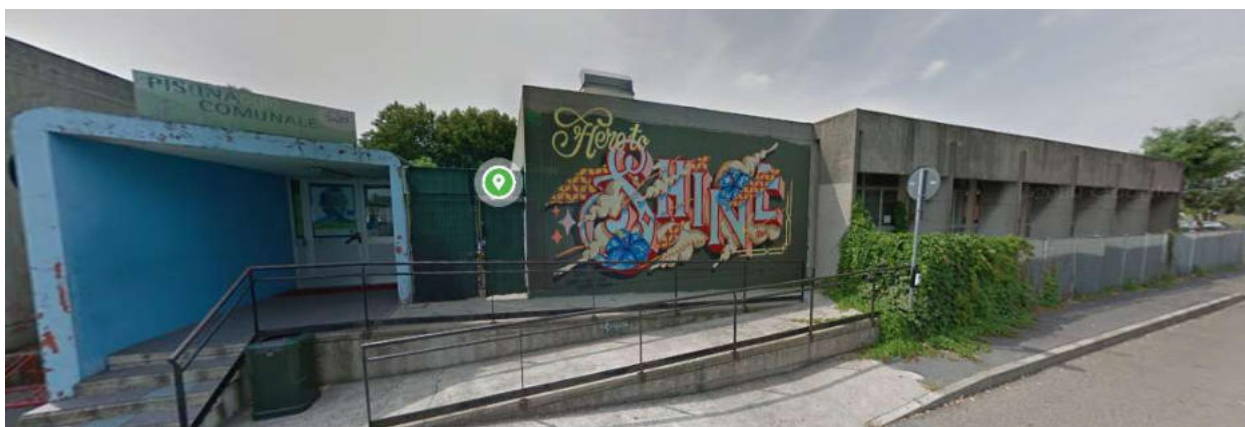


GBRG ENGINEERING srl
Sede Legale: Via Togliatti 54
Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
20080 Zibido S. Giacomo (MI)
Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
Settore Lavori Pubblici e Territorio
Via IV Novembre, 2 20090
Trezzano sul Naviglio (MI)
RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it

COMUNE DI TREZZANO SUL NAVIGLIO (MI)

ADEGUAMENTO STATICO DELLE COPERTURE PISCINA COMUNALE VIA CONCORDIA 2/4



RELAZIONE DI CALCOLO

NOVEMBRE 2025

Progettista:



GBRG ENGINEERING Srl
Sede Legale - Via Palmiro Togliatti n.54
Sede Operativa - Via dei Fiori n.2/d
Zibido San Giacomo (MI)
ING. GIUNTA GIUSEPPE
Tel. 02-9000.33.63 - Fax 02/922.70.938 giuseppe.giunta@gbrg.it - www.gbrg.it



GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

INDICE

1	INTRODUZIONE E INDAGINE STORICO/DOCUMENTALE	5
1.1	Premessa e inquadramento generale	5
1.2	Incarico professionale	7
1.2.1	Progetto architettonico	8
1.2.1	Progetto strutture	11
1.2.2	Libretto sanitario sullo sfondellamento dei solai – Tecnoindagini S.r.l.	18
1.2.3	Conformità statica delle strutture orizzontali – Tecnoindagini S.r.l.	19
1.2.4	Progetto di adeguamento statico Copertura Piscina – 2004	20
1.3	Documentazione fotografica	21
1.4	Descrizione dell’Opera e Quadro Strutturale	23
1.5	Descrizione dello Stato di fatto rilevato in Situ	24
1.5.1	Intervento del 2004	24
1.6	Definizione tipologia solai	25
1.6.1	Solai – Progetto originario Anno 1978	26
1.6.1	Nota sui Solai – Libretto sanitario Tecnoindagini Srl – 28/07/2021	27
1.6.1	Considerazioni sul problema di “sfondellamento” dei solai	33
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	34
2.1	Successione delle Normative emesse dallo Stato Italiano	34
2.2	Eurocodice 8 –calcoli sismici-	35
2.3	Normativa emessa dalla Regione Lombardia (e correlate)	35
2.4	Normativa attualmente in vigore	35
3	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	36
4	PROGRAMMI DI CALCOLO	37
4.1	Travilog Titanium	37
4.1.1	Modulo SEZIONI	37
4.1.1.1	Premessa	37
4.1.1.2	Modalità di verifica	37
4.2	SAP2000 Advanced v.19.2.2	38
4.2.1	Premessa	38
4.2.2	Modalità di utilizzo	41
4.2.3	Campo di impiego	42
4.2.4	Affidabilità del codice di calcolo	42
5	INDAGINI IN SITU	43
5.1	Definizione tipologia solai	46
5.1.1	Solai – Risultati indagini in situ	46
5.2	Prova di carico su copertura concava	50
6	LIVELLO DI CONOSCENZA (LC2)	52
7	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IN SITU	52
7.1	Calcestruzzo per strutture realizzate in opera	52
7.1.1	Risultati delle prove a compressione su carote	52

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

7.1.2	Dichiarazione del progettista	54
7.1.3	Scelta dei valori di resistenza	54
7.2	Acciaio per barre di armatura.....	55
7.2.1	Dichiarazione del progettista	55
7.2.2	Risultati delle prove a trazione su barre di armatura	55
7.2.3	Risultati delle prove durometriche	56
7.2.4	Analisi storica.....	56
7.2.5	Scelta del valore di resistenza	56
8	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DI PROGETTO (FUTURI INTERVENTI).57	
8.1	Calcestruzzo.....	57
8.1.1	Riepilogo Valori caratteristici	57
8.1.2	Valori caratteristici acciaio	58
8.1.2.1	Acciaio da C.A.	58
8.2	Carpenterie Metalliche	58
8.2.1	Acciaio da Carpenteria S275	59
8.2.2	Saldature su S235	59
8.2.3	Acciaio per Bullonerie e Tasselli.....	60
8.3	Rinforzo in FRP	60
9	AZIONI DI CALCOLO E COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE	62
9.1	Carichi strutturali e permanenti	62
9.1.1	Peso proprio dei Calcestruzzi	62
9.1.2	Peso proprio degli Acciai	62
9.1.3	Muratura in mattoni pieni - Tamponamenti.....	62
9.1.4	Peso proprio dei solai	62
9.2	Carichi variabili	63
9.2.1	Azione della neve.....	63
9.2.2	Azione del Vento.....	66
	Coefficiente dinamico	66
	Coefficiente topografico	66
	Coefficiente di forma	66
9.2.3	Sovraccarichi Accidentali.....	68
9.3	Combinazione S.L.U.....	69
9.3.1	Coefficienti di combinazione	69
9.3.2	Coefficienti di amplificazione	70
9.4	Analisi dei carichi.....	70
9.4.1	Solaio "Tipo B"	70
9.4.2	Solaio "Tipo A3-A4" – Copertura Piana piscina	70
9.4.1	Solaio "Tipo A4" – Solaio PT	70
9.4.2	Solaio di copertura "Tipo A5"	71
10	PROVA DI CARICO.....	72
10.1	Copertura concava piscina.....	72
10.1.1	Inquadramento e fotografie.....	72
10.1.2	Analisi dei carichi	74
10.1.3	Verifica di compatibilità	74
10.1.4	Post-processing	75
10.1.5	Limiti alla freccia	76
10.2	Conclusioni	77
11	ANALISI E VERIFICHE STATICHE PRE-INTERVENTO.....	78

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

11.1	Verifica dei solai.....	80
11.2	Verifica statica delle sezioni pre-intervento	80
12	CRITICITÀ STATICHE RISOLTE NELLA PRESENTE PROGETTAZIONE	82
12.1	Criticità statica dei solai di copertura	82
12.2	Criticità statica dei telai in c.a.- pilastri.....	82
12.3	Grado di ammaloramento dei materiali	82
12.4	Criticità statica dei telai in c.a. - travi.....	82
12.5	Conclusioni	82
13	INTERVENTI IN PROGETTO	83
13.1	Interventi su copertura curva	83
13.1.1	Installazione Travi metalliche HEA 200 all'intradosso dei solai.....	83
13.2	Interventi sulle coperture piane	85
13.2.1	Scelta degli interventi per l' adeguamento statico delle coperture piane	85
13.2.1	Rinforzo travi in c.a. tramite posa in opera di tessuti e lamine in FRP	87
14	ANALISI E VERIFICHE STATICHE POST-INTERVENTI	90
14.1	Verifiche dei solai.....	90
14.2	Rinforzi tramite FRP travi e telai C.A.	90
14.2.1.1	Normativa di riferimento.....	90
14.2.1.2	Tipologia di rinforzo	90
14.2.1.3	Caratteristiche meccaniche del rinforzo	91
14.2.1.4	Dimensionamento del rinforzo.....	91
14.3	Verifica a taglio delle sezioni post-intervento	96
14.3.1	Verifica al piede Pilastro 16 – Sezione 45x140cm	96
14.3.2	Verifica al piede Pilastro 5 – Sezione a T.....	97
14.3.3	Verifica in appoggio: Sezione 45x180cm	99
14.4	Verifica a flessione delle sezioni post-intervento	102
14.4.1	Verifica in mezzzeria: Sezione 45x130cm.....	102
14.4.2	Consolidamento solai a giacitura concava	105
14.4.2.1	Analisi dei carichi	105
14.4.2.2	Combinazione di carico allo SLU.....	105
14.4.2.3	Modellazione.....	105
14.4.2.4	Verifiche a flessione.....	106
14.4.2.5	Verifiche piastre di ancoraggio	107
14.4.2.6	Verifica saldatura tra piastre di ancoraggio	109
15	CONCLUSIONI DI PROGETTO	111
15.1.1	Riesame delle procedure effettuate.....	111
15.1.2	Criticità riscontrate a livello "statico"	111
15.1.3	Riepilogo interventi di rinforzo "statico"	112

1 INTRODUZIONE E INDAGINE STORICO/DOCUMENTALE

1.1 Premessa e inquadramento generale

La presente relazione ha il fine adeguare staticamente le coperture dell'edificio adibito a Piscina Comunale di Proprietà del Comune di Trezzano sul Naviglio.

L'edificio è parte di un complesso di edifici facenti parte della Scuola Media di Trezzano, denominata Istituto Comprensivo Franceschi o Scuola Media "Cuciniello", che si localizza tra la Via Giuseppe di Vittorio e la Via Concordia.

La Piscina coperta è stata progettata e realizzata tra il 1976 e il 1979 a cura del Dott. Ing. Giancarlo Tognoni.

Nel seguito si riporta per una miglior comprensione inquadramento fotografico dall'alto del complesso e tavola di progetto originale "Piscina Coperta e Scuola Media articolata – Planimetria Generale" reperita riportante tutto il complesso.

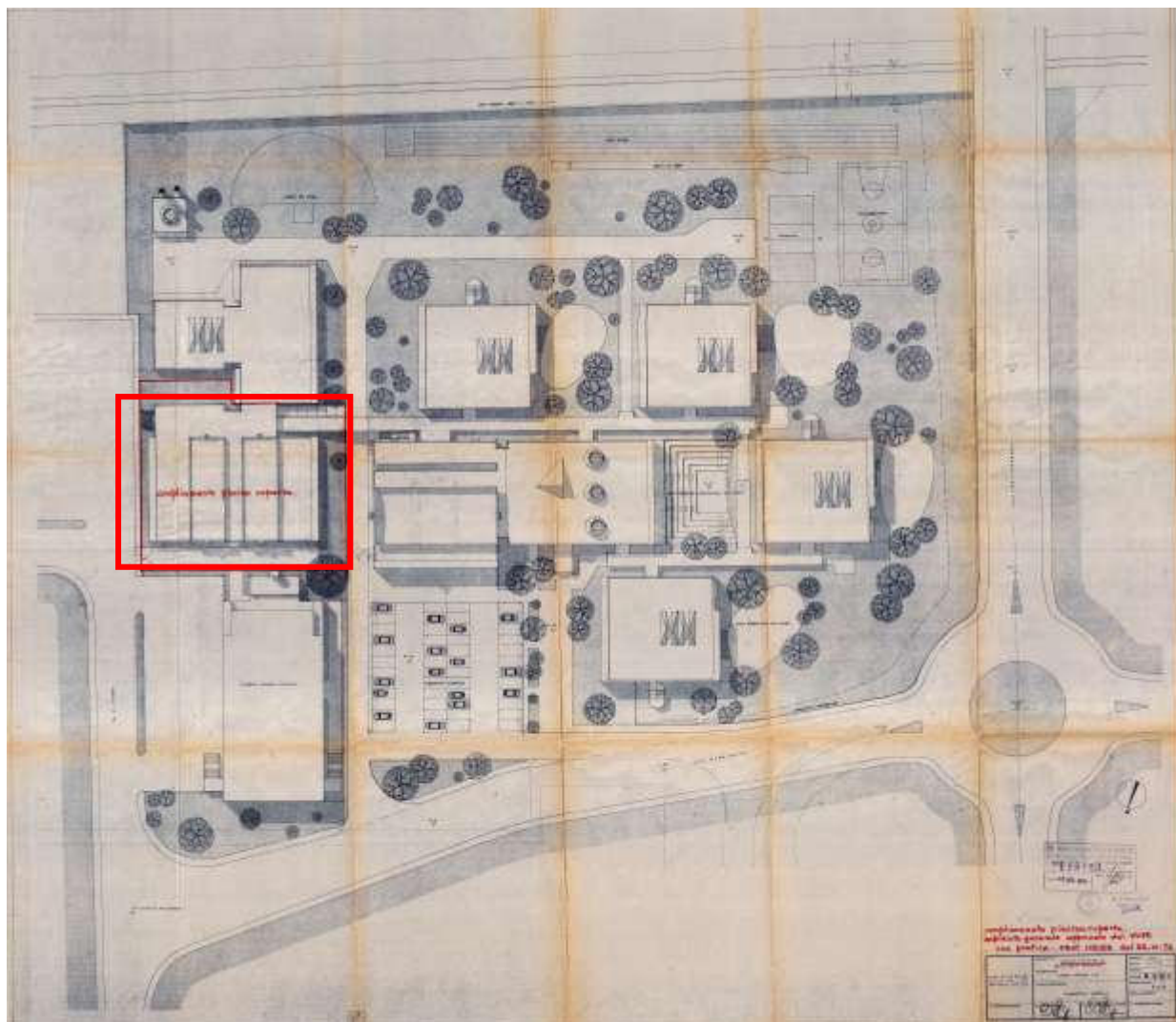
In entrambe le immagini riportate si evidenzia il manufatto oggetto della presente verifica.



Complesso di edifici della Scuola Media articolata (Estratto GMaps) – Nel riquadro rosso la Piscina

GBRG ENGINEERING srl
Sede Legale: Via Togliatti 54
Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
20080 Zibido S. Giacomo (MI)
Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
Settore Lavori Pubblici e Territorio
Via IV Novembre, 2 20090
Trezzano sul Naviglio (MI)
RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



“Piscina Coperta e Scuola Media articolata – Planimetria Generale” – Nel riquadro rosso la Piscina

L'accesso alla Piscina avviene dall'ingresso principale situato nel Parcheggio Auto posto all'incontro tra la Via Giuseppe di Vittorio e la Via Concordia.

Oltre allo studio del materiale a disposizione, sono state effettuate una serie di indagini geometriche, storico-critiche, prove non distruttive, semi-distruttive e assaggi localizzati per definire un quadro strutturale dell'edificio in oggetto e valutare le eventuali modifiche effettuate nella vita dell'edificio.

Il presente documento include solo il corpo della piscina. Il limite dello studio oggetto della presente è posto in corrispondenza dell'inizio dell'unità strutturale relativa alla mensa adiacente.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

1.2 Incarico professionale

Nella seguente immagine si riporta un estratto della determina di incarico.



COMUNE DI TREZZANO SUL NAVIGLIO

PROVINCIA DI MILANO
Via IV Novembre, 20090

Prop. n. 3337

Servizio Lavori Pubblici

DETERMINAZIONE N. 935 /
2021

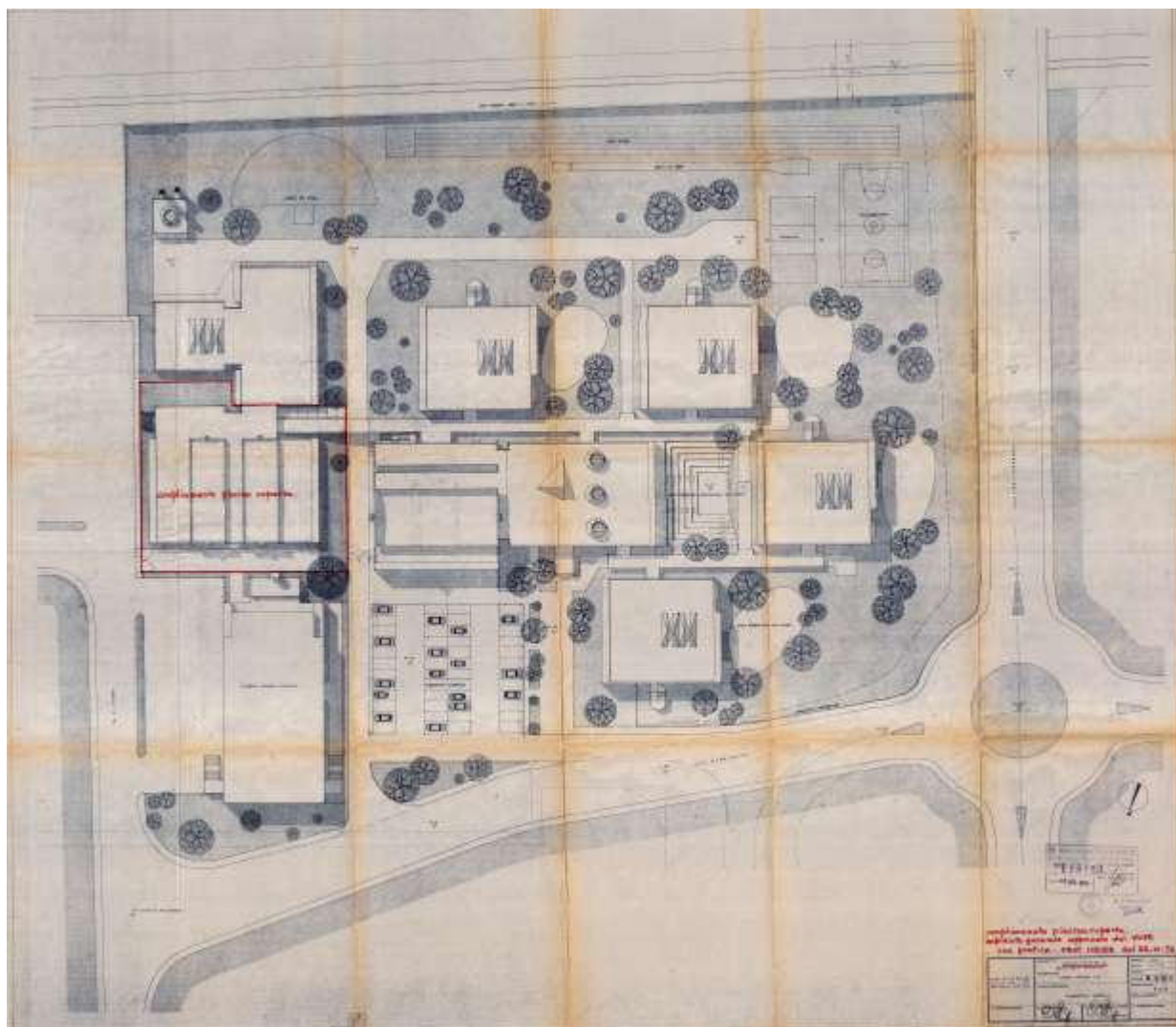
OGGETTO: INCARICO DI SUPPORTO AL RUP PER PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E VERIFICA VULNERABILITA' SISMICA PER LAVORI DI ADEGUAMENTO STATICO E VERIFICA VULNERABILITÀ SISMICA IMPIANTO NATATORIO. AFFIDAMENTO DIRETTO AI SENSI DELL'ART 1 COMMA 2 LETTERA A) DL. 76/2020 COSÌ COME MODIFICATO DAL DL 77/2021 A FAVORE DELLA SOCIETÀ GBRG ENGINEERING SRL - CIG ZB233960D5.

