità dei risultati delle prove dirette.

In seguito all'effettuazione della prima modellazione strutturale e delle verifiche degli elementi strutturali componenti la struttura in esame, **è stato deciso di effettuare una terza campagna di prove** su tutti i settori dello stadio per raggiungere un'esauritiva comprensione dei dettagli costruttivi della struttura e delle caratteristiche dei materiali. **È stato quindi scelto di indagare le zone risultate critiche dalle prime analisi**, in modo da risolvere per esse, dove possibile, eventuali incertezze sulla resistenza dei materiali e sulla caratterizzazione geometrica e strutturale. Per quanto riguarda le prove finalizzate alla definizione della resistenza del calcestruzzo, dato il pregio storico-architettonico della struttura, per ridurre al minimo le prove distruttive da condurre, si è deciso di effettuare ulteriori n.10 carote equamente divise nei 4 settori e n.25 prove sonreb, anch'esse divise per le 4 zone oltre a 32 prove pacometriche, 16 prove con georadar e 17 saggi con demolizione di cls e successivo ripristino per analisi fedele della tipologia e quantità delle barre di armatura presenti.

Sulla base del materiale originale reperito, con particolare riferimento alla esauritiva relazione di primo collaudo delle strutture, dell'analisi storico-critica, del rilievo geometrico e dei dettagli costruttivi ed infine della caratterizzazione dei materiali presenti, secondo le modalità descritte in seguito, è stato possibile definire un opportuno livello di conoscenza, così come descritto dalla Normativa vigente.

A livello di completezza si riporta un estratto della Circolare applicativa delle NTC relativo all'individuazione della categoria del livello di conoscenza in funzione del materiale reperito e delle prove effettuate:

**Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio**

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>indagini limitate</i> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>prove limitate</i> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini estese</i> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <i>prove limitate</i> in situ; in alternativa da <i>prove estese</i> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <i>indagini limitate</i> in situ; in alternativa <i>indagini esaustive</i> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <i>prove estese</i> in situ; in alternativa da <i>prove esaustive</i> in situ	Tutti	1,00

(\*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

**Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.**

Livello di Indagini e Prove	Rilievo(dei dettagli costruttivi) <sup>(a)</sup>	Prove (sui materiali) <sup>(b)(c)(d)</sup>
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitato</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esaustivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m <sup>2</sup> di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

In riferimento ai rilievi dei dettagli costruttivi e alla caratterizzazione delle proprietà dei materiali, la Circolare applicativa della norma tecnica chiarisce il concetto di indagini limitate e indagini estese, quantificando la percentuale di elementi da indagare in base alle dimensioni dell'opera, di cui però è sottolineato il carattere puramente indicativo delle stesse. Inoltre, in riferimento al caso specifico, la struttura in oggetto mostra caratteri di diversificazione rispetto a ciò che è riportato all'interno della circolare sopra richiamata: in particolare nella circolare si fa riferimento al numero di piani per la quantificazione delle prove, concetto, quello di "piano", di difficile definizione per una struttura quale lo Stadio, in cui è possibile riscontrare all'interno del stesso settore la compresenza di impalcati orizzontali e gradinate il cui sviluppo segue un marcato dislivello. Il numero di prove da eseguire è stato quindi definito tenendo conto del marcato carattere seriale delle strutture principali, dimostrato anche dall'individuazione di soli n.8 tipologie di telai, peraltro con caratteristiche del tutto o in parte analoghe tra loro

In conclusione quindi, a seguito dell'esaustivo materiale originale reperito, consistente nella relazione di collaudo, nelle tavole architettoniche e di dettaglio e nelle foto di cantiere, e delle indagini effettuate, è possibile affermare di aver raggiunto un livello di conoscenza LC3 per l'intero stadio con corrispondente fattore di confidenza di valore unitario, a seguito della conclusione della terza campagna di prove e saggi.

La fase successiva al percorso di conoscenza della struttura, secondo le modalità descritte in precedenza, è consistita nella realizzazione del modello strutturale tridimensionale e delle verifiche degli elementi principali, in corrispondenza dell'analisi del comportamento del fabbricato sia sotto azioni di tipo statico che sismico.

A tal fine è stato ripercorso il procedimento di analisi e verifica, esaustivamente riportato all'interno della relazione di collaudo originale, alla base della progettazione e realizzazione del fabbricato in esame. Si sono quindi studiate ed approfondite le modalità ed i concetti delle Normative vigenti all'epoca di costruzione del fabbricato (Regio Decreto 18 luglio 1930 n.1133), in modo da poter comprendere in modo più completo possibile il comportamento della struttura.

Si è proceduto, al fine di validare il modello tridimensionale, ad un confronto tra le sollecitazioni riportate nel materiale originale reperito e quelle ottenute mediante la composizione di modelli strutturali complessi. Tale confronto ha messo in evidenza marcate analogie, a meno di coefficienti amplificativi delle azioni, tra i due diversi metodi di analisi, confermando quindi la bontà del modello strutturale realizzato. Alcune differenze riscontrate sono da imputare a ipotesi marcatamente semplificative di alcuni modelli alla base della progettazione originale.

È stato inoltre effettuato anche un approfondito studio delle modalità di verifica e di ipotesi assunte alla base della progettazione secondo la Normativa dell'epoca.

In particolare, per quanto riguarda il comportamento degli elementi strutturali sottoposti a sollecitazioni taglianti, il dimensionamento degli stessi in fase di progettazione è avvenuto conferendo la quasi totalità della resistenza alla sola sezione di calcestruzzo, integrando la stessa, ove necessario, da staffe verticali e/o ferri piegati. Le indagini effettuate hanno poi confermato la presenza di armatura a taglio per gli elementi strutturali principali.

In analogia quindi a quanto assunto alla base della progettazione ed allo studio del reale comportamento di tali elementi, che si configurano come “grandi” sezioni in calcestruzzo armato, si è effettuata una verifica a taglio di tali elementi, nel caso di carichi statici, confrontando le azioni sollecitanti, derivanti dal modello tridimensionale, con la resistenza a taglio attribuita alla sezione di solo calcestruzzo, calcolata secondo NTC con la formula per sezioni armate a taglio. Il valore della resistenza a taglio della sezione di calcestruzzo è stato calcolato imponendo un  $\Theta$  variabile, ottenuto eguagliando il valore resistente attribuito alla sola sezione di calcestruzzo e il valore resistente relativo all'armatura a taglio presente. Tale analisi ha condotto all'ottenimento, per la quasi totalità dei casi, di valori di  $\cot \Theta$  superiori a 2,5, imposto dalla Normativa vigente come limite superiore; pertanto è stato possibile calcolare il valore resistente della sola sezione di calcestruzzo in corrispondenza di  $\cot \Theta$  pari a 2,5 e quindi pari al valore minimo di  $V_{rd,c}$ .

## ***VERIFICHE AI CARICHI VERTICALI***

Il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Firenze ha eseguito le seguenti verifiche ai soli carichi verticali:

- AI sensi delle NTC 2018 con LC3 e considerando il contributo del cls a taglio e  $\theta$  variabile

Sulla base della documentazione rinvenuta ed analizzata è stata ricostruita la “Storia” delle prove ed indagini svolte allo Stadio ed in particolare sono state analizzate le prove di carico e le prove sui materiali.

Dal 1932 ad oggi sono state svolte oltre 150 prove di carico sui vari elementi dello stadio (gradinate, coperture, solai, torre di maratona, elementi metallici, parapetti, recinzioni, torri faro etc) oltre a numerose decine di prove sui materiali come risulta dalle certificazioni allegate ai vari collaudi.

Come risulta dai certificati delle prove in molti casi sono stati utilizzati carichi di prova superiori anche a quelli previsti dalla Normativa attuale.

In considerazione della documentazione esaustiva rinvenuta, delle prove già svolte dal 2018 al 2021 (prima ,seconda e terza campagna di prove in sito) è ragionevole poter considerare un livello di conoscenza della struttura pari a **LC3**.

Le verifiche ai soli carichi verticali svolte dal DICEA, come si evince dai tabulati di calcolo allegati, per livello di conoscenza LC3 e considerando il contributo del cls a taglio e  $\theta$  variabile (verifica concettualmente equivalente al calcolo originario ai sensi del R.D. 1133 del 1930 ) sono risultate pressochè positive.

Si allega un tabulato di calcolo con la percentuale di riduzione della capienza per l'ottenimento dell'idoneità statica nei punti oggetto di non verifica a pressoflessione.(ALLEGATO 3 “Tabulato Verifica Riduzioni Sovraccarico”)

Inoltre sulla base dei calcoli della “Capienza Residua” per aree di influenza si allega una tavola (ALLEGATO 4 “PIANTA GRADINATE CON LIMITAZIONE CAPIENZA”) in cui per ogni telaio di ogni settore è stato calcolato ed indicato graficamente il numero di sedute da interdire ai fini della riduzione del sovraccarico per ottenere l'idoneità statica in ogni punto del telaio esaminato.

## ***VERIFICA PENSILINA NERVI E TORRE DI MARATONA***

Dall'analisi degli elaborati prodotti da DICEA-UNIFI del 05/03/2021 ed in particolare "ANALISI STATICA" e "ALLEGATO VERIFICHE STATICHE" si evince che entrambi gli elementi in c.a. gettato in opera (Pensilina Nervi e Torre di Maratona) risultano verificati ai carichi verticali.