GBRG ENGINEERING srl
Sede Legale: Via Togliatti 54
Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
20080 Zibido S. Giacomo (MI)
Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
Settore Lavori Pubblici e Territorio
Via IV Novembre, 2 20090
Trezzano sul Naviglio (MI)
RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it

1.2.1 *Progetto architettonico*

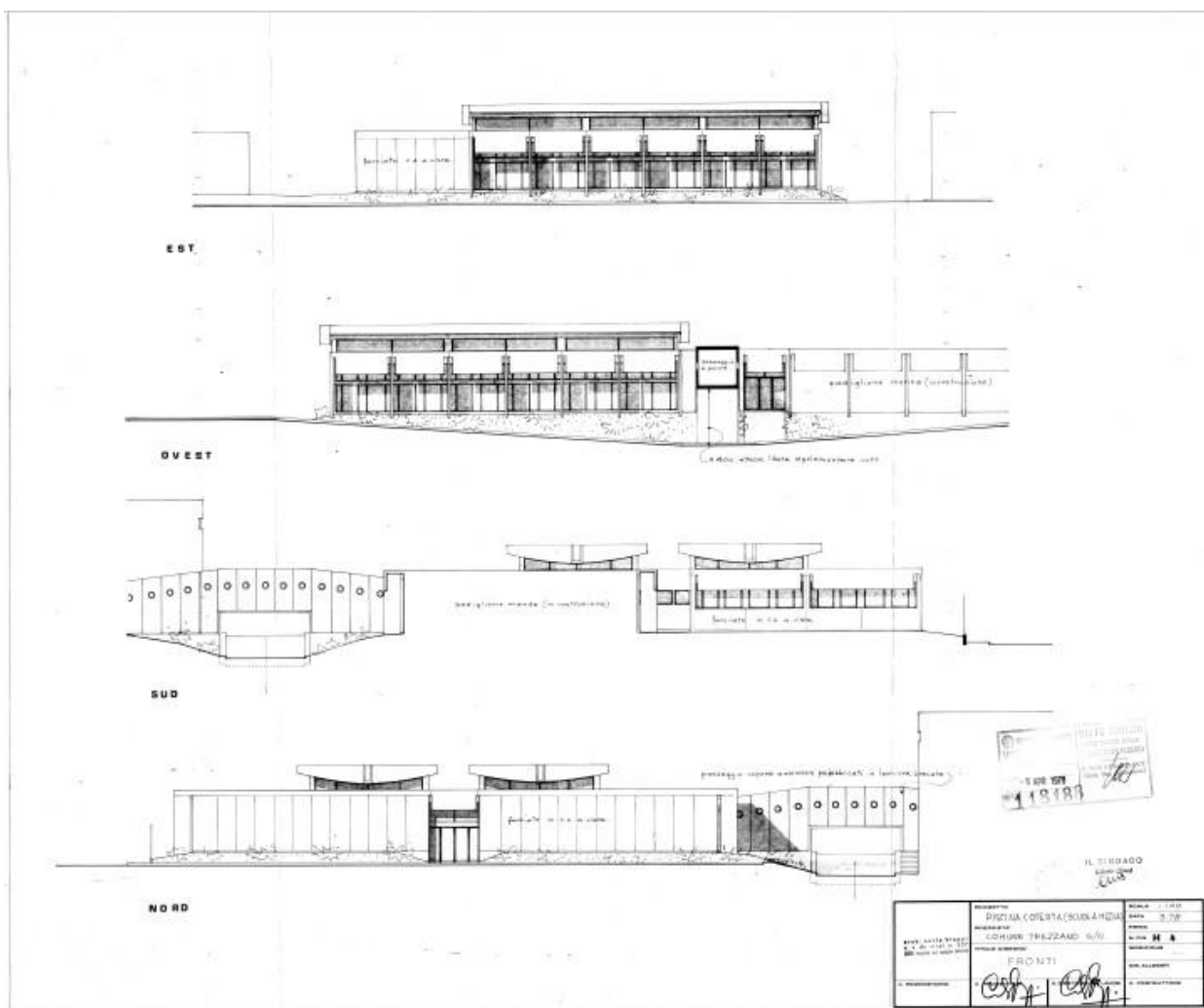
Sono state rinvenute alcune tavole del progetto architettonico, nel seguito si riportano alcuni estratti.



"Piscina Coperta e Scuola Media articolata – Planimetria Generale"

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

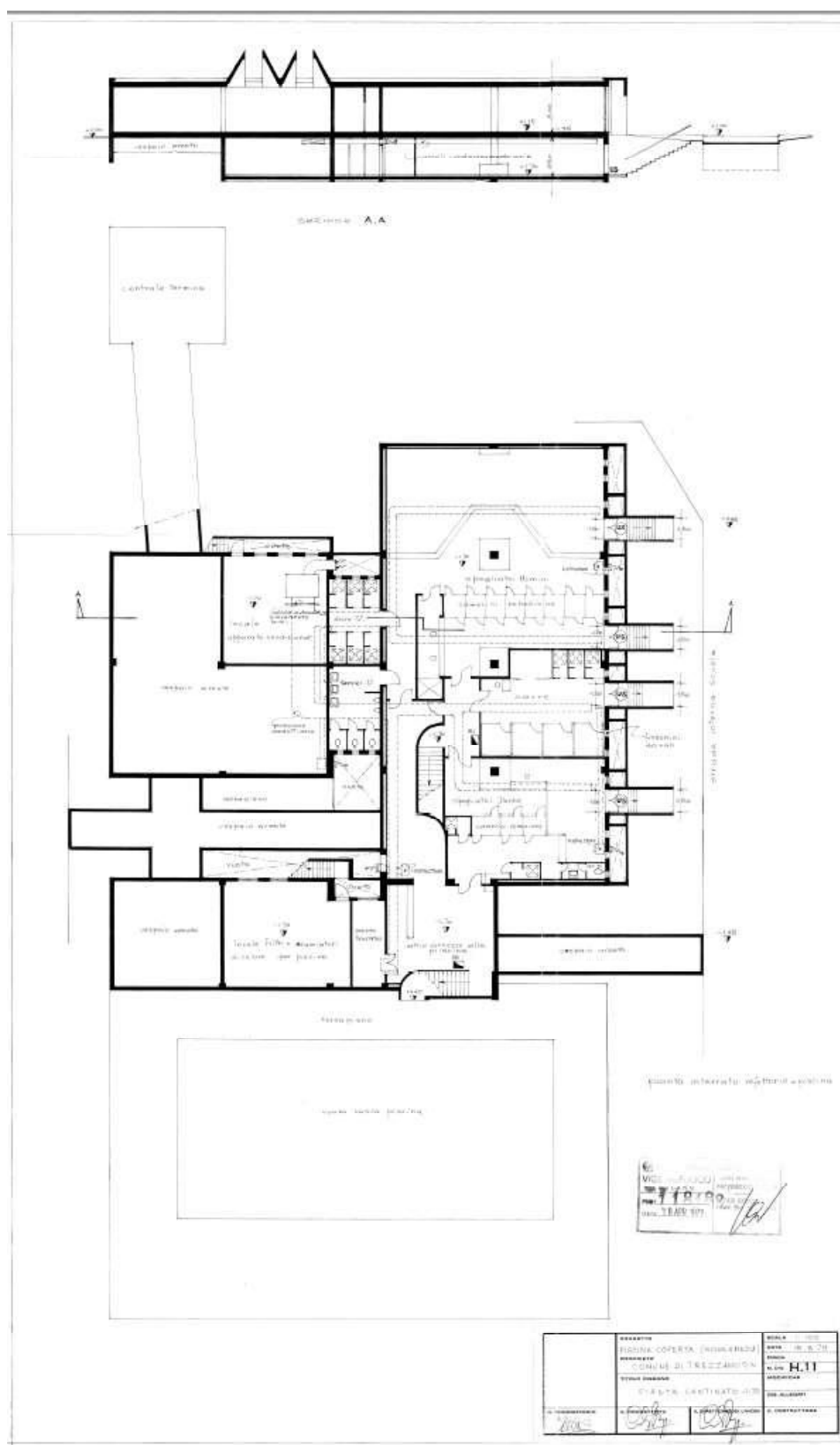
COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



"Piscina Coperta (Scuola Media) – Fronti_Prospetti O-E-S-N"

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

“Piscina Coperta (Scuola Media) - Pianta Cantinato -1.70

1.2.1 Progetto strutture

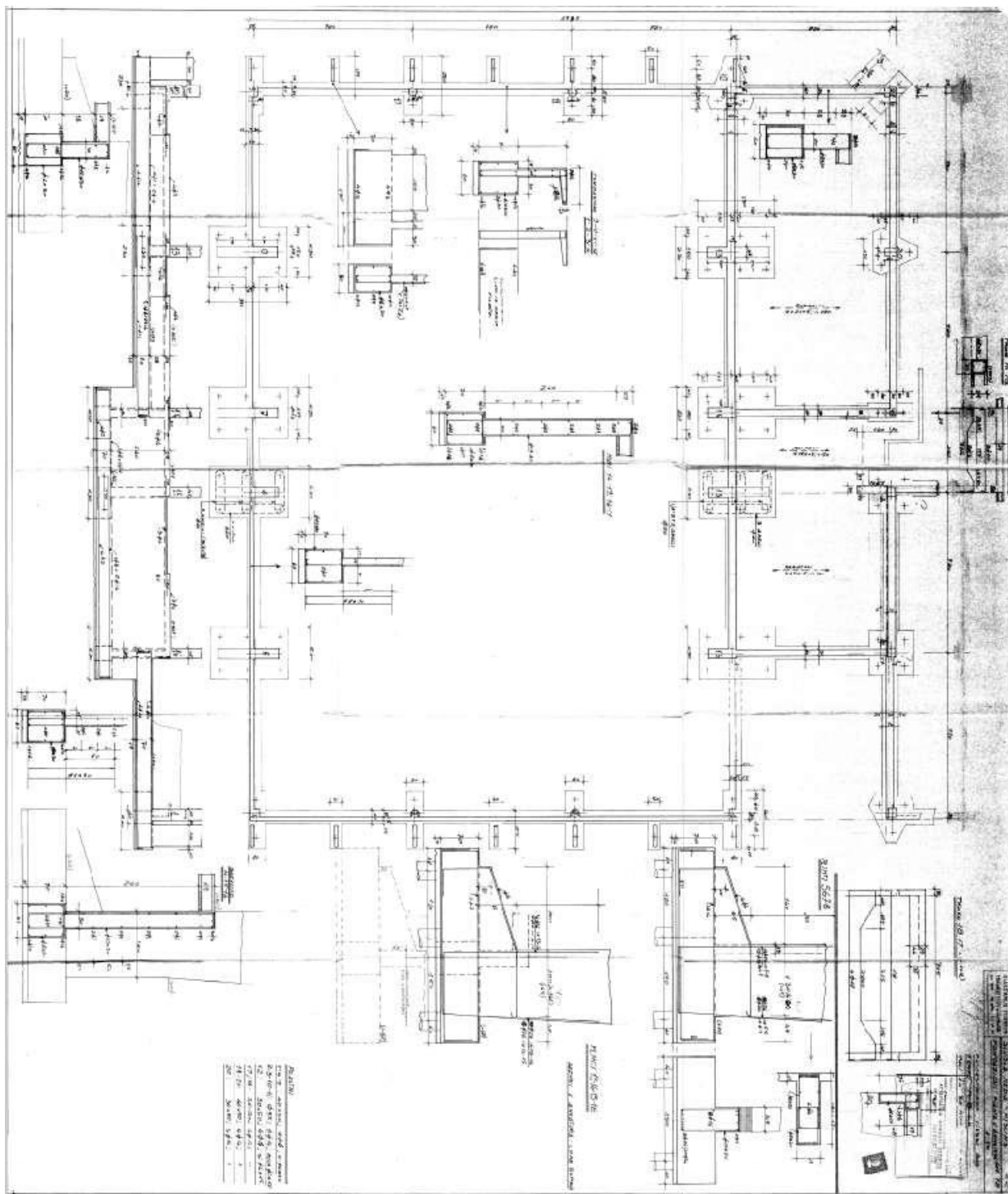
Sono state rinvenute alcune tavole del progetto strutturale riassunte di seguito:

- Tav 22 Fondazioni – Pianta e Armatura – Ing. Tognoni - Sett. '78
- Tav 23 Armatura telai intermedi – Ing. Tognoni - Sett. '78
- Tav 24 Copertura – Pianta e Armatura – Ing. Tognoni - Sett. '78
- Dis. Q/1315 NEOSAP H= 24+5_Copertura Zona “A”– RDB - Ott. '78
- Dis. Q/1316 NEOSAP H= 24+5_Copertura Zona “B”– RDB - Ott. '78
- Dis. P/1665 Pannelli NEOSAP S_Particolare di collegamento con travi in spessore di solaio – RDB - Ott. '78

Si riportano alcuni estratti delle tavole succitate.

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

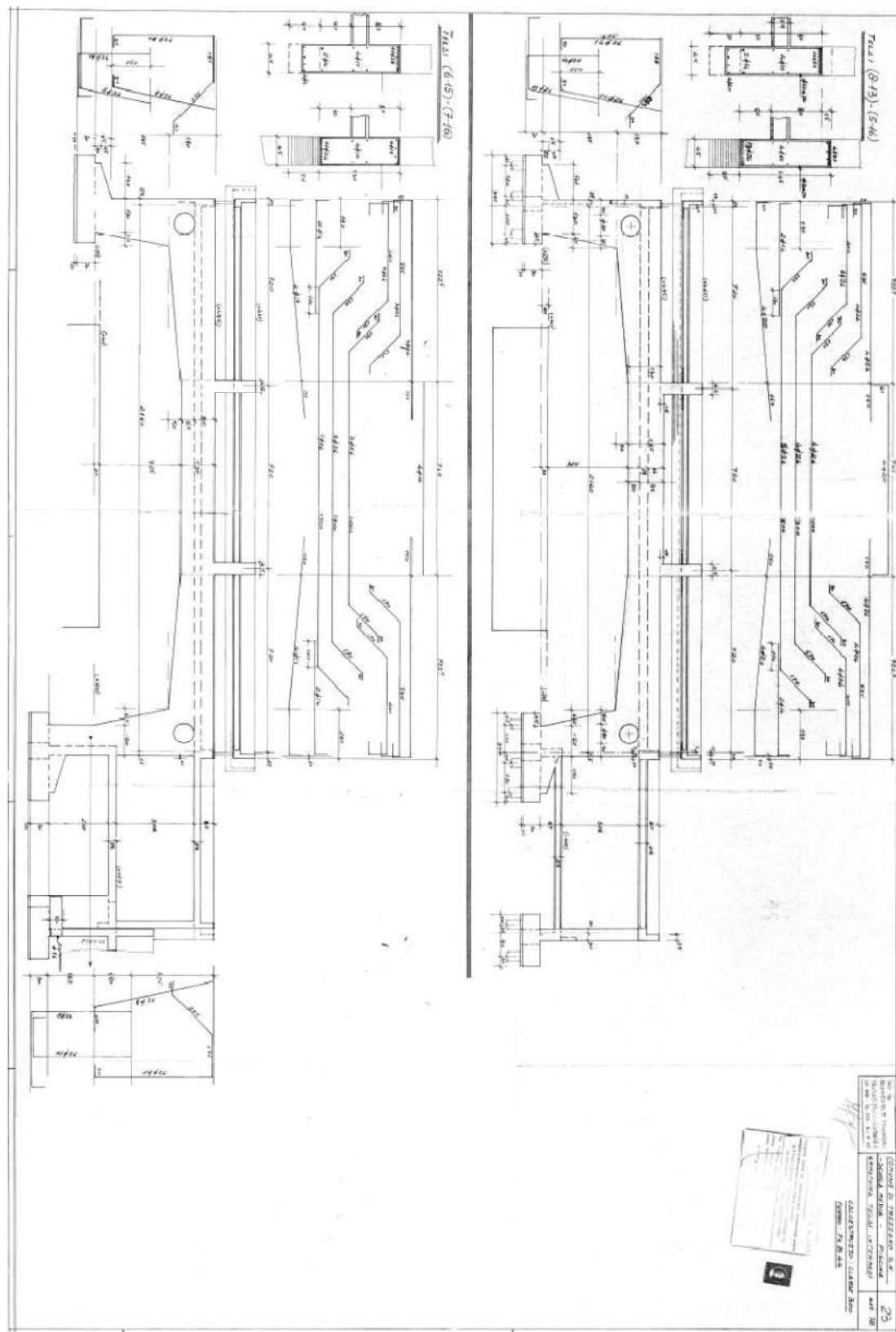
COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



Tav 22 - Fondazioni – Pianta e Armatura – Ing. Tognoni - Sett. '78

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

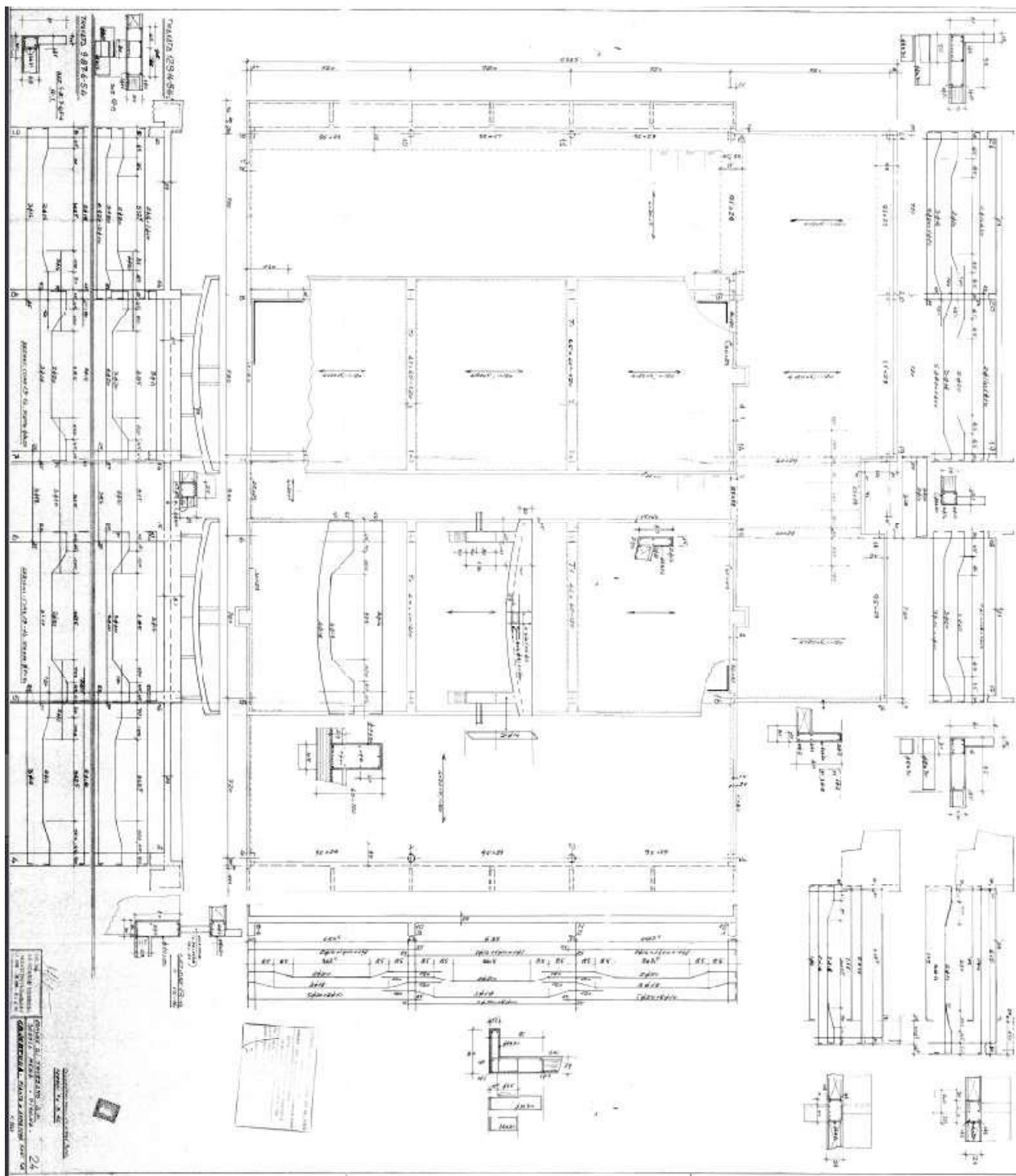
COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

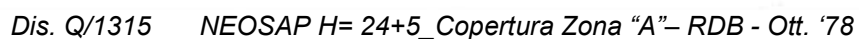
COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it

Tav 23 - Armatura telai intermedi – Ing. Tognoni - Sett. '78

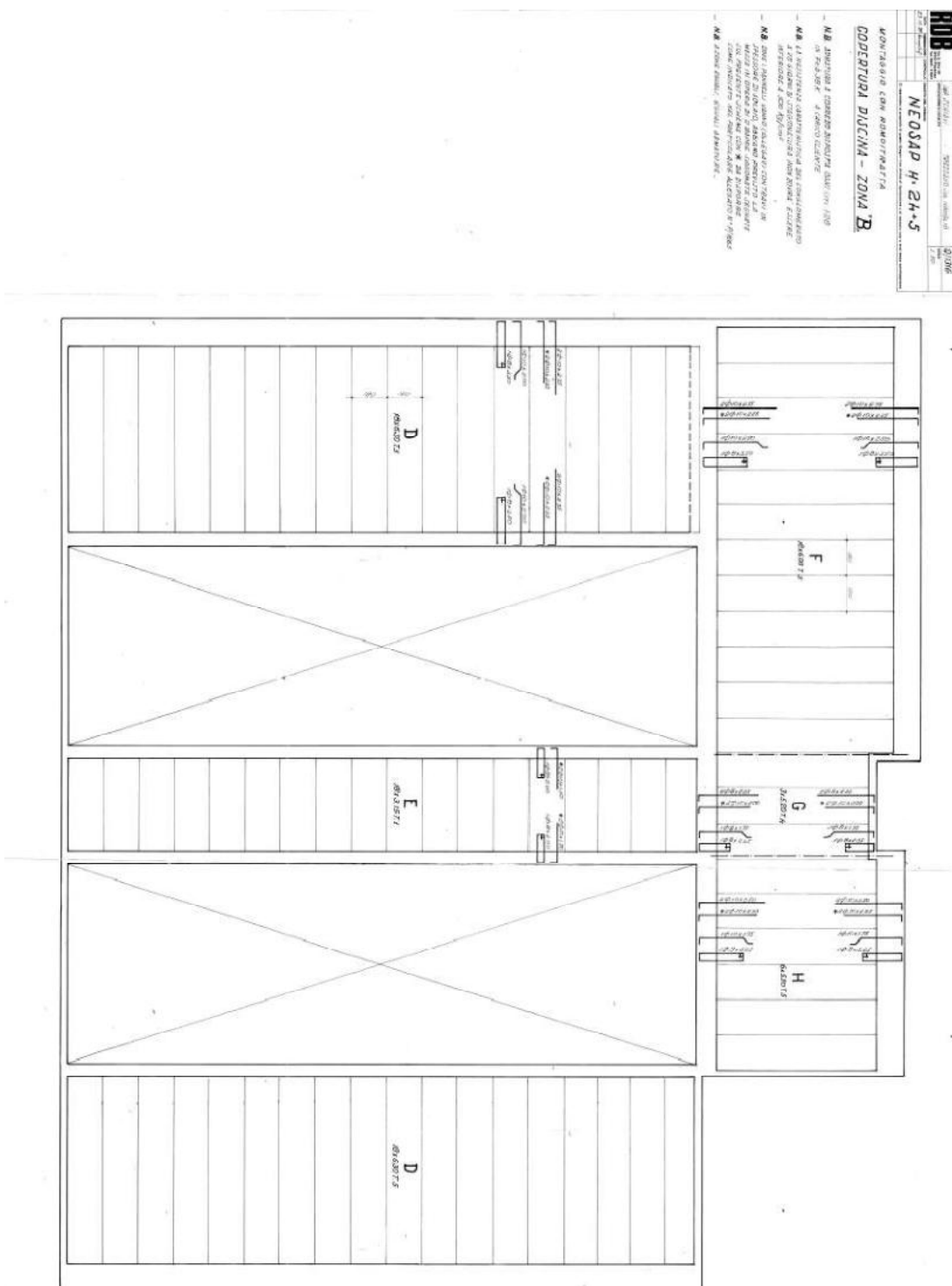


Tav 24 - Copertura – Pianta e Armatura – Ing. Tognoni - Sett. '78

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
Settore Lavori Pubblici e Territorio
Via IV Novembre, 2 20090
Trezzano sul Naviglio (MI)
RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



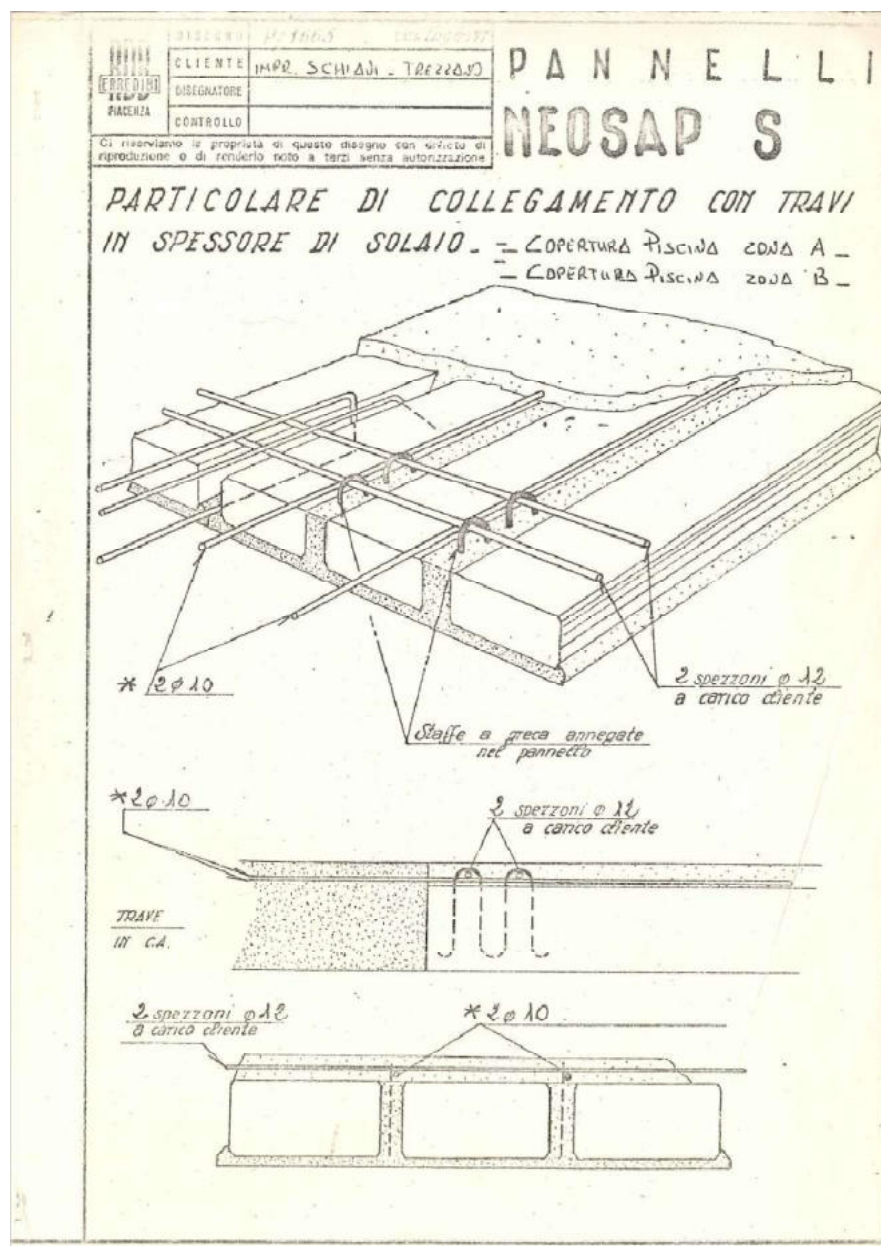
COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
Settore Lavori Pubblici e Territorio
Via IV Novembre, 2 20090
Trezzano sul Naviglio (MI)
RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



Dis. Q/1316 - NEOSAP H= 24+5_Copertura Zona "B"- RDB - Ott. '78

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



Dis. P/1665 - Pannelli NEOSAP S_Particolare di collegamento con travi in spessore di solaio – RDB - Ott.
 '78

Sono state rinvenute inoltre tavole del progetto strutturale del Corpo Mensa adiacente alla Piscina. Non vengono riportate nella presente per brevità.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

1.2.2 *Libretto sanitario sullo sfondellamento dei solai – Tecnoindagini S.r.l.*

Si riporta per brevità il frontespizio del documento in oggetto sulla quale ci si è basati per la valutazione dello stato di degrado delle strutture orizzontali della piscina, essendo parte delle strutture analizzate nel documento.

SONISPECT®

LIBRETTO SANITARIO SULLO SFONDELLAMENTO DEI SOLAI

*SCUOLA MEDIA "CUCINIELLO", MENSA E PISCINA
Via Concordia, 2/4 - Trezzano Sul Naviglio (MI)*



*Committente:
Comune di Trezzano Sul Naviglio
Via IV Novembre, 2
20090 Trezzano Sul Naviglio (MI)*



TECNOINDAGINI S.r.l.
Tel 02 36527601 fax 02 66304937 – www.tecnoindagini.it
con il supporto tecnico di: Ing. Marco Gallotta

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

1.2.3 **Conformità statica delle strutture orizzontali – Tecnoindagini S.r.l.**

Si riporta per brevità il frontespizio del documento in oggetto sulla quale ci si è basati per la valutazione dello stato di degrado e conformità statica delle strutture orizzontali della piscina, essendo parte delle strutture analizzate nel documento.

CONFORMITÀ STATICA DELLE STRUTTURE ORIZZONTALI

*SCUOLA MEDIA "CUCINIELLO", MENSA E PISCINA
Via Concordia, 2/4 - Trezzano Sul Naviglio (MI)*



*Committente:
Comune di Trezzano Sul Naviglio
Via IV Novembre, 2
20090 Trezzano Sul Naviglio (MI)*



TECNOINDAGINI S.r.l.
Tel 02 36527601 fax 02 66304937 – www.tecnoindagini.it
con il supporto tecnico di: Ing. Marco Gallotta

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

1.2.4 Progetto di adeguamento statico Copertura Piscina – 2004

Si riporta , di seguito, il frontespizio del plico di consegna , avvenuta nel 2004 , a valle della progettazione di adeguamento statico delle coperture ,compiuta dal sottoscritto, per la stessa struttura in rassegna nel presente documento.

Ing. Giunta Giuseppe Via Togliatti 54 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 giuntainggiuseppe@virgilio.it www.studiogiunta.it	Adeguamento Statico Coperture Comune di TREZZANO S/N (MI) Coord. Geom. Galbiati M.
--	--

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
SETTORE LL.PP.

ADEGUAMENTO STATICO DELLA COPERTURA PALESTRA & PISCINA Via di Vittorio / Via Concordia

PROGETTO ESECUTIVO

Copia n°1

RIEPILOGO DEL MATERIALE CONTENUTO NEL PLICCO

TAVOLE PISCINA

TAV. 01 –Stato di fatto-
TAV. 02 –Stato di Progetto-
TAV. 03 –Dettagli Costruttivi-
TAV. 04 –Fasi di messa in opera-

TAVOLE PALESTRA

TAV. 01 –Stato di fatto-
TAV. 02 –Stato di Progetto-
TAV. 03 –Dettagli Costruttivi-
TAV. 04 –Fasi di messa in opera-

RELAZIONE DESCRITTIVA E DISCIPLINARE DESCRITTIVO E PRESTAZIONALE DEI MATERIALI

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

COMPUTO METRICO

ELENCO PREZZI

LAVORAZIONI AI SENSI DEL D.P.R. 34/2000

SCHEMA DI CONTRATTO

QUADRO ECONOMICO

PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO (P.S.C.)

FASCICOLO TECNICO DELL'OPERA (F.T.O.)

|

Febbraio 2004

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it

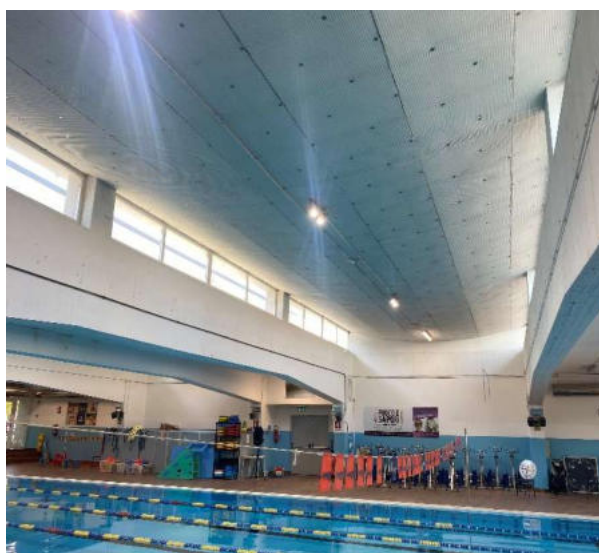
1.3 Documentazione fotografica



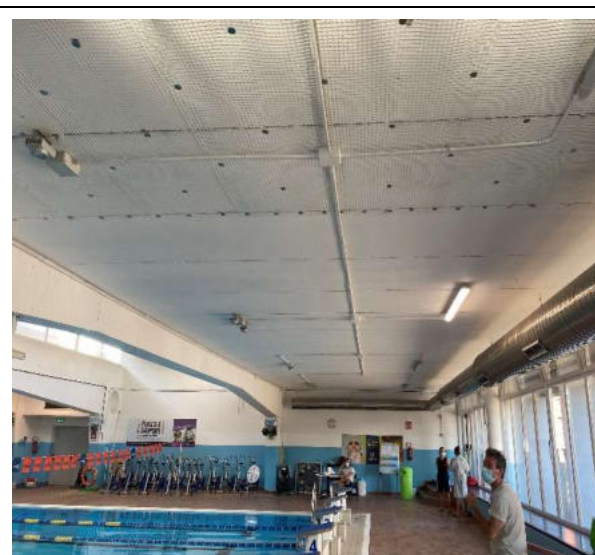
Vista frontale



Vista



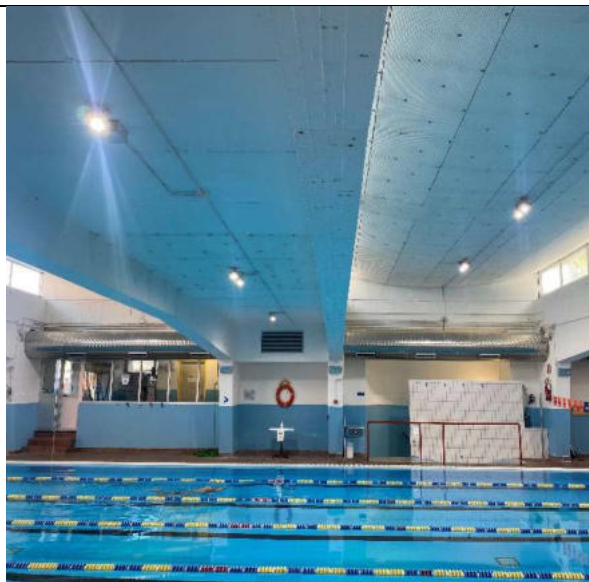
Copertura curva



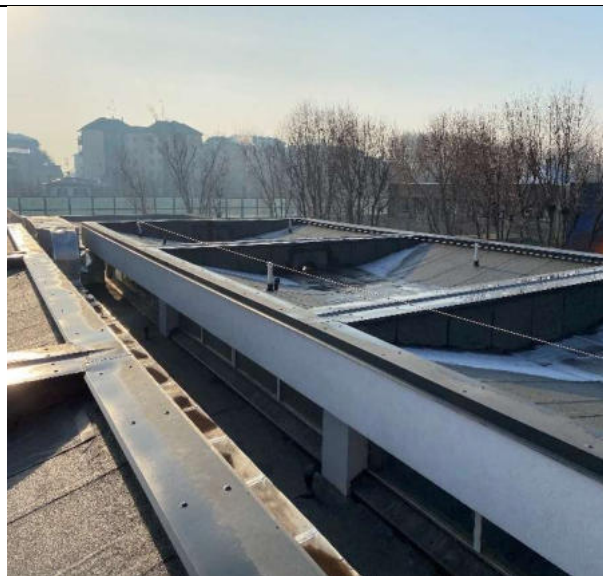
Copertura piana

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



Vista interna



Copertura curva (vista dall'alto)



Prelievo armatura da trave in c.a.