## ***SITUAZIONE STATICA DEL PENNONE PORTABANDIERA***

Il pennone portabandiera è posto in sommità alla Torre di Maratona e si eleva da questa per un'altezza di 15 ml da quota +52.68 m a +67.68 m. Tale manufatto è realizzato in acciaio mediante profilato circolare di sezione variabile in tre tratti. Alla base il diametro esterno è 20 cm con spessore 8 mm, il secondo tratto presenta un diam.est 15 cm e sp. 6mm e l'ultimo tratto un diam.est 10 cm con sp.4 mm. Il pennone è vincolato alla base, nel setto trasversale in c.a. costituente la parte finale della torre per un'altezza di 95 cm (lo spessore del setto passa da 30 cm a 40 cm).

Allegato al precedente "collaudo decennale" era presente una certificazione di idoneità statica redatta dal Prof.Selleri in cui si analizzava minuziosamente il comportamento del pennone portabandiera sotto l'azione del vento sia in assenza di bandiera che con bandiera issata.

Da un'attenta analisi dei calcoli e delle verifiche eseguite dal Prof.Selleri si confermano le limitazioni d'uso del pennone portabandiera in funzione del vento ed in particolare:

- Area della Bandiera 24 mq – Velocità vento limite di sicurezza 91.3 km/h quota pennone e 69,9 km/h quota base Torre;
- Area della Bandiera 40 mq – Velocità vento limite di sicurezza 88,4 km/h quota pennone e 67,7 km/h quota base Torre;
- Area della Bandiera 60 mq – Velocità vento limite di sicurezza 85,9 km/h quota pennone e 65,8 km/h quota base Torre;
- Area della Bandiera 96 mq – Velocità vento limite di sicurezza 82,8 km/h quota pennone e 63,4 km/h quota base Torre.

Per operare in sicurezza l'operatore dovrà monitorare la velocità del vento mediante un anemometro posizionato alla quota del pennone e decidere se issare o meno la bandiera per lo specifico evento sportivo. Nel caso in cui durante una manifestazione ci fosse un incremento del vento tale da portare le velocità fuori dai limiti indicati la bandiera dovrà essere immediatamente calata a terra.



## **VERIFICA PASSERELLA DI CORONAMENTO**

Sono state condotte le verifiche per carichi verticali sulla passerella di coronamento (ballatoio basso) per tutti i settori dello Stadio (Curva Ferrovia, Maratona, Curva Fiesole e Tribuna Centrale). Le verifiche indicate da pag.157 a 161 dell'elaborato "ALLEGATO VERIFICHE STATICHE" prodotto da DICEA-UNIFI hanno dato esito positivo.

*Tutte le opere realizzate in occasione dei Mondiali di Calcio del 1990 sono state progettate sismicamente con un coefficiente di protezione  $I=1,2$  e non è intervenuta alcuna modifica strutturale né delle condizioni di utilizzo. Pertanto, ai sensi del Documento interpretativo ed applicativo al voto n. 184/2011 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ratificato dal CTS della Regione Toscana in data 12.10.2011, la verifica finalizzata al rilascio della certificazione di idoneità statica è stata limitata ad un riesame della documentazione progettuale e di collaudo.*

*Per un'ulteriore ed ancora più approfondito controllo delle condizioni di sicurezza del complesso sono stati, comunque, verificati ai carichi verticali (ai sensi delle NTC2018) la struttura maggiormente sollecitata dei nuovi parterre di bordo campo e le nuove gradinate inferiori dei curvini.*

## **VERIFICA PARTERRE**

In occasione dei lavori di riqualificazione funzionale di "Italia 90" in cui è stato abbassato il terreno di gioco, sono stati realizzati i nuovi parterre di bordo campo per tutti i settori dello Stadio. Tali parterre risultano essere realizzati in cemento armato gettato in opera di due tipologie, con platea/soletta inclinata direttamente poggiata su terreno e con la realizzazione di locali tecnici interrati sottostanti la soletta inclinata stessa.

Sono stati analizzati i progetti esecutivi dell'epoca ed il collaudo statico finale oltre ai collaudi decennali ed in particolare:

- Progetto esecutivo opere strutturali per realizzazioni nuovi parterre in cls del 1987 a firma Prof.Ing. Raffello Bartelletti Tavole S15 – S41 – S43 – S44 – S107;
- Collaudo statico a firma Prof.Ing.Selleri – Ing. Galardi depositato presso l'Ufficio Tecnico del Genio civile di Firenze in data 18/10/1989 comprensivo di Certificato di Prova di Carico su parterre Curva Ferrovia n°6696 del 05/09/1989 Laboratorio Sigma;
- Collaudi decennali 2000 e 2010 a firma Ing.Galardi.

Tutte le solette inclinate presentano la stessa tipologia dimensionale (spessore 35 cm oltre all'altezza dei gradini gettati in opera) e la stessa armatura.

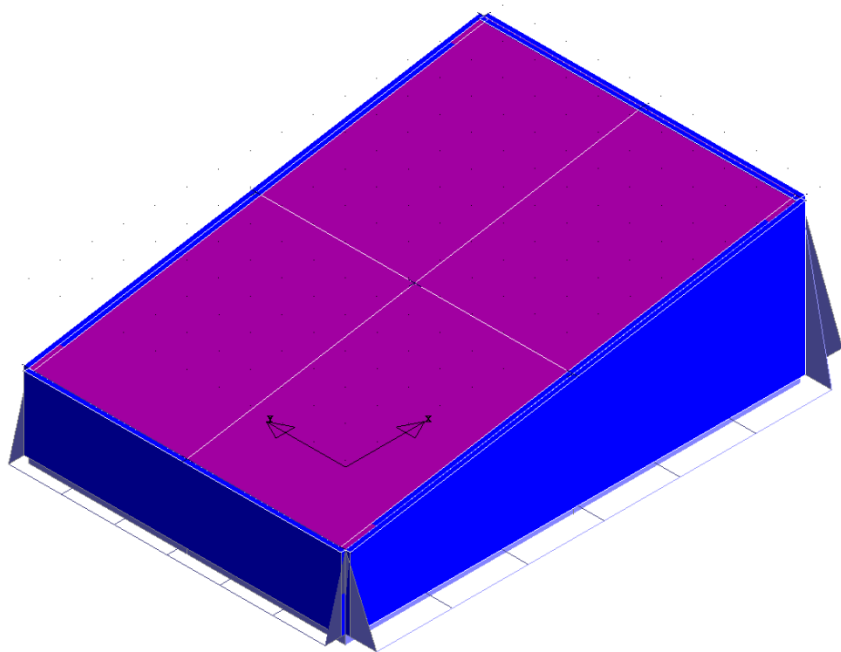
In fase progettuale è stato previsto un sovraccarico pari a 600 kg/mq ed eseguita una prova di carico in data 25/07/1989 con sovraccarico di prova pari a 840 kg/mq;

I locali tecnici interrati presentano una lunghezza interna variabile in direzione in campo ed in particolare 7,90 – 8,05 – 8,80 e 14,40 ml.

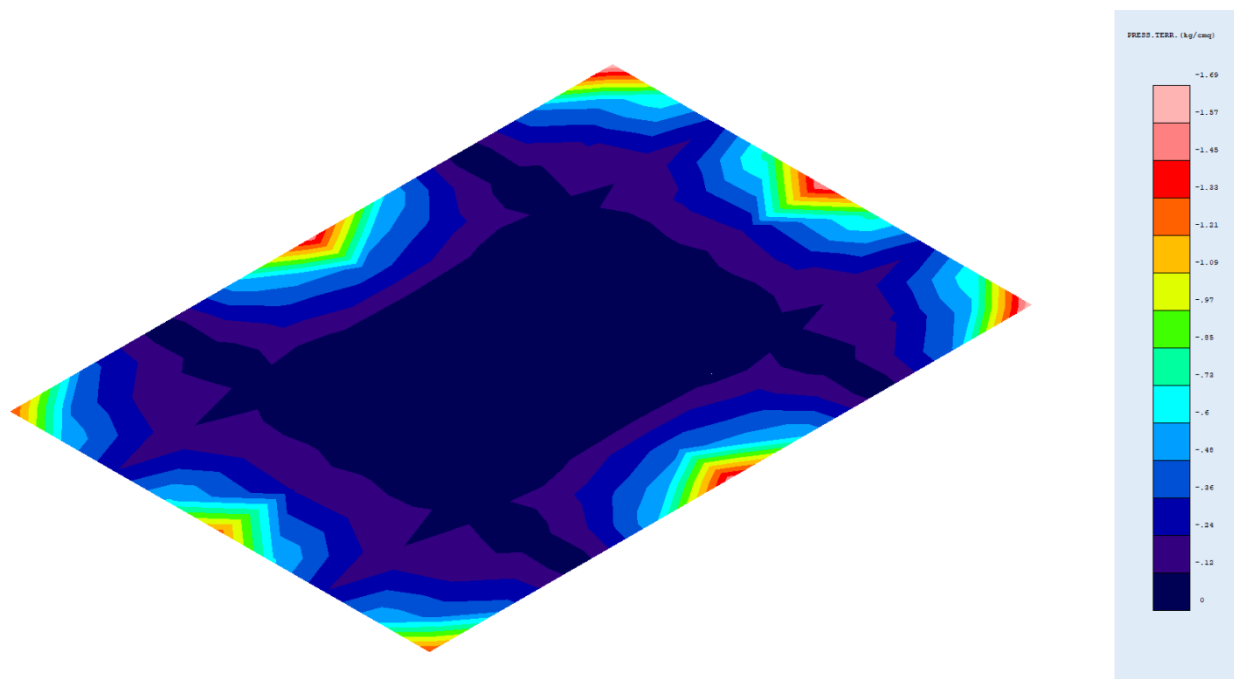
Tramite programma di calcolo CDS ditta Sts Lic.20121 è stata eseguita una verifica ai carichi verticali (ai sensi delle NTC2018) per la struttura maggiormente sollecitata e cioè per quella con lunghezza fra gli appoggi pari a 14,40 ml collocata in curva ferroviaria.

Per i materiali è stato considerato un calcestruzzo tipo C25/30 (Rck300) ed acciaio tipo B450C (Ex Feb44k) conformemente a quanto indicato negli elaborati progettuali.

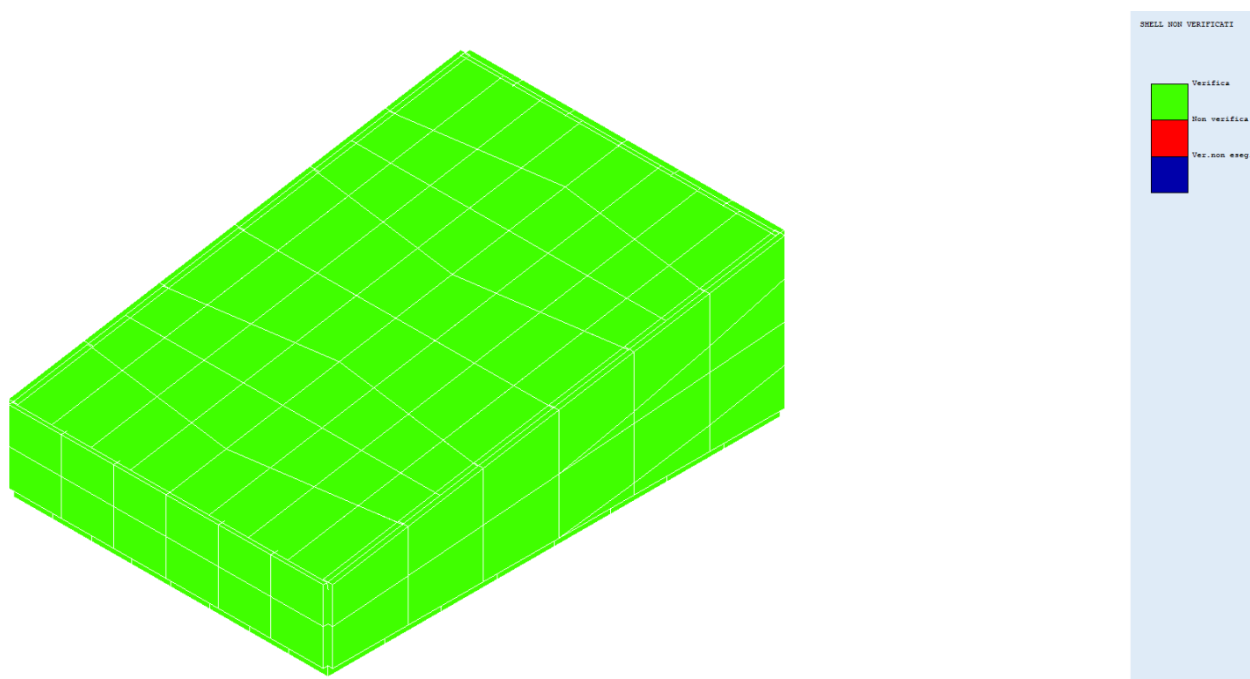
E' stato realizzato un modello tridimensionale del manufatto in c.a. con le dimensioni e armature di progetto ed i carichi e sovraccarichi da normativa vigente.



Modello 3D platea maggiormente sollecitata L=14,40 ml – Parterre Curva Ferrovia



Pressione sul terreno nella condizione di carico peggiore pari a 1,69 kg/cmq – compatibile con le indicazioni presenti in Relazione Geologica Ing.M.Cilento del 27/05/1987



Verifica Globale Manufatto – In verde tutti gli elementi VERIFICATI

## **VERIFICHE “CURVINO”**

I “Curvini” sono delle porzioni di gradinate realizzate in occasione dei lavori di Italia 90 collocati fra le curve e le tribune laterali. In particolare corrispondono alla parte bassa (primi 10 gradini a partire dal campo) dei blocchi 2 (lato Ferrovia) e 18 (lato Fiesole). Tali strutture sono realizzate con elementi portanti in acciaio per quanto riguarda travi e pilastri e solette in cls di spessore 20 cm (più i gradini) per quanto riguarda i solai e la passerella di coronamento.

Sono stati analizzati gli elaborati progettuali redatti dal Prof.Ing.R.Bartelletti e nello specifico le Tavole S120 (Nuove gradinate curve – Strutture di cemento armato) e S121 (nuove gradinate curve – Carpenteria Metallica), il collaudo statico redatto da Prof.Ing.F.Selleri e Ing.U.Galardi e nello specifico collaudo depositato all’Ufficio tecnico del Genio Civile in data 30/05/1990 indicato come Allegato 8 e comprensivo dei certificati delle prove di carico e prove sui materiali redatti dal Lab.Sigma di Campi Bisenzio(FI).

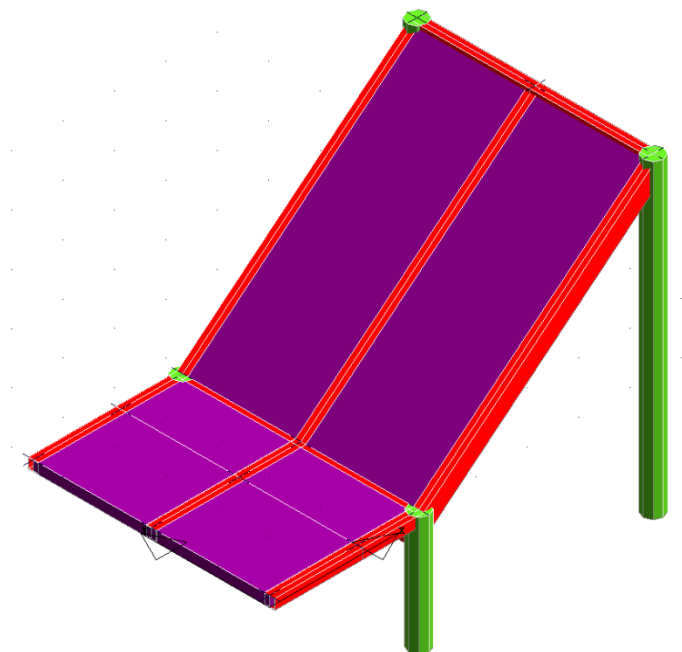
Si evidenzia che la prova di carico del 30/04/1990 – Certificato n°4318 del 15/05/1990 è stata eseguita con un sovraccarico pari a 900 kg/mq sulla passerella a sbalzo, inoltre i certificati di prova dei cubetti di cls n°4195 del 11/05/1990 e n°4619 del 20/05/1990 hanno restituito un valore medio del cls  $> 600 \text{ kg/cm}^2$  (Rck 600).

Tramite programma di calcolo CDS Licenza n°20121 è stata eseguita una modellazione della gradinata in acciaio e cls per la parte con interasse maggiore e quindi maggiormente sollecitata (parte rettilinea in prossimità della Tribuna con ingombro in pianta 7.40x4,60 compreso sbalzo) inserendo le caratteristiche dimensionali e le armature (platea) indicate negli elaborati progettuali e riscontrate in sito o attraverso fotografie ed i sovraccarichi da Normativa Vigente NTC2018.

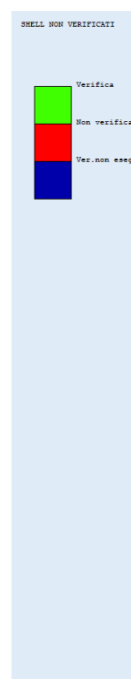
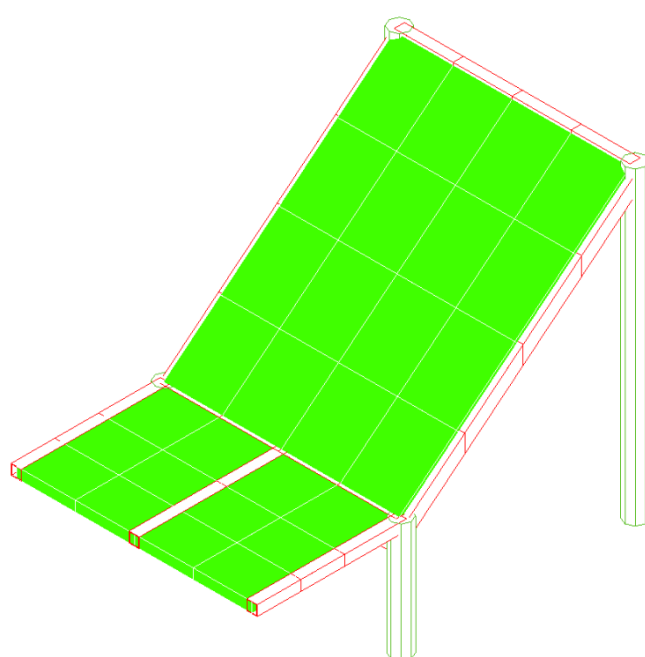
Per quanto riguarda il cls è stato utilizzato cautelativamente un cls pari a C25/30 (Rck 300), inferiore a quello richiesto in progetto Rck400 ed a quello “provato” Rck600, per tener conto della “età” del manufatto.

Per la verifica è stato considerato un acciaio tipo S235 (ex Fe360) conformemente a quanto indicato negli elaborati di progetto e di collaudo . Certificati di prova Lab.Sigma su spezzoni di profilati n°4429 e 4430 del 16/05/1990.