Scasso sul solaio per prelievo trefoli

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

1.4 Descrizione dell'Opera e Quadro Strutturale

La struttura in oggetto fa parte di un plesso scolastico ed ha funzione di piscina.

La struttura essere adiacente al corpo mensa.

La struttura (nella parte adiacente alla mensa) si sviluppa su un livello interrato, nel quale sono presenti il locale filtri e la zona di accesso agli spogliatoi, e su uno fuori terra ospitante locale medico e aree ricreative.

La restante parte, relativa alla piscina vera e propria, presenta il terrapieno con relativo vuoto della piscina e un piano fuori terra racchiuso sommitalmente da una copertura a giacitura piana, a pari quota della limitrofa parte, e rialzata con conformazione concava in due campate.

L'analisi degli elaborati di progetto originali, unitamente alle indagini in situ e al rilievo geometrico, hanno permesso la definizione della conformazione "strutturale" del manufatto:

- Fondazioni:
 - o Profonde costituite da plinti fondati su pali;
 - o Superficiali costituite da travi/pareti di fondazione di connessione dei diversi plinti e con funzione controterra nelle parti interrate.
- Strutture in elevazione in c.a. gettato in opera composte da:
 - Pilastri;
 - Setti/Pareti;
 - N° 4 Telai con luce importante disposti ortogonalmente allo sviluppo della piscina interrata e a sostegno delle due coperture concave poste a quota rialzata rispetto alle piane limitrofe.
- Orizzontamenti:
 - o Travi in spessore di solaio per quanto concerne le coperture piane della piscina e dei locali adiacenti;
 - o Travi principali in altezza a sezione normale e variabile per quanto concerne gli elementi di connessione tra telai e costituenti i telai stessi;
 - o Solai in lastre prefabbricate laterocementizie completate in opera realizzate dalla RDB. Spessore dichiarato in sede di progetto H=24+5cm. Con due configurazioni diverse:
 - Copertura "Zona A" (Denominazione da progetto originario): Copertura concava;
 - Copertura "Zona B" (Denominazione da progetto originario): Copertura piana;

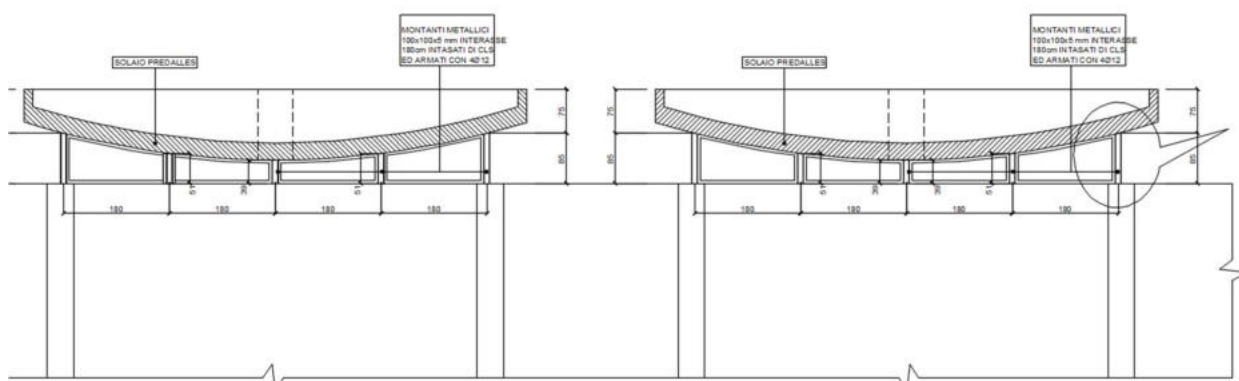
Il sistema di fondazione e geotecnico non è stato approfondito, dato che *"la verifica del sistema è obbligatoria solo se sussistono fenomeni che possano dar luogo a fenomeni di instabilità globale [...]"* (estratto del par. 8.3 del DM18).

Infatti, da verifiche visive e preliminari, non sussistono necessità a condurre analisi approfondite.

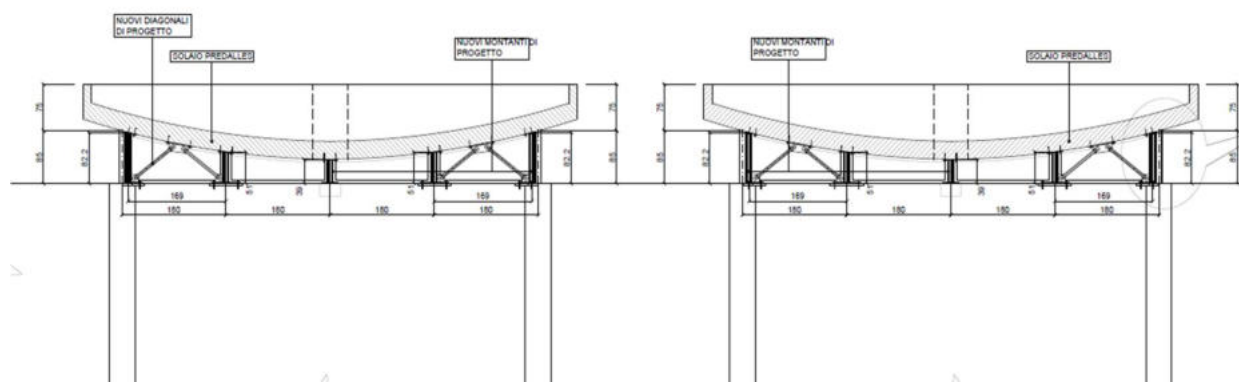
1.5 Descrizione dello Stato di fatto rilevato in Situ

1.5.1 Intervento del 2004

Come già accennato, la struttura in esame, nello scorso 2004, è stata soggetta già ad un' operazione di adeguamento statico delle coperture, la cui fase progettuale con relativa scelta del tipo di intervento è stata eseguita dal sottoscritto. In particolare, in quella circostanza, si è previsto l'inserimento di montanti e diagonali metallici di controventamento atti a rendere efficiente lo schema statico preesistente, schema per il quale le verifiche statiche condotte presentavano criticità. Di seguito, si riporta l'intervento eseguito in tale circostanza.



Stato di fatto, 2004.



Adeguamento statico delle coperture, 2004, Ing. G. Giunta

1.6 Definizione tipologia solai

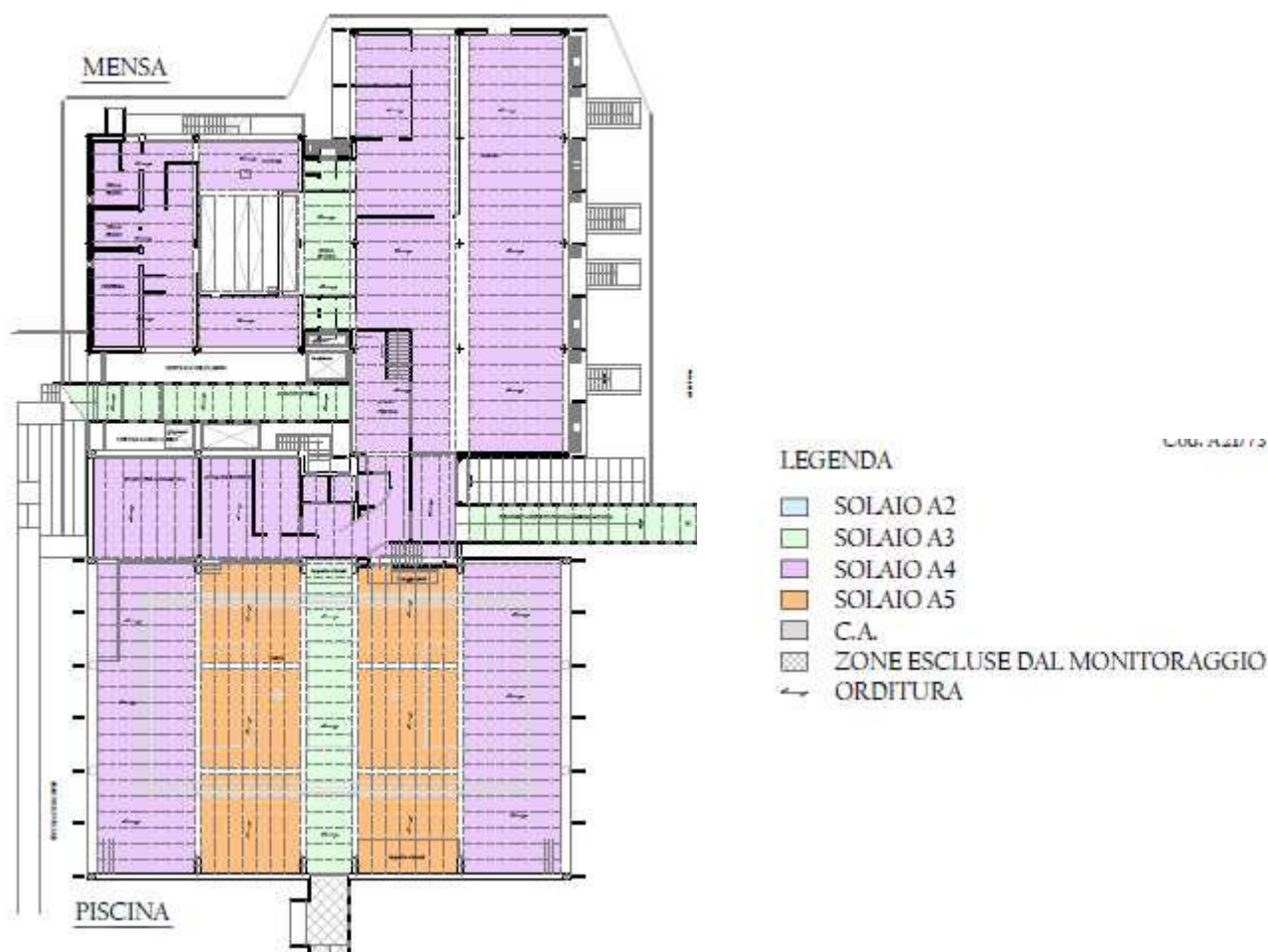
La definizione della tipologia di solai esistenti è stata effettuata analizzando tutto il materiale a disposizione, di seguito riassunto, unitamente a delle apposite indagini in Situ:

- Tavole di progetto originario;
- Libretto sanitario sullo sfondellamento dei solai – Tecnoindagini S.r.l.;
- Conformità statica delle strutture orizzontali – Tecnoindagini S.r.l.;

Nella presente, sulla base di quanto riportato da Tecnoindagini Srl e per una coerenza documentale, si userà la stessa denominazione per indicare i solai presenti.

Si riporta estratto della pianta tipologia solai presa dal Libretto Sanitario e la relativa legenda.

1.2. TIPOLOGIA SOLAI - PIANO TERRA



Pianta solai P.T. da "Libretto sanitario sullo sfondellamento dei solai – Tecnoindagini S.r.l.;"

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

1.3. TIPOLOGIA SOLAI - PIANO SEMINTERRATO



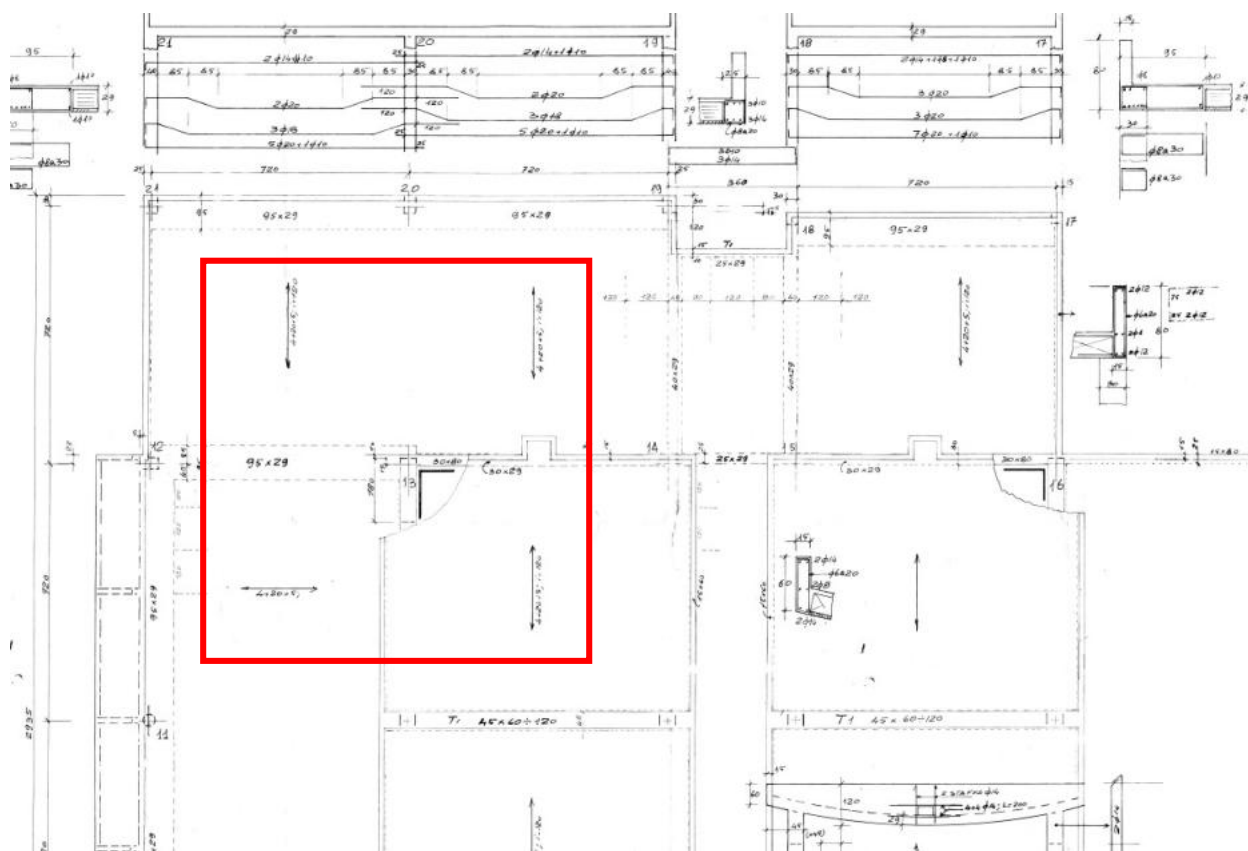
Pianta solai P- Seminterrato da "Libretto sanitario sullo sfondellamento dei solai – Tecnoindagini S.r.l.;"

1.6.1 Solai – Progetto originario Anno 1978

Sulla base di quanto riportato nelle tavole di progetto originario la tipologia di solaio realizzata per le coperture della piscina, sia nell'area relativa alla piscina che nell'area limitrofa ospitante locali con varia destinazione, risulta essere un solaio a pannelli precompressi con getto di completamente in opera tipo NEOSAP S.

Lo spessore del pacchetto strutturale, da progetto originario, risulta essere circa 4+20+5cm.

Si riportano stralci della tavola già riportata per intero in precedenza dove si evincono queste informazioni, per una miglior comprensione consultare gli elaborati di progetto originari.