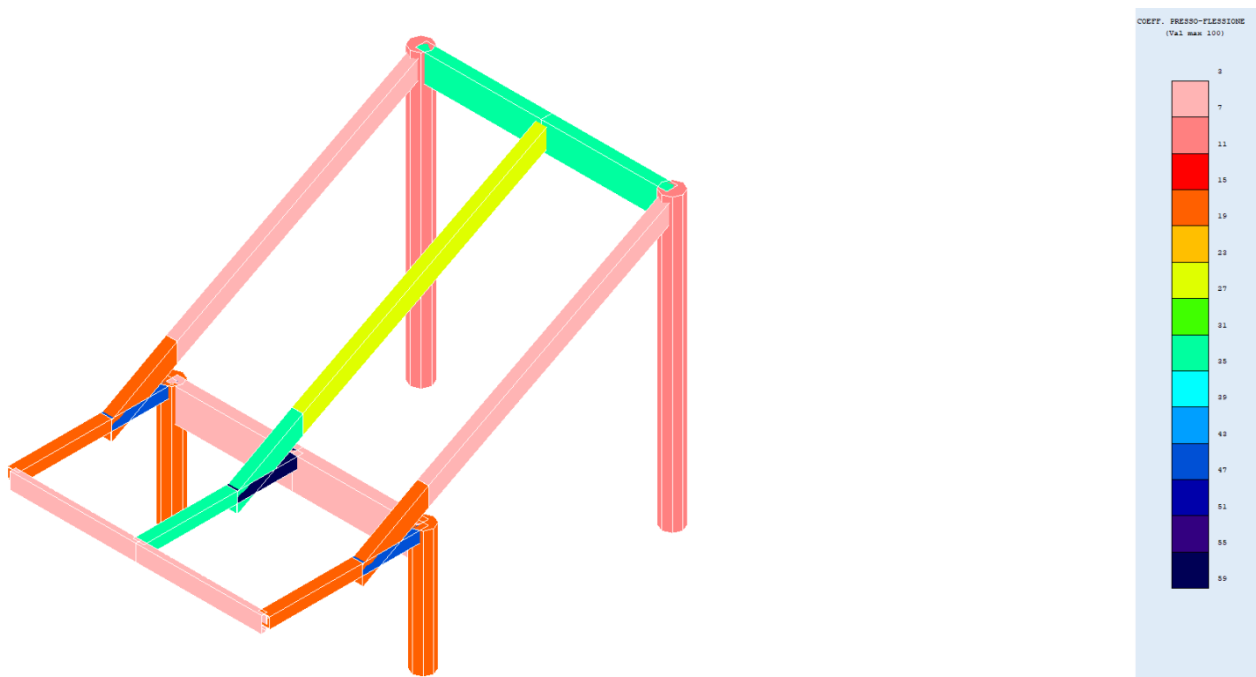
I risultati hanno dato esito positivo sia per quanto riguarda le solette in c.a. che per quanto riguarda gli elementi metallici portanti travi e pilastri.



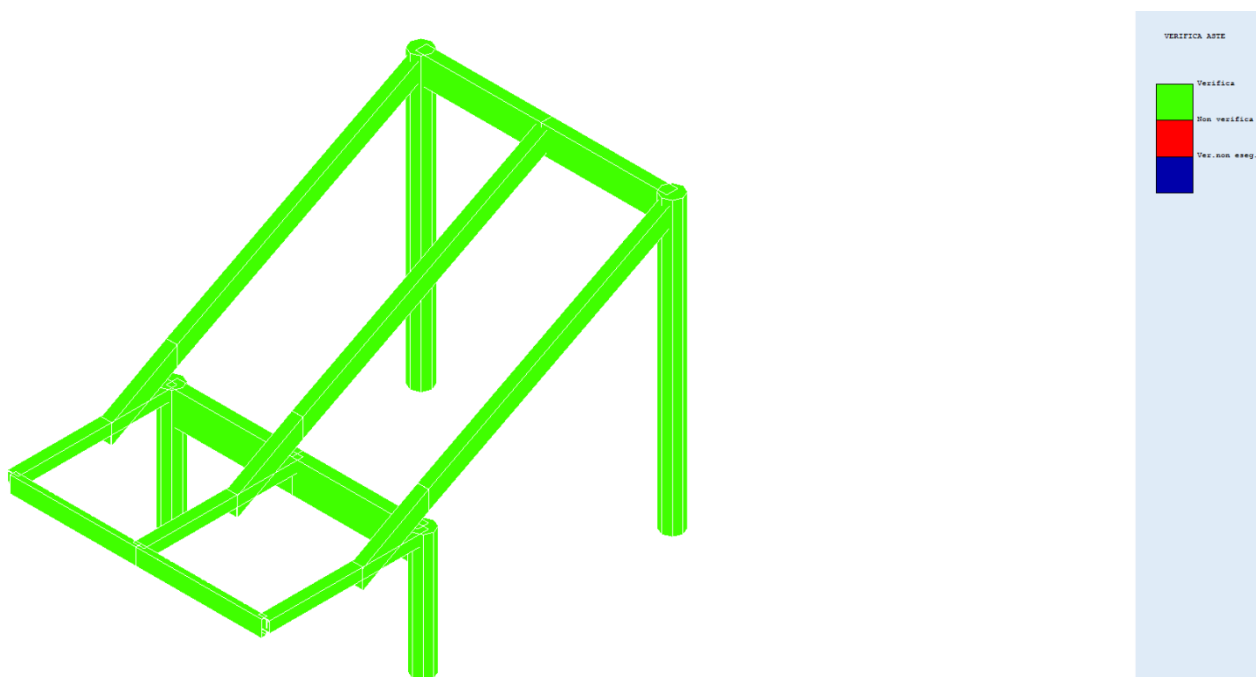
Modello Tridimensionale



Verifica Globale Soletta – In verde tutti gli elementi Verificati



Verifica a Presso-flessione elementi in acciaio – Valore Max<100 – elementi verificati



Verifica Globale elementi in acciaio – In verde tutti gli elementi verificati

## ***VERIFICHE PARAPETTI***

Lo Stadio Comunale “Artemio Franchi” di Firenze presenta essenzialmente due tipologie distinte di parapetti, in acciaio per il contenimento della folla sulle gradinate in elevazione (sia a livello inferiore che superiore – oltre alle scale elicoidali Nervi e scale in acciaio) ed in vetro di recente realizzazione per la divisione bordo campo/gradinate su parterre di Tribuna e Maratona oltre agli SkyBox.

Nel corso degli anni la committenza/utilizzatore hanno eseguito numerose opere di manutenzione / aggiornamento / aggiunte o completa sostituzione di molti elementi strutturali presenti all'interno dello Stadio ed anche i parapetti stessi sono stati in parte sostituiti con elementi in metallo e vetro.

I parapetti in vetro installati a partire dall'anno 2012 sono stati calcolati e collaudati con carico sul corrimano pari a 300 kg/ml come da Normativa vigente ad eccezione dei parapetti degli Skybox con carico pari a 200 kg/ml in considerazione del numero limitato degli utenti all'interno dei box stessi.

I parapetti metallici fissi risultano posizionati sui ballatoi di tutti i settori, sulle scale Nervi, sulle scale elicoidali in acciaio e sulle scale a cavalletto.

Tutti i parapetti rientrano in due tipologie costruttive con altezza 100 cm e passo fra i montanti di 110 cm e con altezza 130 cm e passo 130 cm.

Da un'analisi dei documenti progettuali e dei collaudi statici redatti da Ing.U.Galardi e Prof.F.Selleri è emerso che i parapetti sono stati realizzati con acciaio tipo S275 (ex Fe430). Certificati di prova sui materiali redatti da Lab.Sigma di Capalle n°9503 del 05/12/1989, 4423 del 16/05/1990 e 4466 del 17/05/1990.

In considerazione dell'età di realizzazione dei manufatti, in fase di calcolo è stato utilizzato cautelativamente un acciaio tipo S235 (ex Fe360).

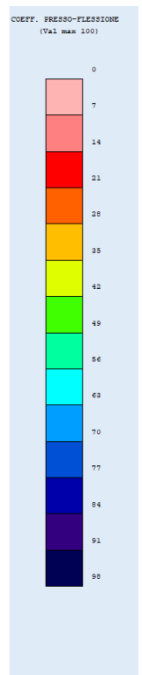
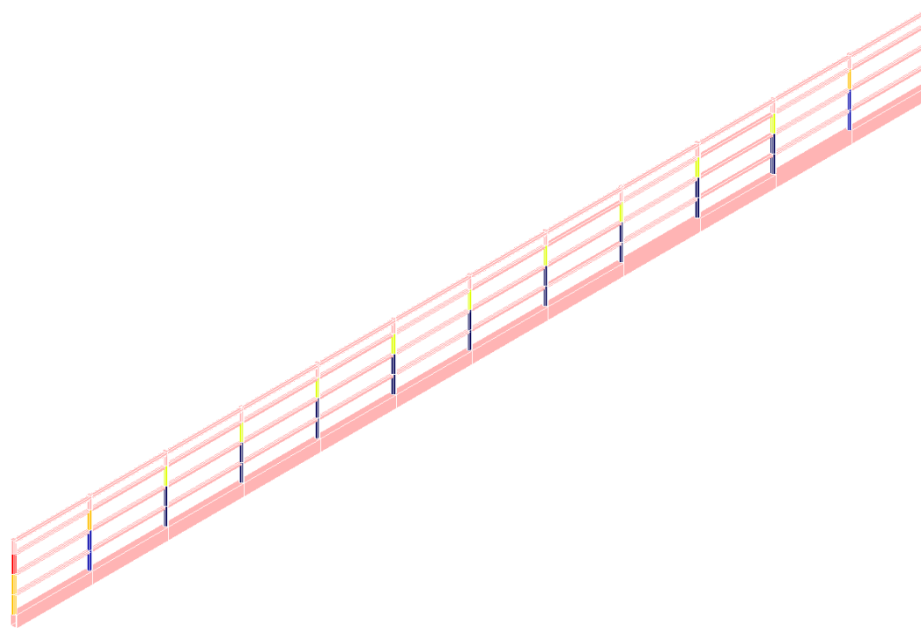
Tramite programma di calcolo CDSWin ditta Sts Spa Licenza n°20121 sono stati eseguiti modelli 3d dei parapetti metallici con i carichi da Normativa Cat. C5 per le tipologie suindicate.