Progetto originario - Stralcio Tav. 24 – Copertura Pianta e Armature – Riquadro rosso indica stralcio di seguito riportato

1.6.1 **Nota sui Solai – Libretto sanitario Tecnoindagini Srl – 28/07/2021**

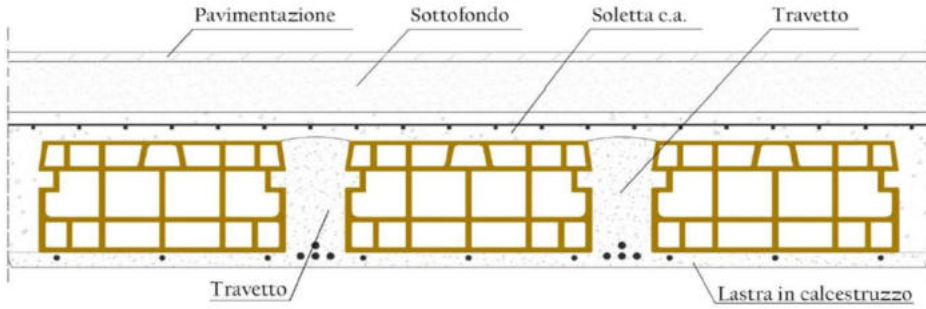
Nello scorso 28 luglio 2021, la TECNOINDAGINI S.r.l. , come già accennato, a seguito dell'incarico conferito dalla Committenza , ha proceduto ad eseguire analisi diagnostiche e valutazioni tese alla verifica della conformità statica dei solai del complesso edificatorio che ospita la Scuola Media "Cuciniello", Mensa e Piscina Comunale sito in Via Concordia, 2/4 a Trezzano Sul Naviglio (MI). L'attività di verifica della conformità statica dei solai ha seguito l'iter di un protocollo di indagine basato su una serie di prove non distruttive e completato con valutazioni analitiche. Di seguito si riporta quanto specificato nella relazione in termini di stratigrafia dei diversi pacchetti solaio:

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

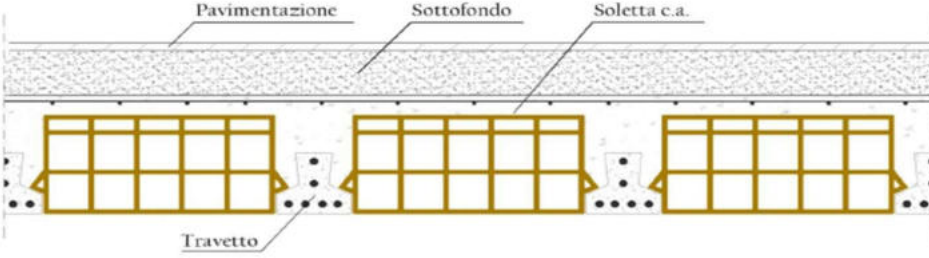
Nome elemento	Descrizione	Categoria
SOLAIO A3	Solaio in lastre prefabbricate laterocementizie completato in opera	C1

Luce solaio	4,00	m	Spessore sottofondo	6	cm
Larghezza lastra	120	cm	Spessore pavimentazione	2	cm
Larghezza nervatura	8	cm	Spessore sezione resistente	27	cm
Altezza nervatura	21	cm	Armatura lastra/travetto	trefoli 3x ϕ 2,25 1trefoli 3x ϕ 2,25	
Spessore soletta inferiore	2	cm	Spessore copriferro	2	cm
Spessore soletta superiore	4	cm	Carbonatazione		

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

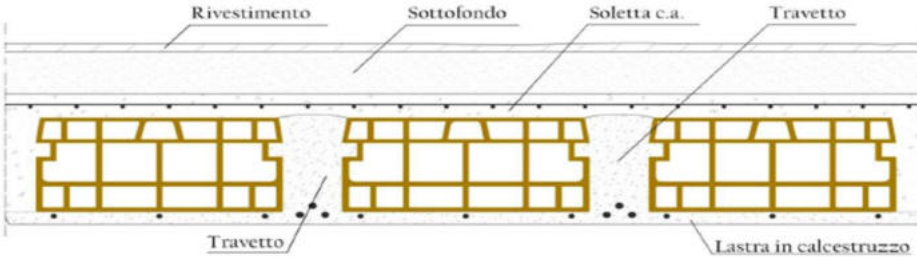
Nome elemento	Descrizione		Categoria		
SOLAIO A4	Solaio in lastre prefabbricate laterocementizie completato in opera		C1		
					
Luce solaio	6,50	m	Spessore sottofondo	6	cm
Larghezza lastra	120	cm	Spessore pavimentazione	2	cm
Larghezza nervatura	8	cm	Spessore sezione resistente	28	cm
Altezza nervatura	21	cm	Armatura lastra/travetto	trefoli 3x ϕ 2,25 4trefoli 3x ϕ 3,00	
Spessore soletta inferiore	3	cm	Spessore copriferro	2	cm
Spessore soletta superiore	4	cm	Carbonatazione		

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

Nome elemento	Descrizione	Categoria
SOLAIO B	Solaio in laterocemento con travetti ad armatura tesa	C1
		

Orditura	Unidirezionale	Spessore pavimentazione	2	cm	
Luce solaio	5,80	m	Spessore sezione resistente	26	cm
Interasse travetto	50	cm	Armatura inferiore travetto	4 trefoli 3 x 2,25 mm	
Larghezza travetto	12	cm	Spessore copriferro	1	cm
Altezza complessiva travetto	22	cm	Carbonatazione		
Spessore soletta	4	cm	Rapporto snellezza	1/26	
Spessore sottofondo	6	cm	Presenza rompitratta	SI	

Calcestruzzo (sezione prefabbricata)			Acciaio in trecce		
Classe	C20/25		Tipo	Acciaio armonico	
f _{ck}	20	N/mm ²	f _{p1k}	1670	N/mm ²
f _{cd}	9,88	N/mm ²	f _{p1d}	1076	N/mm ²

Nome elemento	Descrizione	Categoria
SOLAIO A5	Solaio in lastre prefabbricate laterocementizie completato in opera	H
		

Luce solaio	6,95	m	Rivestimento in guaina bituminosa		
Larghezza lastra	120	cm	Spessore sezione resistente	27	cm
Larghezza nervatura	8	cm	Armatura lastra	Trefoli 3xφ2,25	
Altezza nervatura	21	cm	Armatura travetto	3 trefoli 3xφ3,00	
Spessore soletta inferiore	2	cm	Spessore copriferro	2	cm
Spessore soletta superiore	4	cm	Carbonatazione		

Calcestruzzo (getto di completamento)			Acciaio armonico		
Classe	C20/25		Tipo	Trefoli	
f _{ck}	20	N/mm ²	f _{p1k}	1670	N/mm ²
f _{cd}	9,88	N/mm ²	f _{p1d}	1076	N/mm ²

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

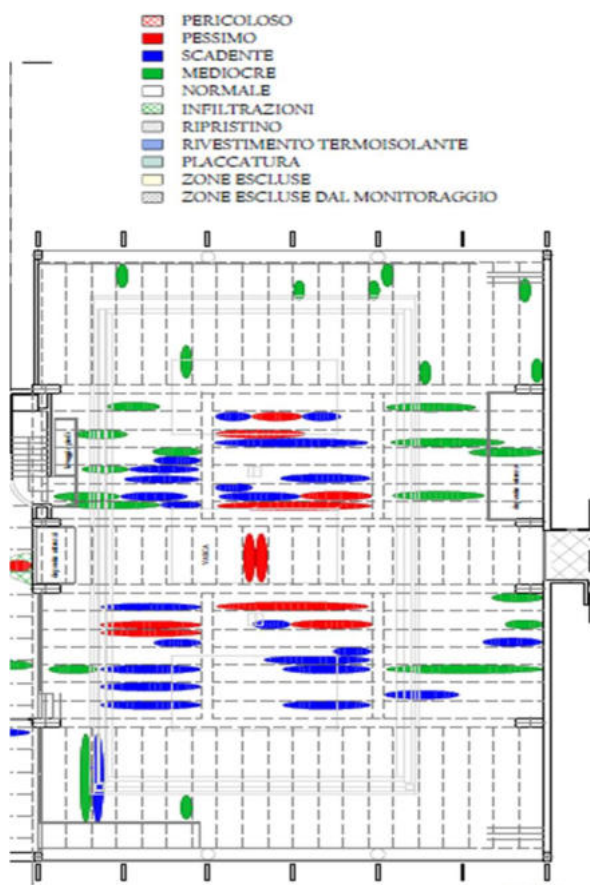
Coerentemente con quanto riportato negli elaborati originali di progetto, i risultati delle indagini svolte sui solai dell'intero complesso hanno confermato che la gran parte delle strutture orizzontali della piscina risultano essere della tipologia precedentemente descritta: NEOSAP S.

Unicamente al piano seminterrato, nell'area di collegamento con gli spogliatoi sottostanti la mensa, viene indicato un solaio in laterocemento con pignatte e travetti prefabbricati: Solaio di Tipo B.

Si riportano, adesso, i risultati delle diagnosi mediante Sonispect®. Il metodo ha lo scopo di individuare, con metodi non distruttivi, gli sfondellamenti o le lesioni negli elementi in laterizio e anche i distacchi del solo strato d'intonaco.

La strumentazione per l'indagine con il metodo Sonispect® è composta da un'asta alla cui estremità sono posti uno spintore elettromeccanico con testina battente e un microfono a condensatore direzionale. L'intensità di battuta è costante ed il microfono ne registra la risposta sonora. L'indagine viene svolta mediante auscultazione sonica di impulsi sequenziali emessi e ricevuti su una maglia a geometria fissa ed analizzati nel dominio delle frequenze.

Le valutazioni sull'eventuale difettosità delle aree sono espresse in base alla conoscenza della tipologia costruttiva dei solai, poiché ogni tipologia reagisce con risposte differenti nel campo delle vibrazioni. Ad ogni simbologia, contrassegnata da un diverso colore, è associata una condizione che va da "pericoloso" a "normale", passando per "pessimo" e "scadente".



GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

Come si evince dalla figura, in base a questo tipo di indagine, i solai che presentano problematiche risultano essere quelli a giacitura concava.

Si passano in rassegna, ora, i risultati delle verifiche analitiche eseguite, contrassegnando con la simbologia grafica di un pallino una classificazione che esprime la conformità o meno del solaio in esame: tale simbologia sarà di colore verde qualora il solaio sia risultato idoneo, gialla nel caso in cui la valutazione sia subordinata all'esecuzione di prove integrative e rossa invece nel caso in cui l'elemento orizzontale sia non idoneo.

Nome elemento	Analisi eseguita	Risultati delle analisi	Esito
SOLAIO A1*	Verifica analitica	Indice di sicurezza < 1,00*	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 32,50 mm	
SOLAIO A2	Verifica analitica	Indice di sicurezza 1,02	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 8,75 mm	
SOLAIO A3	Verifica analitica	Indice di sicurezza 1,02	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 2,94 mm	
SOLAIO A4	Verifica analitica	Indice di sicurezza 1,36	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 18,21 mm	
SOLAIO A5*	Verifica analitica	Indice di sicurezza < 1,00*	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 25,75 mm	
SOLAIO B	Verifica analitica	Indice di sicurezza 1,17	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 5,44 mm	

NB* Il solaio in esame (denominato con A5) presenta giacitura concava: tale conformazione può determinare durante la vita utile della struttura sollecitazioni trasversali parassite in grado di favorire fenomeni di "sfondellamento". La presenza del fenomeno dello "sfondellamento" della lastra determina il raggiungimento e superamento dello stato limite ultimo della struttura, per la presenza delle armature di calcolo all'interno dello strato intradosale oggetto di potenziale distacco.

Come riportato nel documento in esame, tale motivazione porta a concludere che "si rende pertanto necessario procedere con interventi di rinforzo volti all'adeguamento statico del solaio", nonostante la verifica analitica di per sé risulti essere soddisfatta, come si evince dalla seguente

Nome elemento	Descrizione	Categoria	Analisi eseguita
SOLAIO A5	Solaio in lastre prefabbricate laterocementizie completato in opera	H	Verifica analitica
Peso parte strutturale (g_1)	3,40 kN/m ²	Momento sollecitante M_{Ed}	18,70 kNm
Peso parte non strutturale (g_2)	1,00 kN/m ²	Momento resistente M_{Rd}	32,40 kNm
Sovraccarico d'uso (q_k)	1,20 kN/m ²	Indice di sicurezza	1,73
Luce solaio	6,95 m	Verifica deformazione δ_{MAX}	25,75 mm < 27,80 mm
Schema statico considerato	Doppio appoggio	Carico massimo applicabile	> 2,00 kN/m ²

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

1.6.1 *Considerazioni sul problema di “sfondellamento” dei solai*

Sebbene nel documento il fenomeno da scongiurare sia “globalmente” classificato come “sfondellamento”, a onor del vero, andrebbe inquadrato in un contesto fenomenologico più ampio, dove lo sfondellamento stesso, come classicamente inteso, rientrerebbe come concausa di un collasso anche strutturale del solaio: l'assenza di armatura di calcolo all'estradosso del solaio unita al non idoneo affiancamento delle lastre in fase realizzativa, e quindi di una non adeguata monolicità dell'intero campo solaio, fanno sì che per carichi (incluso il peso proprio) e vibrazioni, anche in esercizio, lo scorrimento da essi provocati non sia contrastato opportunamente, dando vita in prima battuta allo staccamento delle “fondelle” delle pignatte (sfondellamento vero e proprio) per poi interessare anche la parte strutturale del solaio.

I risultati di tali indagini, uniti a tali considerazioni, hanno portato alla scelta del tipo di intervento da eseguire, nonché, per la tipologia di copertura curva, di eseguire una prova aggiuntiva, prova di carico, per approfondire lo stato dell'arte del manufatto. Il piano indagini e i risultati di tale prova saranno riportati e discussi nell'apposito capitolo dedicato alle indagini in situ.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sviluppati nel seguito sono stati svolti nello spirito del metodo *“agli s.l.u.”* e nel rispetto della normativa vigente. In particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle seguenti normative.

2.1 Successione delle Normative emesse dallo Stato Italiano

Legge 05.11.1971 n. 1086 : "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 14.02.1992 : "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche";

Ministero dei LL.PP. - Circ. 37406 del 24.06.1993 : "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 14 febbraio 1992";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 09.01.1996 : "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento normale e precompresso e per le strutture metalliche"

Ministero dei LL.PP. - Circ. 252 del 15.10.1996 : "Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche, di cui al Decreto Ministeriale 09 gennaio 1996"

Ministero dei LL.PP. - D.M. 16.01.1996 : Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";

Ministero dei LL.PP. - Circ. 156 del 04.07.1996 : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 16.01.1996 : "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";

Ministero dei LL.PP. - Circ. 65/AA. GG. del 10.04.1997 : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996;

Ministero dei LL.PP. - D.M. 04.05.1990 : "Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali";

Ministero dei LL.PP. - Circ. 34233 del 25.02.1991 : "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 11.03.1988 : "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

Ministero dei LL.PP. - Circ. 30483 del 24.09.1988 : Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

Ministero dei LL.PP. - D.M. 03.12.1987 : "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate";

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

Ministero dei LL.PP. - Circ. 31104 del 16.03.1989 : “Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate”;

Testo Unico Norme Tecniche per le Costruzioni 14.01.2008

Testo Unico “Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni” 17.01.2018

- *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al Decreto 17 gennaio 2018 e successive *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui alla Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019;

2.2 Eurocodice 8 –calcoli sismici-

UNI ENV 1998-1-1	parte 1-1:	Regole generali – Azioni Sismiche e requisiti generali per le strutture
UNI ENV 1998-1-2	parte 1-2:	Regole generali – Regole generali per gli edifici
UNI ENV 1998-2	parte 2:	Ponti
UNI ENV 1998-1-3	parte 1-3:	Regole generali – Regole specifiche per i diversi materiali ed elementi
UNI ENV 1998-5	parte 5:	Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti Geotecnici

2.3 Normativa emessa dalla Regione Lombardia (e correlate)

D.g.r. 30 marzo 2016 - n. X/5001

Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)

D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129

Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)

D.g.r. 10 ottobre 2014 - n. X/2489

Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 luglio 2014, n. 2129 «Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, comma 108, lett. d)»

DPR 380/01

Testo Unico per l'edilizia e sue successive modifiche ed integrazioni

Legge Regionale 12 ottobre 2015, n. 33

Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche

2.4 Normativa attualmente in vigore

Le strutture vengono progettate e verificate con la normativa attualmente in vigore:

- Decreto Ministeriale 17/01/2018 – **NTC 18**

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Edward L. Wilson: **Three dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures –**
A physical approach with emphasis on earthquake engineering
CSI Berkeley CA, USA 1998

Migliacci – F. Mola: **Progetto agli stati limite delle strutture in c.a. –**
Masson Italia Editori 1985

Castellani: **Costruzioni in zona sismica –**
Masson Italia Editori 1983

C. Cestelli Guidi: **Geotecnica e tecnica delle fondazioni –**
Ulrico Hoepli Editore 1987

Fritz Leonhardt: c.a. & c.a.p. – **calcolo di progetto & tecniche costruttive – Il precompresso –**
Edizioni di Scienza e Tecnica

Calvi, Nascimbene – **Progettare i gusci –**
IUSS Press

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

4 PROGRAMMI DI CALCOLO

I programmi di calcolo adottati nella presente relazione sono quelli riportati nei successivi paragrafi di cui si allega una breve descrizione focalizzando gli aspetti salienti.

4.1 Travilog Titanium

4.1.1 Modulo SEZIONI

4.1.1.1 Premessa

Il modulo SEZIONI di Travilog Titanium verifica sezioni in CLS armato, in calcestruzzo armato precompresso, acciaio, legno o materiale omogeneo, alle tensioni ammissibili ed agli stati limite. Con il Modulo SEZIONI puoi disegnare agevolmente la geometria della sezione con l'impostazione dei parametri in intuitive finestre di inserimento dati per le tipologie più comuni di profilo. In alternativa puoi disegnare a mano libera o scegliere, in caso di sezioni in acciaio, tra i profilati normalizzati UNI dell'archivio. Il Modulo SEZIONI ti permette di definire diverse combinazioni di carico per ogni tipologia di analisi prevista: tensioni ammissibili, stato limite ultimo e stato limite di esercizio.

4.1.1.2 Modalità di verifica

Dopo aver impostato geometria, materiale e condizioni di carico della sezione, il Modulo SEZIONI esegue le verifiche opportune in base alla normativa di riferimento. Per le sezioni in calcestruzzo armato il programma esegue le verifiche della sezione armata sia fessurata che non fessurata. Dall'analisi ottieni la verifica della tensione massima, l'ampiezza delle fessure e la verifica a taglio secondo il traliccio di Morsch, a seconda della combinazione e della condizione di carico scelta.

Il Modulo SEZIONI calcola inoltre in base alla CNR 200/2004 sezioni rinforzate in fibra di carbonio a lamina o tessuto soggette a flessione semplice, pressoflessione (confinamento) e taglio. L'output proposto dal Modulo SEZIONI è sia grafico che tabellare, i grafici riportano l'andamento lineare delle tensioni e i diagrammi di rottura N-Mx, N-My e Mx-My.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

4.2 SAP2000 Advanced v.19.2.2

4.2.1 Premessa

Il codice di calcolo **SAP2000 Advanced** è prodotto dalla C.S.I. (Computer and Structures, Inc) di Berkeley – California, distribuito e assistito dalla C.S.I. Italia.

Computers and Structures, Inc. 1995 University Avenue Berkeley, California 94704 USA Tel: (510) 649-2200 Fax: (510) 649-2299 e-mail: info@csiberkeley.com web: www.csiberkeley.com	CSI Italia Srl Galleria San Marco 4 33170 Pordenone Tel: 0434 28465 Fax: 0434 28466 e-mail: posta@csi-italia.eu web: www.csi-italia.eu
--	---



SAP2000 è disponibile in tre diversi livelli: Base (B) (limitato a 1500 nodi), Plus (P) e Avanzato (A). Sono inoltre disponibili vari moduli aggiuntivi: Bridge (BR), Offshore (OS), Costruzione per Fasi (CF). La versione disponibile è di livello Avanzato ma senza moduli aggiuntivi.

Il codice SAP2000 è sviluppato in ambiente Windows e permette l'analisi strutturale con il metodo degli elementi finiti.

Tale metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi.

I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale.

Le incognite del problema, nell'ambito del metodo degli spostamenti, sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z).

La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\underline{\underline{K}} \cdot \underline{u} = \underline{F}$$

dove:

- $\underline{\underline{K}}$: matrice di rigidezza;

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

- $\underline{u}$: vettore spostamenti nodali;
- $\underline{F}$: vettore forze nodali.