Il calcoli hanno dato esito positivo per le verifiche a presso-flessione seppur molto vicini al limite in particolar modo per i parapetti del ballatoio alto (Coeff. di utilizzo pari a 98 <100).

Si riporta un'estratto dei tabulati di Input ed i grafici di verifica a presso-flessione.

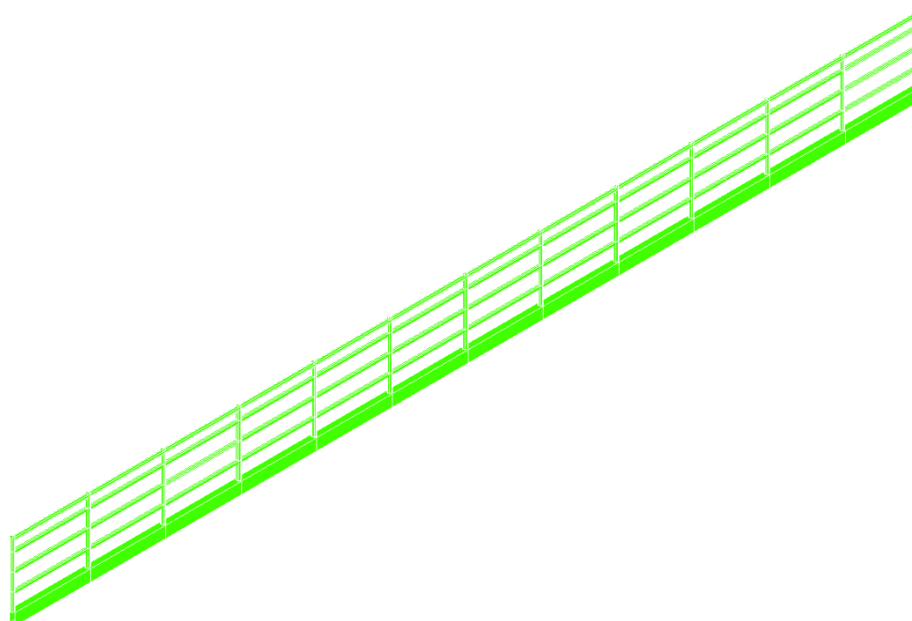
PARAPETTI H=130 cm

TRAVI IN ACCIAIO/LEGNO ALLA QUOTA 1.3 m																							
		DATI GENERALI				QUOTE		SCOSTAMENTI						CARICHI									
Trav N.ro	Sez. N.ro	Tipo Elemento fini sismici	Ang Grd	Fil in.	Fil fin	Q in. (m)	Q fin (m)	Dxi cm	Dyi cm	Dzi cm	Dxf cm	Dyf cm	Dzf cm	Pann	Tamp	Ball kg / m	Espl	Tot.	Torc kg	Orizz kg / m	Assia	Ali %	Crit N.ro
1	1079	Tel.SismoRes.	0	1	2	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
2	1079	Tel.SismoRes.	0	2	3	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
3	1079	Tel.SismoRes.	0	3	4	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
4	1079	Tel.SismoRes.	0	4	5	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
5	1079	Tel.SismoRes.	0	5	6	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
6	1079	Tel.SismoRes.	0	6	7	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
7	1079	Tel.SismoRes.	0	7	8	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
8	1079	Tel.SismoRes.	0	8	9	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
9	1079	Tel.SismoRes.	0	9	10	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
10	1079	Tel.SismoRes.	0	10	11	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
11	1079	Tel.SismoRes.	0	11	12	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101
12	1079	Tel.SismoRes.	0	12	13	1,30	1,30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101



Verifica a Pressoflessione – Verifica positiva

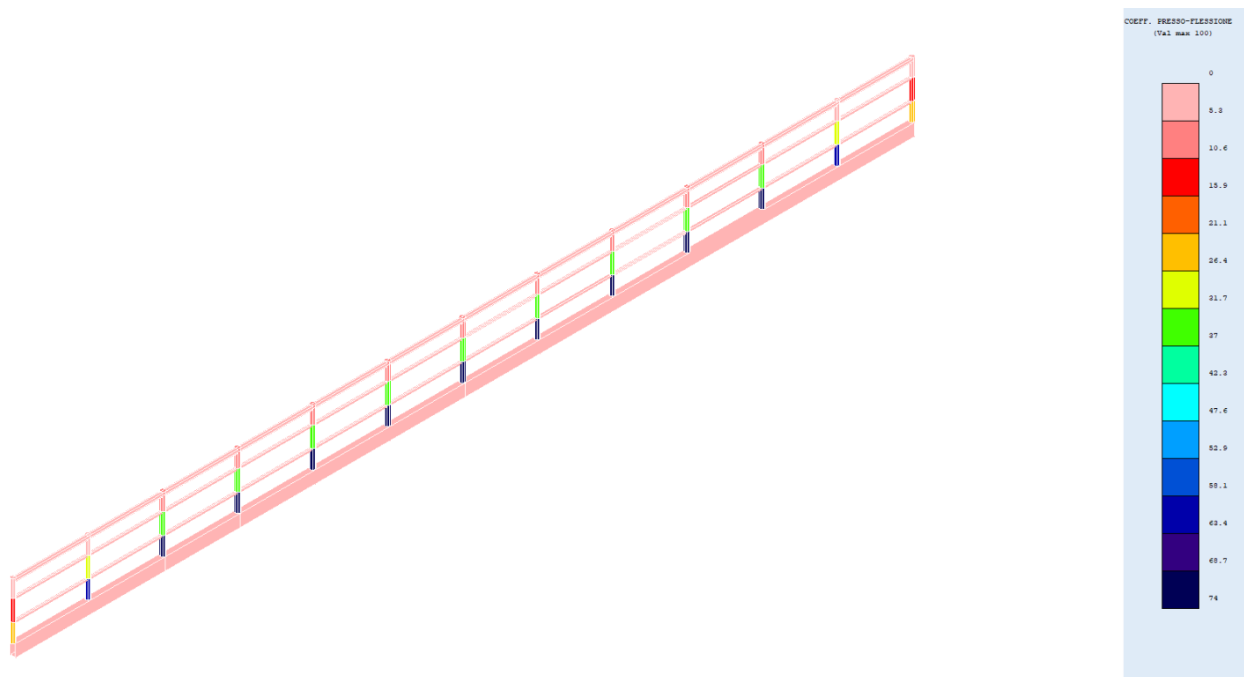




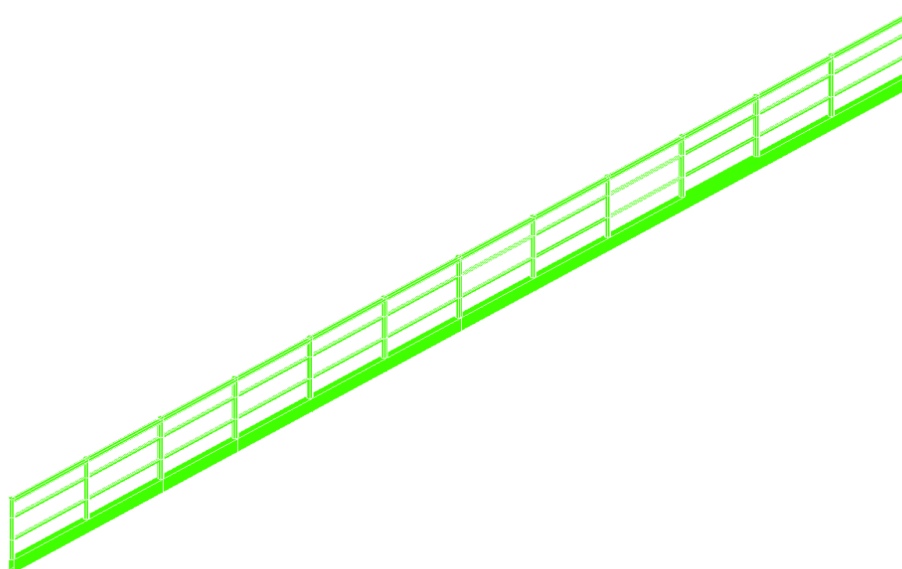
Verifica a Rottura – In verde tutti gli elementi verificati

PARAPETTI H=100 cm

TRAVI IN ACCIAIO/LEGNO ALLA QUOTA 1 m																									
		DATI GENERALI					QUOTE		SCOSTAMENTI						CARICHI										
Trav N.ro	Sez. N.ro	Tipo Elemento fini sismici	Ang Grd	Fil in.	Fil fin	Q in. (m)	Q fin (m)	Dxi cm	Dyi cm	Dzi cm	Dxf cm	Dyf cm	Dzf cm	Pann	Tamp	Ball kg / m	Espl	Tot.	Torc kg	Orizz kg / m	Assia	Ali %	Crit N.ro		
1	1076	Tel.SismoRes.	0	1	2	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
2	1076	Tel.SismoRes.	0	2	3	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
3	1076	Tel.SismoRes.	0	3	4	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
4	1076	Tel.SismoRes.	0	4	5	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
5	1076	Tel.SismoRes.	0	5	6	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
6	1076	Tel.SismoRes.	0	6	7	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
7	1076	Tel.SismoRes.	0	7	8	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
8	1076	Tel.SismoRes.	0	8	9	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
9	1076	Tel.SismoRes.	0	9	10	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
10	1076	Tel.SismoRes.	0	10	11	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
11	1076	Tel.SismoRes.	0	11	12	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		
12	1076	Tel.SismoRes.	0	12	13	1,00	1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-300	0	0	101		



Verifica a Pressoflessione – Verifica positiva



Verifica a Rottura – In verde tutti gli elementi verificati

E' stata eseguita un'attenta analisi di tutti i certificati di prove di carico eseguiti dal 1990 ad oggi. Pur se con carichi di progetto sul corrimano inferiori a quelli previsti dall'attuale normativa (prima 150 kg/ml, poi 200 kg/ml ed ad oggi 300 kg/ml) sono stati ritrovati dei certificati di prove di carico eseguite dal Lab.Sigma Srl in cui sono stati applicati carichi di prova pari o superiori a quelli attuali con addirittura una prova a rottura avvenuta per sfilamento della piastra con un carico sul corrimano pari a 650 kg/ml.

In considerazione del fatto che lo Stadio risulta frequentemente utilizzato e risulta difficile valutare visivamente lo stato di manutenzione ed efficienza dell'attacco della trave inferiore del parapetto alla soletta in c.a. è stato deciso di effettuare una campagna di prove di carico sui parapetti che risultano maggiormente sollecitati durante gli eventi.

Sono stati sottoposti a prova:

- parapetto interno ballatoio inferiore Maratona;
- parapetto scala elicoidale "Nervi" Maratona;
- parapetto scala elicoidale in acciaio Curva Ferrovia;
- parapetto interno ballatoio inferiore Curva Ferrovia;
- parapetto interno ballatoio inferiore Curva Fiesole;
- parapetto scala elicoidale in acciaio Curva Fiesole;
- parapetto scala ballatoio inferiore Curva Fiesole;
- parapetto scala ballatoio inferiore Tribuna Centrale.

Il carico di prova è stato valutato in funzione di quanto previsto dalle NTC 2018 ed in particolare pari a 300 kg/ml., a simulazione della spinta della folla. Tale carico è stato trasformato in forza equivalente in quanto questo è stato applicato mediante martinetto idraulico e per ogni prova sono stati sviluppati due cicli con applicazione graduale del carico fino ad un massimo di 300 kg/ml. Gli spostamenti sono stati misurati in millimetri con tre trasduttori differenziali. Inoltre i valori risultati dalle prove eseguite, per quanto concerne gli spostamenti, sono stati confrontati con quelli relativi a prove analoghe eseguite in occasione dei precedenti collaudi tenendo in considerazione l'importante incremento di carico per il passaggio da 200 kg/ml a 300 kg/ml.

Le deformazioni massime sono risultate assolutamente compatibili con la tipologia di parapetto in virtù del carico applicato e le deformazioni residue in assenza di carico sono risultate zero o al massimo pochi decimi di millimetro. Durante le prove non si sono rilevate rotture o anomalie né dei parapetti né degli attacchi a terra.

## ***SITUAZIONE STATICA PARCHEGGIO AUTORITA'***

Il parcheggio autorità è un manufatto realizzato durante i lavori di “Italia 90” nella parte retrostante la Curva Ferrovia in adiacenza al Viale Ferruccio Valcareggi. Tale manufatto si sviluppa su due piani interrati ad uso parcheggi.

La struttura risulta realizzata con elementi in calcestruzzo prefabbricato per quanto riguarda gli orizzontamenti (Tegolo TT a doppia nervatura più soletta 20cm) ed in cemento armato gettato in opera per quanto riguarda gli elementi verticali e la platea di fondazione (solaio a livello più basso).

In merito alle opere strutturali è stata acquisita ed analizzata la seguente documentazione tecnica:

- Pratica Genio Civile n°18829 del 14/11/1987 Progettista opere c.a. Ing. R.Bartelletti, progettista opere c.a.p. Ing.E.Riva;
- Varianti del 20/09/1988 e 19/02/1989;
- Relazione Finale del 13/10/1989;
- Collaudo statico Parziale del 05/11/1989 Prof.F. Selleri e Ing.U.Galardi;
- Collaudo statico Finale del 06/06/1990 Prof.F. Selleri e Ing.U.Galardi.

Negli elaborati progettuali in particolare Tav.S12, S15, S36 e 1071/1, 1071/2, 1071/3 e 1071/4 sono indicate le caratteristiche geometriche e meccaniche dei materiali. Inoltre, come indicato nel collaudo statico, risulta presente agli atti una dichiarazione a firma del Prof.Ing. Bartelletti circa la perfetta rispondenza (con la normativa dell'epoca) nell'applicazione dei carichi statici (1500 e 300 kg/mq) e sismici nella relazione di calcolo prodotta dall'Ing.E.Riva.

Il solaio di copertura è stato progettato con un sovraccarico pari a 1500 kg/mq mentre il solaio intermedio per rimessaggio veicoli leggeri con sovraccarico di 300 kg/mq.

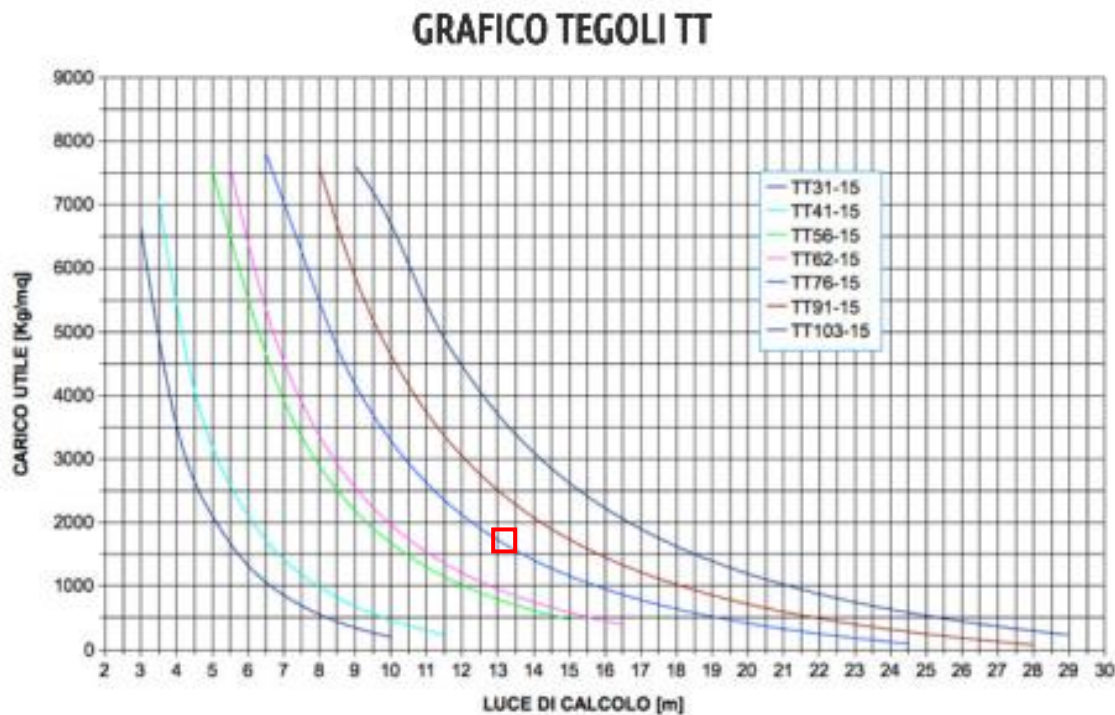
Nella relazione di fine lavori sono allegati i certificati di prove sui materiali in cui si rileva che il calcestruzzo prelevato (valore min. della coppia di provini “peggiore” Rck 344 kgf/cm<sup>2</sup>) è conforme a quello richiesto in fase di progettazione Rck 300.

Nel collaudo statico parziale sono state allegate le prove di carico sul solaio di copertura e sul solaio intermedio. Certificato del Laboratorio Sigma di Campi Bisenzio n° 6696 del 05/09/1989. Tali prove sono state condotte con un carico di prova pari a 1700 kg/mq per il solaio di copertura (prova eseguita in data 18/07/1989) e 360 kg/mq per il solaio intermedio (prova eseguita in data 24/07/1989). Sempre nel collaudo statico parziale sono state allegate due relazioni di calcolo a firma Prof.Arch. E.Bove per il calcolo della freccia teorica dei due solai ed in particolare, per entrambi i solai, la freccia misurata è risultata inferiore a quella di calcolo:

Solaio Copertura: Freccia misurata 13,73 mm – Freccia Teorica 17,10 mm

Solaio Intermedio: Freccia misurata 5,80 mm – Freccia Teorica 11,13 mm

Sulla base delle tabelle di carico per “Tegoli TT” di identiche caratteristiche, si evince che il solaio di copertura risulta di idonee dimensioni in funzione della luce 13,00 m e carico 1500 kg/mq ed inoltre la soletta in c.a. presente risulta di spessore ben superiore (20 cm) rispetto a quella minima (5 cm) della sottoindicata tabella.



Il solaio intermedio è stato progettato con un sovraccarico di 300 kg/mq superiore a quello previsto ai sensi delle N.T.C. 2018 per la Cat.F Rimesse, aree per traffico e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico inferiore a 30 kN) pari a 250 kg/mq.