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Nel SAP2000 le strutture sono modellate in uno spazio virtuale, facendo riferimento ad un sistema di coordinate globale, destrorso, rettangolare, con tre assi X-Y-Z mutuamente ortogonali. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Tutti i sistemi di riferimento locali degli elementi costituenti il modello sono riferiti ad esso tramite opportune trasformazioni di coordinate.

Gli elementi fisici del modello sono rappresentati da oggetti. Usando l'interfaccia, è necessario disegnare la geometria di un oggetto, successivamente assegnare proprietà e carichi all'oggetto per definire completamente la membratura fisica.

Gli oggetti disponibili sono:

- **Frame:** viene usato per modellare il comportamento di travi, pilastri, bielle o cavi nelle strutture piane e tridimensionali. L'elemento Frame fa uso di una formulazione a pilastro generale e tridimensionale che comprende gli effetti della flessione biassiale, della torsione, della deformazione assiale e delle deformazioni biassiali di taglio.

Un elemento Frame è modellato come un segmento che congiunge due punti. Ciascun elemento ha il proprio sistema di coordinate locale per la definizione delle proprietà della sezione e dei carichi e per l'interpretazione dei risultati.

Ciascun elemento Frame può sopportare il carico dovuto al proprio peso, più carichi concentrati e distribuiti.

Per tener conto della dimensione finita delle intersezioni fra asta e pilastro sono disponibili gli scostamenti dalle estremità (End Offsets). Sono disponibili anche rilasci alle estremità (End Releases) per modellare differenti condizioni di vincolo interno alle estremità dell'elemento.

- **Shell:** viene usato per modellare il comportamento a Shell, a membrana e a piastra nelle strutture piane e tridimensionali. L'elemento Shell ha una formulazione a tre o quattro nodi che combina il comportamento separato a membrana e quello a piastra flettente. L'elemento a quattro nodi non deve necessariamente essere piano.

Il comportamento a membrana usa una formulazione isoparametrica che comprende le componenti di rigidità traslazionali nel piano e una componente di rigidità rotazionale nella direzione normale al piano dell'elemento.

Il comportamento a piastra flettente comprende due componenti di rigidità rotazionali della piastra, fuori dal piano, e una componente di rigidità traslazionale nella direzione normale al piano dell'elemento.

Per default viene usata una formulazione a piastra spessa (Mindlin/Reissner) che comprende gli effetti della deformazione di taglio trasversale.

A scelta, è possibile scegliere una formulazione a piastra sottile (Kirchoff) che trascuri la deformazione di taglio trasversale.

Le strutture che possono essere modellate con questo elemento comprendono:

- "Shell" tridimensionali, come serbatoi e cupole;
- Strutture a piastra, come ad esempio solette e platee;
- Strutture a membrana come pareti di taglio (setti).

Ciascun elemento Shell ha il suo proprio sistema di coordinate locali per la definizione delle proprietà del materiale e dei carichi e per l'interpretazione dell'output.

A ciascun elemento può essere applicato un carico gravitazionale oppure uniforme in ogni direzione.

Per la rigidità dell'elemento Shell viene usata una formulazione variabile, con integrazione numerica da quattro a otto punti.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

Le tensioni, le forze interne ed i momenti, nel sistema di coordinate locale dell'elemento, sono valutate ai punti di integrazione di Gauss 2 per 2 ed estrapolati ai nodi dell'elemento.

Una stima approssimata dell'errore nelle tensioni o nelle forze interne dell'elemento può essere ricavata dalla differenza dei valori calcolati da elementi diversi connessi ad un nodo comune. Ciò fornirà un'indicazione dell'accuratezza di una data mesh di elementi finiti e potrà essere usata in seguito come base per selezionare una maglia nuova e più accurata.

- **Nllink:** viene usato per modellare delle non linearità locali all'interno della struttura, come ad esempio:
 - o **Multi linear elastic:** elementi ad elastici n-lineari;
 - o **Gaps:** elementi solo compressi costituiti da una molla con in serie un'apertura;
 - o **Hook:** elementi solo tesi costituiti da una molla con in serie un gancio;
 - o **Dampers:** elementi a viscosità non lineare;
 - o **Plastic:** elementi a comportamento elasto-plastico con leggi diverse;
 - o **Rubber Isolator:** isolatori isteretici;
 - o **Friction Isolator:** isolatori ad attrito.

L'elemento Nllink viene usato per modellare una non linearità concentrata della struttura. Il comportamento non lineare è utilizzabile solo durante analisi non lineari (statiche, dinamiche). Per le altre analisi gli Nllink hanno un comportamento lineare.

Ogni elemento può essere ad 1 nodo (per esempio molle a terra) o a 2 nodi. In entrambi i casi le loro proprietà sono definite allo stesso modo.

Ogni elemento è assunto come composto da 6 molle separate, una per ogni grado di libertà (assiale, taglio, torsione e momento puro).

Ognuna di queste molle possiede un doppio gruppo di proprietà:

- o Il primo gruppo definisce la rigidezza elastica e lo smorzamento viscoso lineare; tali proprietà sono utilizzate durante le analisi lineari;
- o Il secondo gruppo definisce una legge opzionale non lineare che verrà utilizzata in analisi non lineari.

I **casi di analisi** disponibili, che definiscono come i carichi devono essere applicati alle strutture e come è calcolata la risposta delle strutture stesse, sono classificate come lineari o non lineari.

I tipi di analisi **lineari** disponibili sono:

- **Statica:** è il tipo di analisi più frequente. I carichi sono applicati senza alcun effetto dinamico.
- **Analisi dinamica modale:** calcolo dei modi di vibrare della struttura secondo il metodo di Eigen o il metodo di Ritz. I carichi non sono applicati, a meno che essi non siano usati per generare i vettori di Ritz.
- **Analisi dinamica in spettro di risposta:** questa analisi viene accoppiata ad una analisi modale per la determinazione di vettori di forze, le cui combinazioni rappresenteranno le azioni sismiche. Per effettuare questa analisi è necessario definire una funzione di spettro. Questa funzione di spettro normalmente è espressa in termini di pseudo-accelerazione e periodo.
- **Analisi al passo:** in questa analisi vengono applicati carichi che subiscono variazioni nel tempo. Queste variazioni sono rappresentate da funzioni storia-tempo. La soluzione di questa analisi può essere calcolata con il metodo FNA che sfrutta sovrapposizioni modali oppure mediante integrazione diretta.
- **Analisi di instabilità:** in questa analisi vengono calcolati i modi di instabilità della struttura soggetta ai carichi esterni. Il compito di questa analisi è quello di determinare dei moltiplicatori scalari dei carichi esterni che producono l'insorgere di fenomeni di instabilità.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

- **Analisi a carichi mobili:** questa analisi serve per calcolare la risposta della struttura soggetta al transito di veicoli e in generale a carichi che si muovono su di essa. Si possono definire diversi tipi di veicolo e assegnare un numero arbitrario di linee di transito. Verranno considerate tutte le permutazioni derivate dal posizionamento del carico sulla struttura.

Le analisi **non lineari** disponibili sono:

- **Non lineare statica:** i carichi sono applicati senza effetti dinamici. Questa analisi può essere utilizzata per metodi tipo Pushover, o costruzioni sequenziali.
- **Non lineare dinamica:** sono applicati carichi con variazione nel tempo. Queste analisi richiedono la definizione di funzioni valore-tempo. La soluzione di queste analisi può essere ottenuta con i metodi della scomposizione modale oppure con i metodi della integrazione diretta.

I carichi possono essere applicati sia ai nodi, come forze o coppie concentrate, sia sulle travi, come forze distribuite, trapezie, concentrate, come coppie e come distorsioni termiche.

Sulle superfici degli elementi Shell è possibile applicare forze uniformemente distribuite, la cui direzione di applicazione può essere specificata nel sistema di coordinate globale o in quello locale.

La forza totale che agisce sull'elemento in ciascuna direzione locale è data dall'intensità di carico totale in quella direzione moltiplicata per l'area della superficie mediana. Questa forza è ripartita sui nodi dell'elemento. I vincoli sono forniti tramite le sei costanti di rigidezza elastica.

I vincoli esterni devono essere applicati anche ai gradi di libertà disponibili del sistema per i quali sia noto che la rigidezza è nulla, come le traslazioni fuori dal piano e le rotazioni nel piano di un telaio piano, altrimenti la struttura risulta instabile e le equazioni statiche non risolvibili.

Un grado di libertà vincolato esternamente non può essere vincolato internamente.

Uno dei sei gradi di libertà di qualunque nodo nella struttura può avere condizioni di supporto a molla di tipo traslazionale o rotazionale. Queste molle congiungono elasticamente il nodo al terreno. I supporti a molla in corrispondenza di gradi di libertà vincolati esternamente non contribuiscono alla rigidezza della struttura.

4.2.2 Modalità di utilizzo

Le fasi tipiche di un'analisi a E.F. sono:

1. Definizione di un sistema di unità di misura;
2. Creazione di una mesh che rappresenta il modello;
3. Definizione delle proprietà globali del modello;
4. Definizione delle proprietà dell'elemento della mesh;
5. Applicazione delle condizioni di vincolo;
6. Definizione delle condizioni di carico;
7. Applicazione dei carichi;
8. Definizione delle combinazioni di carico;
9. Calcolo dei risultati;
10. Visualizzazione e controllo dei risultati, per via grafica e tabellare.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

4.2.3 Campo di impiego

Il programma viene utilizzato per eseguire analisi elastiche piane e tridimensionali a elementi finiti, impiegando elementi monodimensionali (Frame) e bidimensionali (Shell), nei seguenti casi di analisi:

- Analisi statica
- Analisi dinamica modale
- Analisi dinamica in spettro di risposta

4.2.4 Affidabilità del codice di calcolo

L'affidabilità del codice di calcolo è garantita dall'esistenza di un'ampia documentazione di supporto, costituita da un ampio manuale d'uso contenente una vasta serie di test di validazione sia su esempi classici di Scienza delle Costruzioni, sia su strutture particolarmente impegnative e reperibili nella bibliografia specializzata.

La presenza di un modulo grafico per l'introduzione di dati permette la visualizzazione dettagliata degli elementi introdotti. E' possibile inoltre ottenere rappresentazioni grafiche di deformate e sollecitazioni della struttura.

SAP2000 permette di esportare i dati di input e di output in vari formati, tra i quali Excel, per il controllo e la gestione dei tabulati di input e di output tramite fogli di calcolo.

In generale, il modello di calcolo adottato è da ritenersi appropriato se non vengono riscontrate labilità, le reazioni vincolari equilibrano i carichi applicati, la simmetria di carichi e struttura dà origine a sollecitazioni simmetriche.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Viene inoltre valutata la qualità della soluzione, in base all'uguaglianza del lavoro esterno e dell'energia di deformazione.

Inoltre, è possibile scegliere il grado di affinamento dell'analisi di elementi complessi utilizzando mesh più dettagliate.

Il confronto fra i risultati ottenuti può essere tipicamente classificato secondo una delle modalità seguenti:

- **Esatto**: non c'è differenza tra i risultati del SAP2000 e i risultati indipendenti;
- **Accettabile**, se la differenza tra i risultati del SAP2000 e i risultati indipendenti non supera i valori seguenti:
 - o 5% per le forze, i momenti e i valori degli spostamenti;
 - o 10% per le azioni interne e i valori delle tensioni;
 - o 25% per valori sperimentali.
- **Non accettabile**, se la differenza tra i risultati del SAP2000 e i risultati indipendenti eccede i valori sopra riportati.

La differenza percentuale tra i risultati è tipicamente calcolata con la formula seguente:

$$\Delta\% = 100 \cdot \left(\frac{\text{Risultati SAP2000}}{\text{Risultati indipendenti}} - 1 \right)$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

5 INDAGINI IN SITU

Sono state condotte una serie di indagini in situ al fine di integrare e di aumentare il “livello di conoscenza” sullo stato dell’arte del manufatto; in particolare, si sono valutate geometria e stato in essere dei materiali, tramite indagini sia di tipo distruttivo che non, con contestuale prelievo di materiali per effettuare prove in laboratorio.

Nel seguito i elencano le indagini effettuate e i rispettivi quantitativi:

- n° 8 Carotaggi meccanici;
- n° 1 Prelievi barre di armatura;
- n° 2 Indagini durometriche;
- n° 3 rilievi geometrici e microscassi;
- n° 4 indagini su solai;

E’ stata inoltre effettuata una prova di carico sulla copertura con solaio a giacitura concava della piscina.

Per un’ampia trattazione sulle indagini effettuate, vedasi relazioni in allegato condotte dalla MTSE Engineering Srl:

- 260_2021 GBRG ENGINEERING srl - Piscine Trezzano S_N - Relazione indagini;
- 260_2021 GBRG ENGINEERING srl - Piscine Trezzano S_N - Prova di carico;

Per un approfondimento circa le prove sui materiali prelevati si vedano i certificati di prova allegati:

- CC006_22_MTS_TREZZANO SUL NAVIGLIO;
- CND 002_21_MTS_TREZZANO S.N.

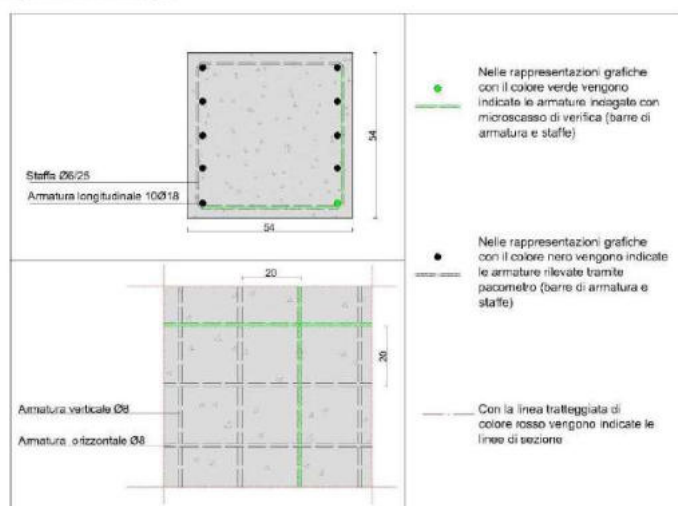
Nel seguito si riportano estratti delle relazioni indagini nel quale si riassumono le indagini materiche effettuate.

Si riporta legenda per una miglior comprensione degli estratti delle indagini riportate e della loro localizzazione.

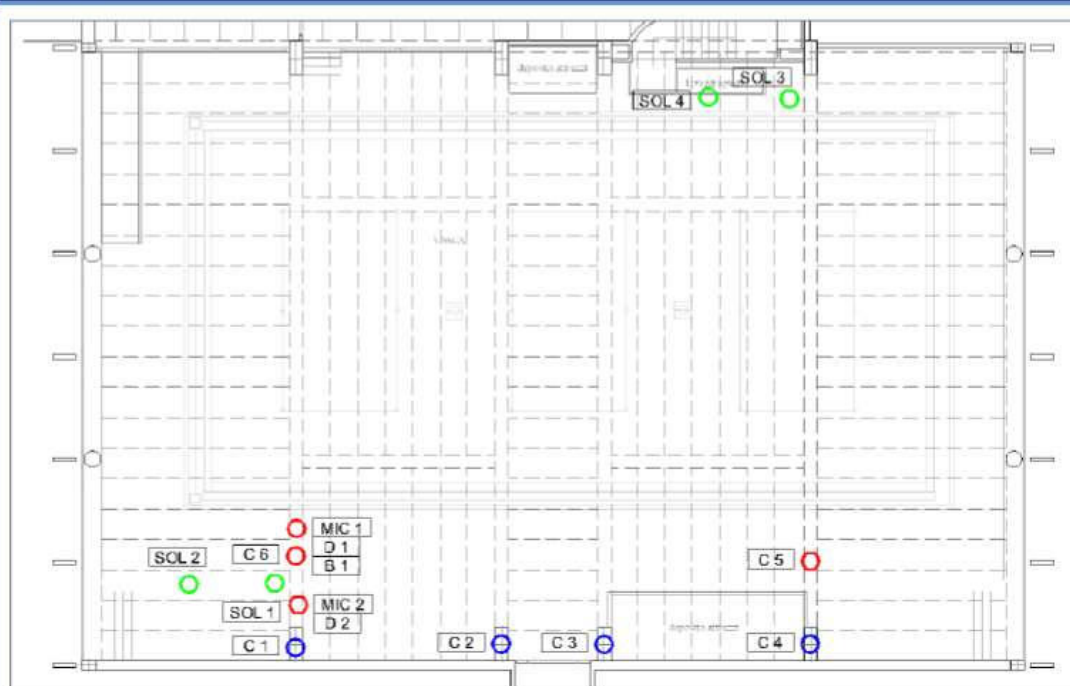
Legenda utilizzata nell'elaborazione:

Legenda zone di indagine:			
 PILASTRI (colore blu)	 SOLAI (colore verde)	 TRAVI (colore rosso)	
Legenda tipologie di indagine:			
MIC = Microscasso	SOL = Indagini solaio	B = Prelievo barre	1-2-3... numeri progressivi indagini
D = Durometro		C = Carotaggio	

Metodologia di lettura dei disegni:



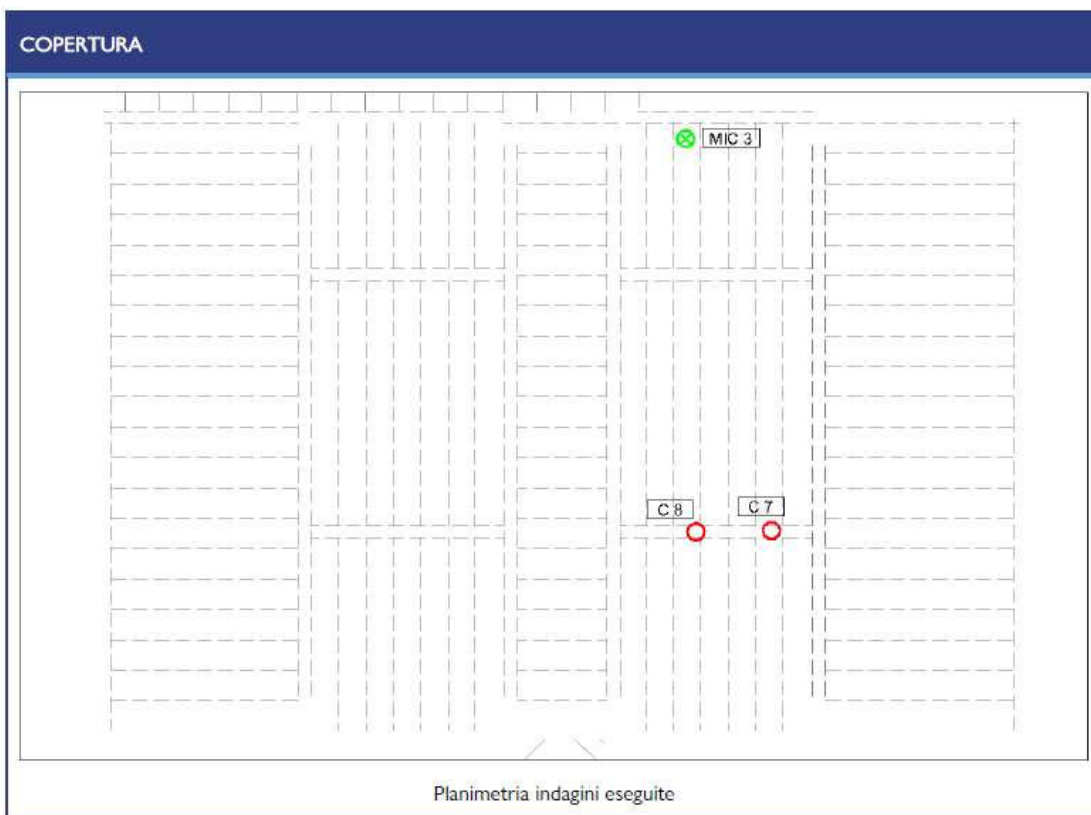
PIANO TERRA



Planimetria indagini eseguite

GBRG ENGINEERING srl
Sede Legale: Via Togliatti 54
Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
20080 Zibido S. Giacomo (MI)
Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
Settore Lavori Pubblici e Territorio
Via IV Novembre, 2 20090
Trezzano sul Naviglio (MI)
RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