## 6) *Valutazione Vulnerabilità sismica*

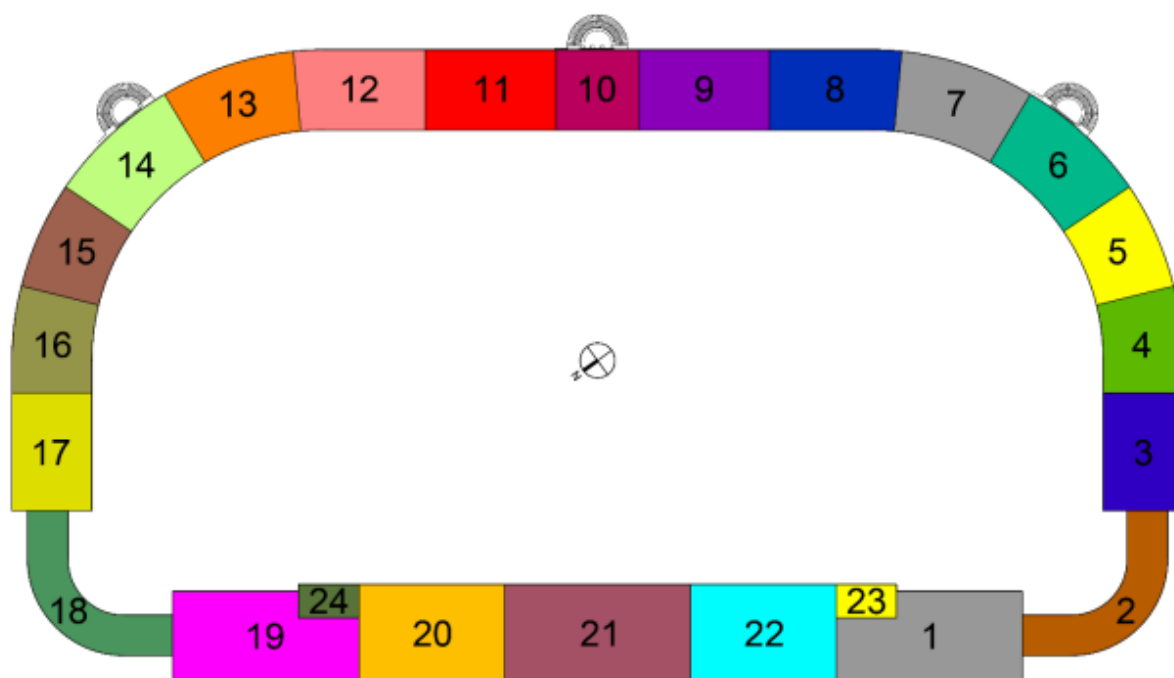
La Relazione di “Verifica di VS” redatta dal Dipartimento di Ingegneria Civile risulta molto ampia e completa e così sinteticamente strutturata:

- Indagine storica e ricerca materiale progettuale presso archivio storico, uffici tecnici, fondazioni, altro, etc;
- Descrizione della struttura allo stato attuale;
- Fasi costruttive;
- Organizzazione strutturale;

- Caratterizzazione dei materiali mediante prove non distruttive e prove distruttive;
- Analisi dei carichi per pesi propri, portati, variabili, neve e sisma;
- Illustrazione delle combinazioni di carico;
- Verifica statica e valutazione sismica per le strutture dello Stadio.

Nella relazione risultano ben indicate le caratteristiche geometriche e tipologiche degli elementi strutturali, sono ben esplicitate le condizioni di carico ed i livelli di conoscenza con i relativi fattori di confidenza oltre ad essere illustrate chiaramente le verifiche eseguite sugli elementi strutturali.

La struttura dell'impianto sportivo ha un ingombro di 270 m per 150 m circa, presenta una pianta a forma di lettera D ed è costituita da 24 blocchi distinti, rappresentati schematicamente nella figura sottostante.



Si riportano i valori degli indicatori di rischio in termini di accelerazione al suolo PGA ed in termini periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per un livello di conoscenza **LC2** e fattore di confidenza  $FC=1,20$ .

<b>BLOCCO</b>	<b>(PGA<sub>CLV</sub>/PGA<sub>DLV</sub>)</b>	<b>(TR<sub>CLV</sub>/TR<sub>DLV</sub>)<sup>a</sup></b>
<b>1</b>	0,397	0,410
<b>2</b>	0,654	0,740
<b>3</b>	0,442	0,460
<b>4</b>	0,468	0,480
<b>5</b>	0,460	0,480
<b>6</b>	0,333	0,350
<b>7</b>	0,449	0,460
<b>8</b>	0,571	0,620
<b>9</b>	0,571	0,620
<b>10</b>	0,381	0,400
<b>11</b>	0,571	0,620
<b>12</b>	0,571	0,620
<b>13</b>	0,449	0,460
<b>14</b>	0,333	0,350
<b>15</b>	0,460	0,480
<b>16</b>	0,299	0,300
<b>17</b>	0,442	0,460
<b>18</b>	0,650	0,710
<b>19</b>	0,397	0,410
<b>20</b>	0,437	0,450
<b>21</b>	0,255	0,270
<b>22</b>	0,437	0,450

Indicatori di Rischio LC2 – FC=1,20

## Valutazione indici di rischio

La struttura in esame presenta criticità nei confronti dell'azione sismica di progetto secondo NTC2018. Tali criticità erano ampiamente prevedibili preliminarmente trattandosi di una struttura in cemento armato realizzata nel 1930/32.

Gli Indicatori di Rischio peggiori sia in termini di accelerazione al suolo PGA che in termini di periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  sono quelli riferiti al blocco 21 – Tribuna Coperta Centrale ed in particolare con:

$$LC2 - FC = 1,20 \quad \mathbf{IR:} \quad PGA_{CLV}/PGA_{DLV} = \mathbf{0,255} \quad - \quad (TR_{CLV}/TR_{DLV})^a = \mathbf{0,270}$$

Sulla base dei valori sopra riportati risulta una **Vita Nominale Residua** per il blocco peggiore pari a:

$$V_{NR} = \mathbf{4,1 \text{ Anni}}$$
 con LC2

Si riporta in tabella la Vita Nominale Residua per ciascun blocco per il livello di conoscenza considerato:

BLOCCO	LC2
1	11,4
2	48,0
3	15,0
4	16,7
5	16,7
6	7,8
7	15,0
8	31,2
9	31,2
10	10,7
11	31,2
12	31,2
13	15,0
14	7,8
15	16,7
16	5,3
17	15,0
18	43,4
19	11,4



20	14,3
21	4,1
22	14,3

Alla data di stesura del presente Certificato di collaudo decennale si riportano, per quanto riguarda la Vulnerabilità Sismica, i valori corrispondenti ad un livello di conoscenza LC2 riferito ai calcoli del 01/10/2020 in attesa delle nuove calcolazioni a seguito della terza campagna di indagini con livello di conoscenza LC3.

### **Principi di base per un corretto utilizzo del parametro “vita residua”**

Per capire il significato tecnico-programmatico del parametro “vita residua”, vista la facilità con cui è possibile mal interpretare il reale scopo di utilizzo del parametro medesimo, si riportano alcune considerazioni preliminari.

In termini di norma, **l'obbligo** che hanno tutti i proprietari di edifici progettati prima del 1984 e con destinazione d'uso riconducibile alle classi III (edifici rilevanti ai fini del collasso) e IV (strutture strategiche), è **quello di eseguire le VERIFICHE DI VULNERABILITA' SISMICA**, a valle delle quali potranno essere esplicitate, con un adeguato cronoprogramma degli interventi, le opere di miglioramento sismico necessarie ad incrementare nel tempo la sicurezza del fabbricato.

Non sussiste allo stato attuale nessuno obbligo di eseguire gli interventi, tantomeno di effettuarli entro un tempo prestabilito, **tuttavia è doveroso che i proprietari stessi, dopo aver effettuato le verifiche, inizino a programmare specifiche attività di riduzione del rischio in tempi coerenti con la vulnerabilità riscontrata.**

Tali concetti sono ben espressi da specifiche circolari (Circolare 4 novembre 2010) che il Dipartimento della Protezione Civile ha emanato proprio con lo scopo di fornire un quadro di comportamento generale.

Anche la circolare n. 617 del 2009, contenente le istruzioni per l'applicazione delle NTC 2008 (e successivamente nelle NTC2018), fornisce specifiche indicazioni, che non possono essere trascurate in fase di gestione dei risultati della vulnerabilità di un edificio.

***“Gli esiti delle verifiche dovranno permettere di stabilire quali provvedimenti adottare affinché l'uso della struttura possa essere conforme ai criteri di sicurezza delle NTC. Le alternative sono sintetizzabili nella continuazione dell'uso attuale, nella modifica della destinazione d'uso o nell'adozione di opportune cautele e, infine, nella necessità di effettuare un intervento di aumento o ripristino della capacità portante, che può ricadere nella fattispecie del miglioramento o dell'adeguamento.***

*Per le opere pubbliche strategiche con finalità di protezione civile o suscettibili di conseguenze rilevanti in caso di collasso, date le possibili implicazioni economiche e sociali degli esiti delle verifiche, è opportuno che le stesse siano anche esaminate da revisori non intervenuti nella valutazione.*

*È evidente che i provvedimenti derivano necessari e imprevedibili nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio; più complessa è la situazione che si determina nel momento in cui si manifesti l'inadeguatezza di un'opera rispetto alle azioni ambientali, non controllabili*

***dall'uomo e soggette ad ampia variabilità nel tempo ed incertezza nella loro determinazione. Per le problematiche considerate, non si può pensare di imporre l'obbligatorietà dell'intervento o del cambiamento di destinazione d'uso o, addirittura, la messa fuori servizio dell'opera, non appena se ne riscontri l'inadeguatezza. Le decisioni da adottare dovranno necessariamente essere calibrate sulle singole situazioni in relazione alla gravità dell'inadeguatezza, alle conseguenze, alle disponibilità economiche e alle***

***implicazioni in termini di pubblica incolumità). Saranno i proprietari o i gestori delle singole opere, siano essi enti pubblici o privati o singoli cittadini, a definire il provvedimento più idoneo, eventualmente individuando una o più livelli delle azioni, commisurati alla vita nominale restante e alla classe d'uso, rispetto ai quali si rende necessario effettuare l'intervento di incremento della sicurezza entro un tempo prestabilito.”***

La Circolare riporta nell'ultimo capoverso il termine “vita nominale restante”, che va esattamente inteso e fatto coincidere con la vita residua del fabbricato, che si sta discutendo in questo paragrafo.

Se un edificio fosse adeguato sismicamente, la vita residua assumerebbe valori pari od al più superiori a 50 anni, *mentre quando l'edificio non è adeguato la vita residua assume ovviamente valori inferiori.*

Secondo l'attuale impostazione normativa, stabilita la vita nominale, vista la Classe d'uso del Fabbricato, si riesce a calcolare il periodo di ritorno  $T_R$ , identificativo dell'azione sismica di progetto.

$$\begin{array}{l}
 V_N = \text{VITA NOMINALE} \\
 C_U = \text{COEFF. TE D'USO}
 \end{array}
 \xrightarrow{\quad}
 \begin{array}{l}
 V_R = \text{Vita di riferimento} \\
 V_R = C_U \times V_N \quad (V_R \geq 35)
 \end{array}
 \xrightarrow{\quad}
 \begin{array}{l}
 T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_k)} \\
 (30 \text{ anni} \leq T_R \leq 2475 \text{ anni})
 \end{array}$$

Ad una vita nominale di partenza pari a 100 anni, nel caso degli stadi, il periodo di riferimento per l'azione sismica di progetto risulta pari a 1898 anni, a cui corrisponde una accelerazione di aggancio allo spettro, sito dipendente, tipica del sito di analisi e valida per lo SLV.

Se la vita nominale di 100 anni corrisponde, nel caso di edificio adeguato, ad un  $T_R = 1898$  anni, qualora un fabbricato non risulti adeguato, il Periodo di ritorno (residuo) assumerebbe valori inferiori a 1898 (proprio come accade alla vita nominale residua!).

In pratica, per un edificio non adeguato sismicamente, calcolato il  $T_{R\_residuo}$ , è possibile, applicando un processo inverso a quello sopra mostrato, calcolare la vita nominale residua.

Come già indicato nei capitoli precedenti, la vita nominale residua indicata sopra, va intesa come indicazione di quello che sarebbe il tempo massimo per l'inizio di specifiche attività di riduzione del rischio, calcolato in coerenza con i principi statistici su cui si basa la norma.

Ci si potrebbe chiedere se i tempi indicati in tabella siano obbligatori; a tal proposito si legga l'estratto da una nota che il CTS Emilia Romagna ha scritto per suggerire come gestire tali parametri.

*patrimonio immobiliare esistente. (.....). In merito alla gravità dell'inadeguatezza commisurata alla vita nominale restante, si può ipotizzare che la vita nominale restante sia il tempo entro il quale si attiva l'intervento che pone rimedio alla specifica inadeguatezza. A rigore, tale definizione ha senso solo in relazione alla tutela economica della costruzione e non anche della tutela delle persone e/o dei beni da essa ospitati. Tuttavia, essa è la sola che consenta una programmazione degli interventi nel tempo (dando per scontata l'impossibilità di adeguare in tempi rapidi l'intero patrimonio immobiliare) con un fondamento tecnico-scientifico che leghi la programmazione stessa alla gravità delle carenze strutturali. Ciò*

Si evince chiaramente che la vita residua è l'unico parametro che possa consentire una programmazione nel tempo degli interventi, ma che esso non ha, a rigore, un significato indissolubilmente legato alla sicurezza del fabbricato (tant'è vero che si parla di tutela economica!).

**Non è in sostanza un “certificato di scadenza d'uso del fabbricato”, piuttosto è una indicazione utile a programmare in tempi congrui le eventuali opere di miglioramento sismico.**

**Ed in quest'ottica l'Amministrazione Comunale ha confermato l'intenzione di redigere un cronoprogramma di interventi al fine di aumentare la capacità della struttura sotto le azioni sismiche, alla luce della vita nominale residua dei vari blocchi facenti parte dello Stadio.**

## **7) *Certificato di idoneità statica***

Premesso che:

7.1) gli elaborati prodotti dal Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università di Firenze nell'ambito della valutazione di vulnerabilità sismica, relazioni, calcoli, stesure di linee guida per gli interventi di adeguamento sismico, Certificati delle prove sui materiali redatti da Lab.Sigma Srl costituiscono parte integrante del presente certificato in quanto sono stati assunti come base per i controlli eseguiti allo stato attuale;

7.2) i certificati di idoneità statica rilasciati dopo il primo decennio dall'intervento di riordinamento estetico-funzionale eseguito nello Stadio "A.Franchi" e precisamente quelli datati 30/12/1999 e 15/05/2000 e 15/05/2010 a firma Dr.Ing.Ugo Galardi e quello datato 31/03/2000 a firma del Prof.Ing.Fabio Selleri costituiscono anch'essi parte integrante del presente certificato in quanto sono stati oggetto di confronto e di studio del comportamento dei vari elementi strutturali con cadenza decennale e tali che ne attestarono l'idoneità statica;

7.3) i certificati di collaudo statico comprensivi dei certificati delle prove di carico e sui materiali depositati al Genio Civile a partire dal 23/08/2012 costituiscono parte integrante del presente certificato;

7.4) i calcoli ed i certificati delle prove di carico sui parapetti sono stati eseguiti con i carichi previsti dalla normativa vigente NTC2018 ovvero 300 kg/ml e durante le prove si è rilevato un buon comportamento elastico delle strutture e la pressochè assenza di deformazione residua allo scarico;

7.5) in base alle verifiche ai carichi verticali e verifiche sismiche redatte dal Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale dell'Università di Firenze, dovrà essere cura dell'Amministrazione Comunale prevedere un cronoprogramma di intervento per adeguamento statico e sismico alla luce anche della vita nominale residua dei vari blocchi facenti parte lo Stadio;

7.6) è stato redatto uno specifico studio dettagliato della situazione statica delle gradinate, sulla base dei risultati delle verifiche a carichi verticali redatte dall'Università di Firenze e dallo scrivente, con una limitazione d'uso, applicando carichi ridotti e quindi riducendo la capienza per ciascun blocco;

7.7) se nel corso della futura utenza fossero operate modifiche e/o manomissioni alle strutture sottoposte a controllo il presente certificato è relativo allo stato di fatto riscontrato in data odierna.

Tutto ciò premesso, il sottoscritto Dr. Ing. Antonio Polli

### **VISTO**

che i calcoli effettuati, le indagini e prove effettuate sottoposte a controllo hanno dato risultati sostanzialmente positivi e tali da produrre elementi sufficienti ad attestarne l'idoneità statica certificata che le strutture metalliche ed in cemento armato presenti nei seguenti manufatti:

1. Parapetti in acciaio bordo campo;
2. Parapetti in acciaio ballatoi alti;
3. Parapetto scala a cavalletto Nervi;
4. Pensilina "Nervi";
5. Gradinate in c.a. con limitazione della capienza;
6. Pensiline in acciaio tribune laterali;
7. Tiranti per ancoraggio estremità tergal delle mensole a sostegno delle pensiline metalliche;
8. Torri porta-faro;
9. Scale a cavalletto in acciaio delle Tribune centrali e laterale;
10. Recinzioni e/o parapetti in acciaio e vetro bordo campo (intero perimetro);
11. Recinzioni metalliche esterne e divisori interni con relativi cancelli e portoni;
12. Divisori in acciaio e vetro di fra Tribune laterali coperte e Curve;
13. Tutti i locali per servizi (prefabbricati e non) presenti nel sottogradinata;
14. Parcheggio atleti e parcheggio VIP;
15. Palestra
16. Piscina
17. Servizi igienici S1-S2-S3-S4-S5;
18. Tribune bordo campo Parterre (lato Fiesole, Ferrovia, Maratona, Tribuna e settore Ospiti);
19. Strutture panchine giocatori;
20. Nuovi Sky box;
21. Nuove garitte al piano terreno;
22. Nuovi locali Hospitality posti all'ingresso principale su Viale M. Fanti;

Sono valide da un punto di vista statico, come in effetti con il presente atto ne attesta

### **L'IDONEITA' STATICA**

dello Stadio, entro i limiti della destinazione prevista in progetto ed ai sensi della Normativa vigente con le prescrizioni di utilizzo indicate nell'elaborato "4 Pianta Gradinate con limitazioni capienza" allegata al presente Certificato e con la capienza finale di seguito indicata:

- Tribuna Autorità	250 posti
- Tribuna Gradinate	6324 posti
- Curva Ferrovia	8019 posti
- Settore Ospiti	2763 posti
- Maratona	9946 posti
- Curva Fiesole	11072 posti
- Tribuna Parterre	2672 posti
- Tribuna Stampa	156 posti
- Sky Box	230 posti
- Commentatori TV	24 posti
CAPIENZA COMPLESSIVA	41456 posti

L'Ingegnere Incaricato

Dr. Ing. Antonio Polli

Firenze 06/04//2021



Allegati:

1. Relazione Statica DICEA-UNIFI;
2. Allegato Verifiche LC3 DICEA-UNIFI;
3. Tabulato Verifica Riduzioni Sovraccarico;
4. Pianta Gradinate con limitazioni capienza;
5. Tabulati di calcolo verifica Parterre;
6. Tabulati di calcolo verifica parapetti;
7. Tabulati di calcolo verifica "Curvini".