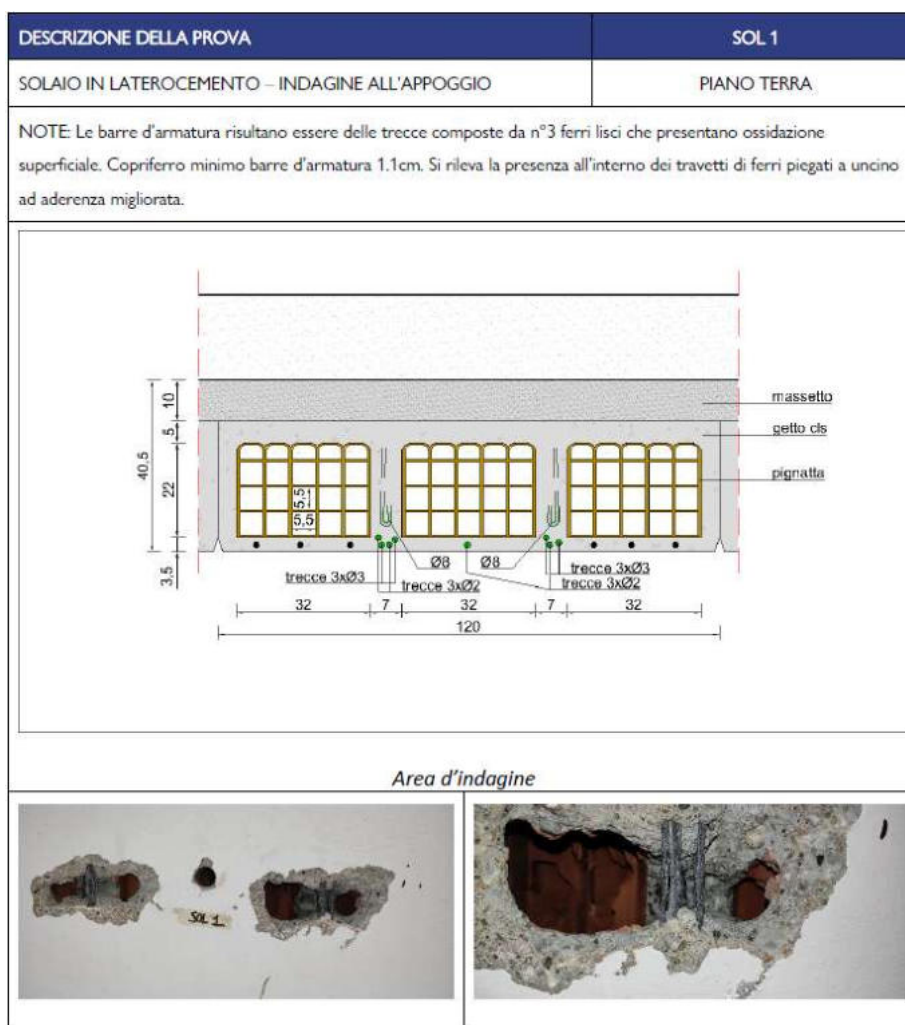
GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

5.1 Definizione tipologia solai

5.1.1 Solai – Risultati indagini in situ

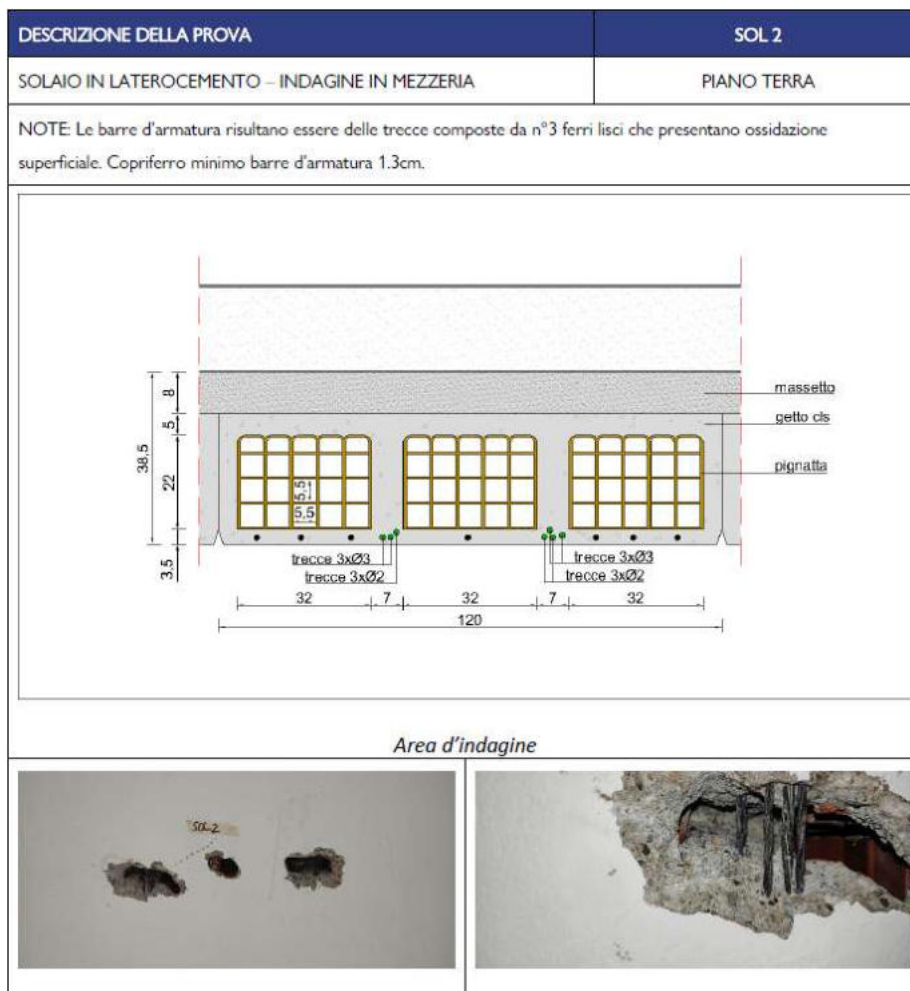
Nel seguito si riportano stralci delle indagini effettuate sui solai della copertura della piscina in oggetto, sia su quelli con campata a giacitura piana (Tipo A4) che con quelli a giacitura concava (Tipo A5). Si riportano stratigrafie evidenzianti le caratteristiche geometriche rilevate.

- Indagini Solaio Tipo A4:



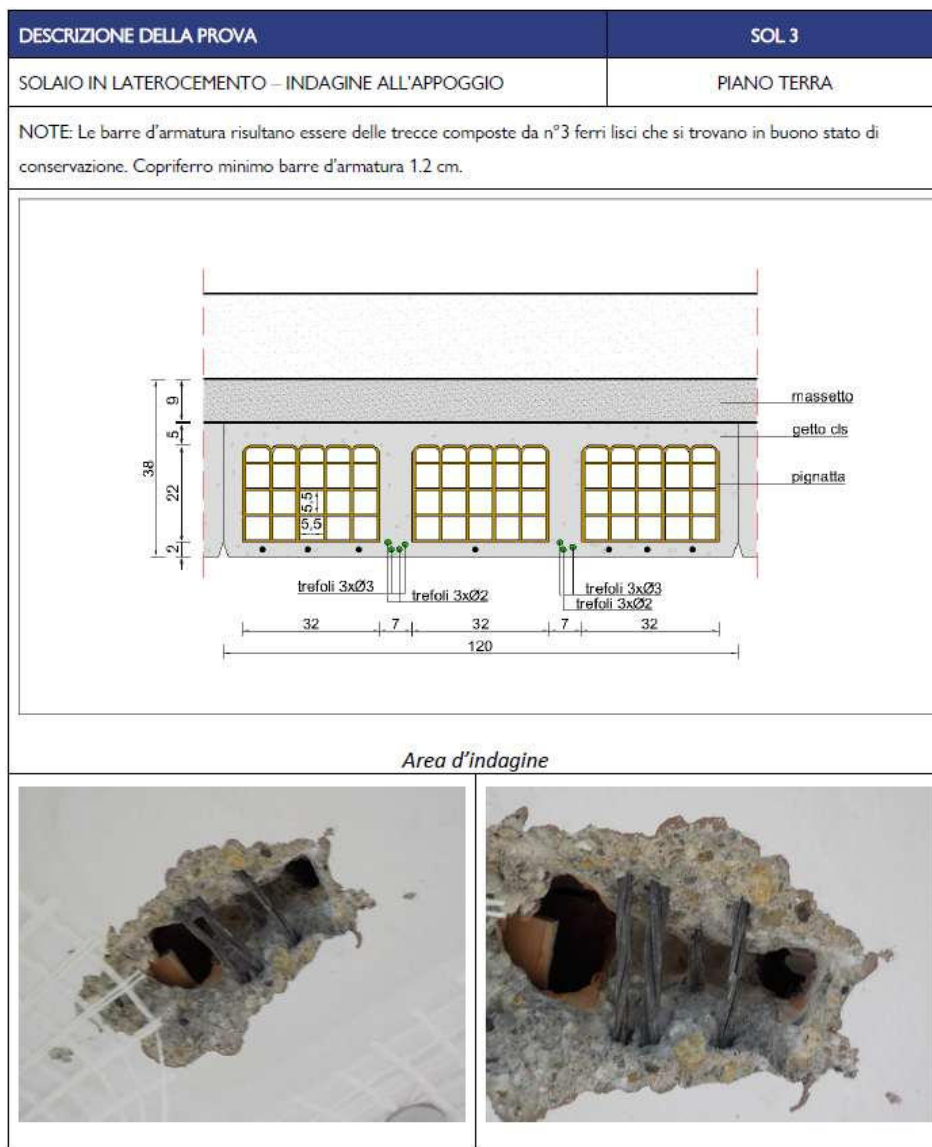
GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it

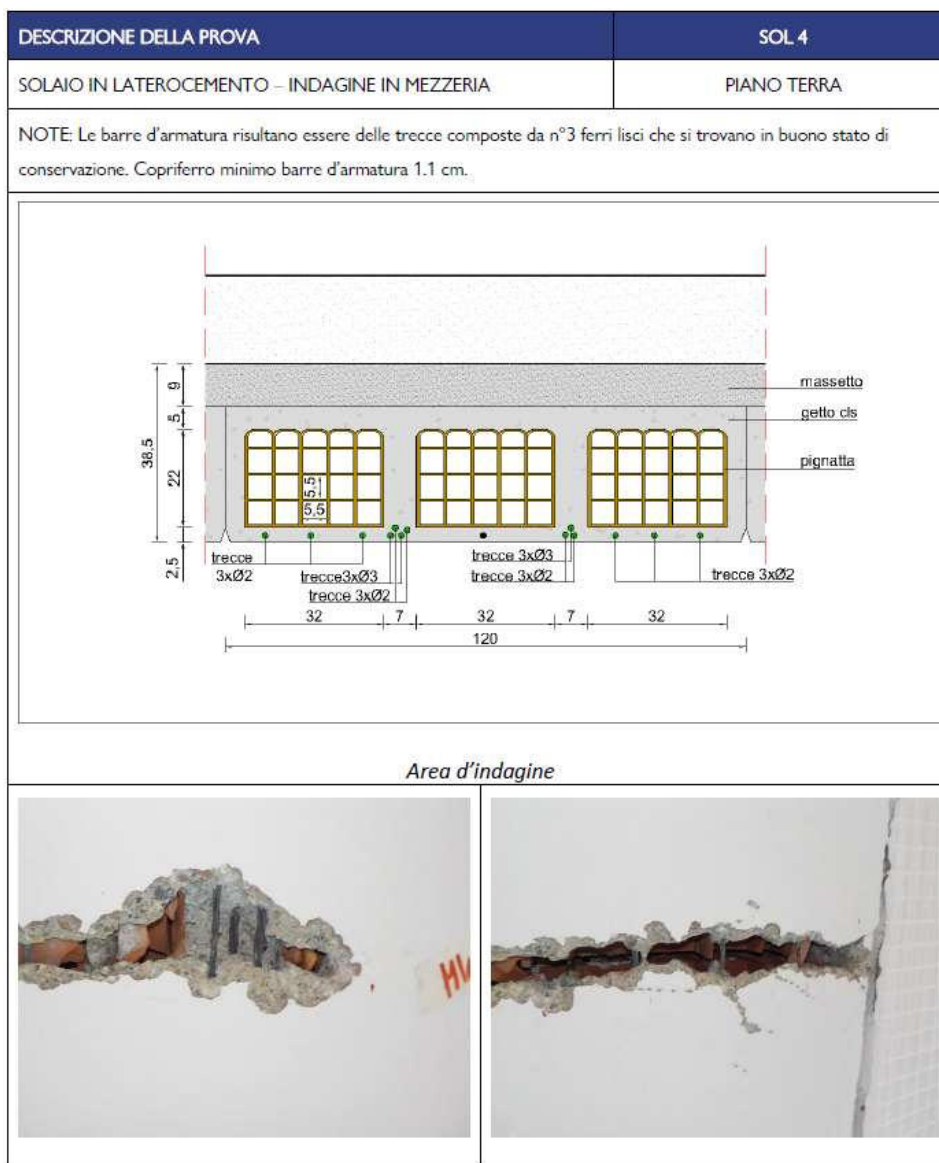


GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

- **Indagini Solaio Tipo A5:**



GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---



Per una miglior comprensione consultare il documento contenente tutte le indagini effettuate dalla MTSE Eng. Srl precedentemente citato e allegato alla presente.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

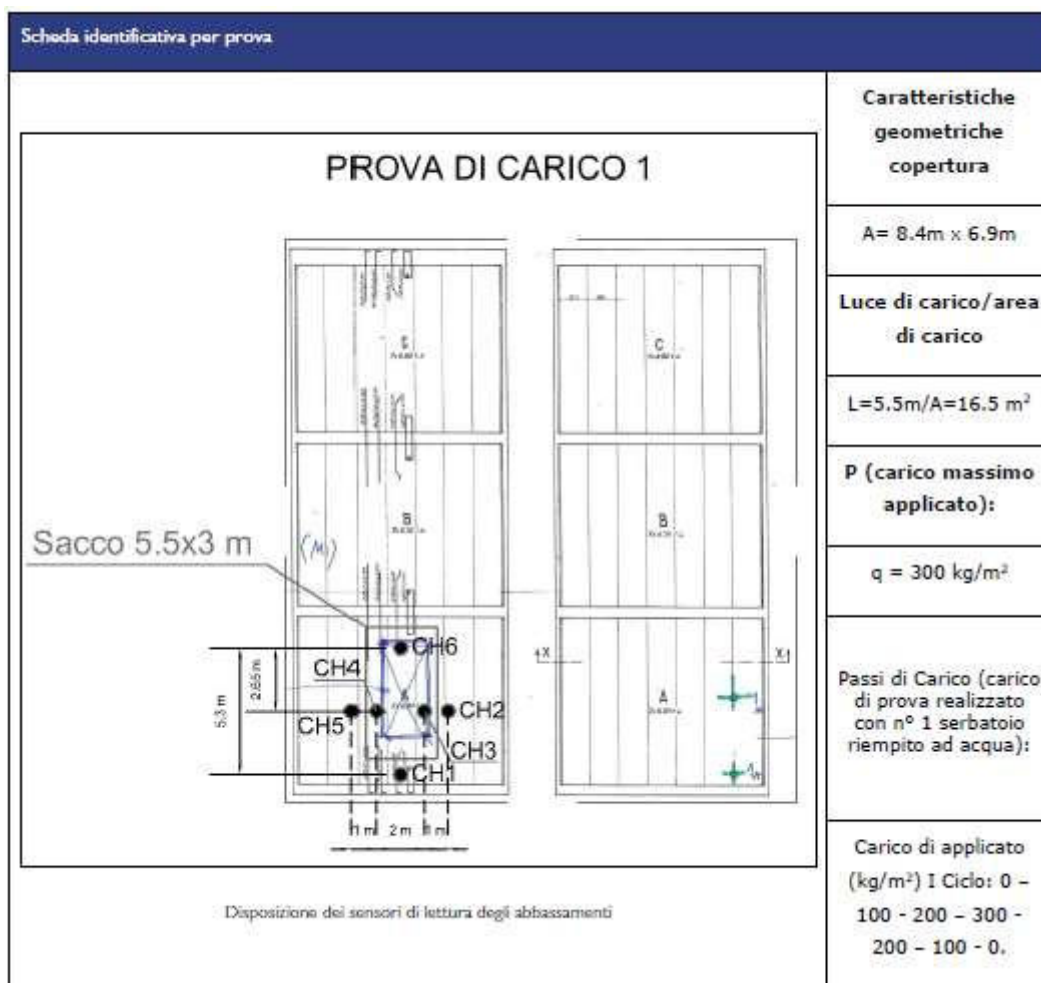
5.2 Prova di carico su copertura concava

Nel seguito si riporta stralcio della relazione relativa alla prova di carico effettuata nel quale è indicata la posizione della prova realizzata e le caratteristiche geometriche relative all'impronta di carico e al posizionamento dei sensori di lettura degli abbassamenti. Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla relazione allegata e all'apposito capitolo della presente nel quale sono analizzati i risultati.



GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

6 LIVELLO DI CONOSCENZA (LC2)

In linea generale, il paragrafo C8.8.3 dell'NTC2018, con riferimento al livello di conoscenza e fattore di confidenza cita testualmente *“Occorre disporre dei valori di tutte le grandezze geometriche e meccaniche che consentono una verifica del tipo indicato al paragrafo C8.8.5.”*, nella quale si orienta il progettista verso il raggiungimento del più elevato livello di conoscenza compatibilmente con i vincoli al contorno e le esigenze di accuratezza, lasciando in ogni caso allo stesso la facoltà di scegliere il miglior Livello di Conoscenza raggiungibile in ragione delle reali condizioni di ammaloramento dell'opera in esame.

Nel caso di specie è stato possibile entrare nella disponibilità delle seguenti informazioni:

- Geometria degli elementi strutturali da completo rilievo geometrico;
- Progetto originario delle strutture;
- Dettagli strutturali da saggi ed indagini sugli stessi;
- Proprietà dei materiali ottenute dalla campagna di indagini distruttive e non distruttive;
- Definizione dello stato di conservazione mediante l'analisi dei report di ispezione, da rilievi visivi ed indagini esaustive, distruttive e non distruttive, in situ;

Si ritiene pertanto di aver raggiunto un livello di conoscenza pari a LC2 a cui corrisponde un fattore di confidenza $F_c = 1.20$.

7 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IN SITU

7.1 Calcestruzzo per strutture realizzate in opera

7.1.1 Risultati delle prove a compressione su carote

Si riportano nel seguito i risultati ottenuti dalle prove a compressione sulle n.8 carote prelevate dai diversi elementi strutturali.

SIGLA CAMPIONE	STRUTTURA DI PRELIEVO	dimensioni carota					massa volumica carota	carico di rottura	carico unitario f _c	λ	Ceff. correl.	R _c corretto
		Ø	h	superficie	volume	peso						
		mm	mm	mm ²	cm ³	g	Kg/m ³	N	N/mm ²			N/mm ²
C1	I.D.	94	94,0	6940	652	1510	2.314,75	416.200	59,97	1,00	1,00	59,97
C2	I.D.	94	94,0	6940	652	1484	2.274,89	308.520	44,46	1,00	1,00	44,46
C3	I.D.	94	94,1	6940	653	1461	2.237,25	348.040	50,15	1,00	1,00	50,17
C4	I.D.	94	94,1	6940	653	1485	2.274,00	408.110	58,81	1,00	1,00	58,83
C5	I.D.	94	94,1	6940	653	1501	2.298,51	464.700	66,96	1,00	1,00	66,99
C6	I.D.	94	94,2	6940	654	1492	2.282,30	400.220	57,67	1,00	1,00	57,72

N.B.:a) il diametro è la media dei due diametri, misurati ortogonalmente, su ambedue le facce della carota.

b) l'altezza è la media delle quattro altezze, misurate in punti diversi (diametralmente opposti), dopo il taglio e la spianatura.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

SIGLA CAMPIONE	STRUTTURA DI PRELIEVO	dimensioni carota					massa volumica carota	carico di rottura	carico unitario fc	λ	Ceff. correl.	Rc corretto
		$\varnothing$	h	superficie	volume	peso						
		mm	mm	mm ²	cm ³	g	Kg/m ³	N	N/mm ²			N/mm ²
C1	N.D.	94	188,0	6940	1305	2838	2.175,25	245.650	35,52	2,00	1,25	44,40
C2	N.D.	94	94,2	6940	654	1385	2.118,62	226.610	52,79	1,00	1,00	52,83

N.B.:a) il diametro è la media dei due diametri, misurati ortogonalmente, su ambedue le facce della carota.

b) l'altezza è la media delle quattro altezze, misurate in punti diversi (diametralmente opposti), dopo il taglio e la spianatura.

Per l'indicazione dell'elemento strutturale dal quale è stata prelevata la carota riferirsi alla relazione di indagine precedentemente citata e allegata alla presente.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

7.1.2 Dichiarazione del progettista

Gli elaborati strutturali riportano quanto nel seguito:

dott. Ing. GIANCARLO TOGNONI TRADATE (Va) Via Garibaldi 4 C.P. 20080 - TEL. 02/9000.33.63	COMUNE DI TREZZANO S.N. - SCUOLA MEDIA - PISCINA ARMATURA TELAI INTERNI	23 SET. 78
---	--	----------------------

Handwritten signature: H. g.
Calcestruzzo: CLASSE 300
FERRO: Fe B 44

UFF. ...
 Dispone opere di calcestruzzo cementato armato
 normale e precompresso ed a struttura massiva.
ATTESTAZIONE AUTENTICA DEPOSITO
 (di cui copia) (Art. 1059, 1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065, 1066, 1067, 1068, 1069, 1070, 1071, 1072, 1073, 1074, 1075, 1076, 1077, 1078, 1079, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, 1090, 1091, 1092, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1099, 1100, 1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106, 1107, 1108, 1109, 1110, 1111, 1112, 1113, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118, 1119, 1120, 1121, 1122, 1123, 1124, 1125, 1126, 1127, 1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147, 1148, 1149, 1150, 1151, 1152, 1153, 1154, 1155, 1156, 1157, 1158, 1159, 1160, 1161, 1162, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173, 1174, 1175, 1176, 1177, 1178, 1179, 1180, 1181, 1182, 1183, 1184, 1185, 1186, 1187, 1188, 1189, 1190, 1191, 1192, 1193, 1194, 1195, 1196, 1197, 1198, 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207, 1208, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219, 1220, 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1240, 1241, 1242, 1243, 1244, 1245, 1246, 1247, 1248, 1249, 1250, 1251, 1252, 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1260, 1261, 1262, 1263, 1264, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279, 1280, 1281, 1282, 1283, 1284, 1285, 1286, 1287, 1288, 1289, 1290, 1291, 1292, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1299, 1300, 1301, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1408, 1409, 1410, 1411, 1412, 1413, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429, 1430, 1431, 1432, 1433, 1434, 1435, 1436, 1437, 1438, 1439, 1440, 1441, 1442, 1443, 1444, 1445, 1446, 1447, 1448, 1449, 1450, 1451, 1452, 1453, 1454, 1455, 1456, 1457, 1458, 1459, 1460, 1461, 1462, 1463, 1464, 1465, 1466, 1467, 1468, 1469, 1470, 1471, 1472, 1473, 1474, 1475, 1476, 1477, 1478, 1479, 1480, 1481, 1482, 1483, 1484, 1485, 1486, 1487, 1488, 1489, 1490, 1491, 1492, 1493, 1494, 1495, 1496, 1497, 1498, 1499, 1500, 1501, 1502, 1503, 1504, 1505, 1506, 1507, 1508, 1509, 1510, 1511, 1512, 1513, 1514, 1515, 1516, 1517, 1518, 1519, 1520, 1521, 1522, 1523, 1524, 1525, 1526, 1527, 1528, 1529, 1530, 1531, 1532, 1533, 1534, 1535, 1536, 1537, 1538, 1539, 1540, 1541, 1542, 1543, 1544, 1545, 1546, 1547, 1548, 1549, 1550, 1551, 1552, 1553, 1554, 1555, 1556, 1557, 1558, 1559, 1560, 1561, 1562, 1563, 1564, 1565, 1566, 1567, 1568, 1569, 1570, 1571, 1572, 1573, 1574, 1575, 1576, 1577, 1578, 1579, 1580, 1581, 1582, 1583, 1584, 1585, 1586, 1587, 1588, 1589, 1590, 1591, 1592, 1593, 1594, 1595, 1596, 1597, 1598, 1599, 1600, 1601, 1602, 1603, 1604, 1605, 1606, 1607, 1608, 1609, 1610, 1611, 1612, 1613, 1614, 1615, 1616, 1617, 1618, 1619, 1620, 1621, 1622, 1623, 1624, 1625, 1626, 1627, 1628, 1629, 1630, 1631, 1632, 1633, 1634, 1635, 1636, 1637, 1638, 1639, 1640, 1641, 1642, 1643, 1644, 1645, 1646, 1647, 1648, 1649, 1650, 1651, 1652, 1653, 1654, 1655, 1656, 1657, 1658, 1659, 1660, 1661, 1662, 1663, 1664, 1665, 1666, 1667, 1668, 1669, 1670, 1671, 1672, 1673, 1674, 1675, 1676, 1677, 1678, 1679, 1680, 1681, 1682, 1683, 1684, 1685, 1686, 1687, 1688, 1689, 1690, 1691, 1692, 1693, 1694, 1695, 1696, 1697, 1698, 1699, 1700, 1701, 1702, 1703, 1704, 1705, 1706, 1707, 1708, 1709, 1710, 1711, 1712, 1713, 1714, 1715, 1716, 1717, 1718, 1719, 1720, 1721, 1722, 1723, 1724, 1725, 1726, 1727, 1728, 1729, 1730, 1731, 1732, 1733, 1734, 1735, 1736, 1737, 1738, 1739, 1740, 1741, 1742, 1743, 1744, 1745, 1746, 1747, 1748, 1749, 1750, 1751, 1752, 1753, 1754, 1755, 1756, 1757, 1758, 1759, 1760, 1761, 1762, 1763, 1764, 1765, 1766, 1767, 1768, 1769, 1770, 1771, 1772, 1773, 1774, 1775, 1776, 1777, 1778, 1779, 1780, 1781, 1782, 1783, 1784, 1785, 1786, 1787, 1788, 1789, 1790, 1791, 1792, 1793, 1794, 1795, 1796, 1797, 1798, 1799, 1800, 1801, 1802, 1803, 1804, 1805, 1806, 1807, 1808, 1809, 1810, 1811, 1812, 1813, 1814, 1815, 1816, 1817, 1818, 1819, 1820, 1821, 1822, 1823, 1824, 1825, 1826, 1827, 1828, 1829, 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835, 1836, 1837, 1838, 1839, 1840, 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846, 1847, 1848, 1849, 1850, 1851, 1852, 1853, 1854, 1855, 1856, 1857, 1858, 1859, 1860, 1861, 1862, 1863, 1864, 1865, 1866, 1867, 1868, 1869, 1870, 1871, 1872, 1873, 1874, 1875, 1876, 1877, 1878, 1879, 1880, 1881, 1882, 1883, 1884, 1885, 1886, 1887, 1888, 1889, 1890, 1891, 1892, 1893, 1894, 1895, 1896, 1897, 1898, 1899, 1900, 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906, 1907, 1908, 1909, 1910, 1911, 1912, 1913, 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919, 1920, 1921, 1922, 1923, 1924, 1925, 1926, 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1938, 1939, 1940, 1941, 1942, 1943, 1944, 1945, 1946, 1947, 1948, 1949, 1950, 1951, 1952, 1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1960, 1961, 1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984, 1985, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 2681, 2682, 2683, 2684, 2685, 2686, 2687, 2688, 2689, 2690, 2691, 2692, 2693, 2694, 2695, 2696, 2697, 2698, 2699, 2700, 2701, 2702, 2703, 2704, 2705, 2706, 2707, 2708, 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718, 2719, 2720, 2721, 2722, 2723, 2724, 2725, 2726, 2727, 2728, 2729, 2730, 2731, 2732, 2733, 2734, 2735, 2736, 2737, 2738, 2739, 2740, 2741, 2742, 2743, 2744, 2745, 2746, 2747, 2748, 2749, 2750, 2751, 2752, 2753, 2754, 2755, 2756, 2757, 2758, 2759, 2760, 2761, 2762, 2763, 2764, 2765, 2766, 2767, 2768, 2769, 2770, 2771, 2772, 2773, 2774, 2775, 2776, 2777, 2778, 2779, 2780, 2781, 2782, 2783, 2784, 2785, 2786, 2787, 2788, 2789, 2790, 2791, 2792, 2793, 2794, 2795, 2796, 2797, 2798, 2799, 2800, 2801, 2802, 2803, 2804, 2805, 2806, 2807, 2808, 2809, 2810, 2811, 2812, 2813, 2814, 2815, 2816, 2817, 2818, 2819, 2820, 2821, 2822, 2823, 2824, 2825, 2826, 2827, 2828, 2829, 2830, 2831, 2832, 2833, 2834, 2835, 2836, 2837, 2838, 2839, 2840, 2841, 2842, 2843, 2844, 2845, 2846, 2847, 2848, 2849, 2850, 2851, 2852, 2853, 2854, 2855, 2856, 2857, 2858, 2859, 2860, 2861, 2862, 2863, 2864, 2865, 2866, 2867, 2868, 2869, 2870, 2871, 2872, 2873, 2874, 2875, 2876, 2877, 2878, 2879, 2880, 2881, 2882, 2883, 2884, 2885, 2886, 2887, 2888, 2889, 2890, 2891, 2892, 2893, 2894, 2895, 2896, 2897, 2898, 2899, 2900, 2901, 2902, 2903, 2904, 2905, 2906, 2907, 2908, 2909, 2910, 2911, 2912, 2913, 2914, 2915, 2916, 2917, 2918, 2919, 2920, 2921, 2922, 2923, 2924, 2925, 2926, 2927, 2928, 2929, 2930, 2931, 2932, 2933, 2934, 2935, 2936, 2937, 2938, 2939, 2940, 2941, 2942, 2943, 2944, 2945, 2946, 2947, 2948, 2949, 2950, 2951, 2952, 2953, 2954, 2955, 2956, 2957, 2958, 2959, 2960, 2961, 2962, 2963, 2964, 2965, 2966, 2967, 2968, 2969, 2970, 2971, 2972, 2973, 2974, 2975, 2976, 2977, 2978, 2979, 2980, 2981, 2982, 2983, 2984, 2985, 2986, 2987, 2988, 2989, 2990, 2991, 2992, 2993, 2994, 2995, 2996, 2997, 2998, 2999, 3000, 30

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

7.2 Acciaio per barre di armatura

Per gli acciai si fa riferimento a:

- Dichiarazione del progettista
- Epoca di costruzione;
- Alle prove di trazione effettuate in laboratorio;
- Alle prove durometriche.

7.2.1 Dichiarazione del progettista

Gli elaborati strutturali riportano quanto nel seguito:

dott. Ing. GIANCARLO TOGNONI TRADATE (Va) Via Garibaldi 4 C.P. 20080 - TEL. 02/94... - FAX 02/94...	COMUNE DI TREZZANO S.N. - SCUOLA MEDIA - PISCINA ARMATURA TELAI INTERNE	23 SET. 78
CALCESTRUZZO: CLASSE 300 FERRO: Fe B 44		

UFF...
 Dispositivo opera di conglomerato cementizio armato
 normale e precompresso ed a struttura mista
ATTESTAZIONE DI AUTENTICO DEPOSITO
 (ai sensi della L. 1423/1975 art. 10, 10 bis)
 Per l'iscrizione delle opere
 presso l'Ufficio...
 questo Attestato...
 il...

Come si evince da quanto riportato negli elaborati di progetto originale i materiali impiegati in fase di progetto e realizzazione risultano:

- Acciaio Feb 44.

7.2.2 Risultati delle prove a trazione su barre di armatura

Di seguito si riportano i valori ottenuti da prova di trazione su uno spezzone di armatura prelevato da una trave dei telai ortogonali.

SIGLA PROVA	STRUTTURA DI PRELIEVO	dimensioni barre acciaio					carico di snervamento	carico unitario snervam.	carico di rottura	carico unitario rottura	Allungament o	Tipologia
		Ønom	lung.	peso	area	Øeq.*		fy		ft		
		mm	mm	g	mm²	mm	N	N/mm²	N	N/mm²	%	
B1	N.D.	10	350	232	84,44	10,37	42.144	499,1	56.398	667,9	14,0	AD. M.

* Della barra tonda equipesante

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

7.2.3 Risultati delle prove durometriche

Si riportano i risultati ottenuti con le prove durometriche svolte.

DUROMETRO				
IDENTIFICATIVO RILIEVO	ELEMENTO	DUROMETRO [HV]	MEDIA	Resistenza a rottura stimata ft [Mpa]
D1	TRAVE IN C.A.	145	152	501.67
		151		
		165		
		147		
D2	TRAVE IN C.A.	172	155	521.67
		159		
		143		
		145		

7.2.4 Analisi storica

La tabella seguente riporta un quadro delle resistenze meccaniche dell'acciaio, in funzione dell'evoluzione temporale.

Tabella 1 - Evoluzione temporale delle principali indicazioni normative relative alla classificazione degli acciai di armatura

Tabella 1 - Evoluzione temporale delle principali indicazioni normative relative alla classificazione degli acciai di armatura																
Normativa	R.D.L. n°2229/1939			LL.PP. n°1472/1957				D.M.30/05/1972				D.M. 30/05/1974				
Tipologia	liscio			liscio			a.m.	liscio		aderenza migliorata (FeB44)		liscio		a.m.		
Denominazione	Dolce	Semi duro	Duro	Aq42	Aq50	Aq60		FeB22	FeB32	A38	A41	FeB44	FeB22	FeB32	FeB38	FeB44
Snervamento (kgf/mm ²)	≥ 23	≥ 27	≥ 31	≥ 23	≥ 27	≥ 31	/	≥22	≥32	≥38	≥41	≥44	≥22	≥32	≥38	≥44
Rottura (kgf/mm ²)	42-50	50-60	60-70	42 - 50	50 - 60	60-70	/	≥34	≥50	≥46	≥50	≥55	≥34	≥50	≥46	≥55
Allungamento (%)	≥ 20	≥ 16	≥ 14	≥ 20	≥ 16	≥ 14	≥ 12	≥24	≥23	≥14	≥14	≥12	≥24	≥23	≥14	≥12

7.2.5 Scelta del valore di resistenza

I risultati delle indagini, la dichiarazione del progettista e le prove materiche hanno portato alla definizione della tipologia di acciaio utilizzato.

Si utilizza nelle calcolazioni un FeB44 ad adherenza migliorata:

$$f_{y,d-FeB44} = \frac{f_{y,k}}{\gamma \cdot FC} = \frac{430}{1,15 \cdot 1,00} = 373,9 \text{ MPa}$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

8 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DI PROGETTO (FUTURI INTERVENTI)

8.1 Calcestruzzo

8.1.1 Riepilogo Valori caratteristici

f_c	= resistenza cilindrica a compressione
R_c	= resistenza cubica
R_{cm}	= resistenza cubica media
f_{cm}	= resistenza media cilindrica
R_{ck}	= resistenza caratteristica cubica
f_{ck}	= resistenza caratteristica cilindrica = $0,83 R_{ck}$
f_{cd}	= resistenza di calcolo cilindrica = f_{ck} / γ_c
f_{cc}	= $0,85 f_{cd}$
f_{ct}	= resistenza a trazione
f_{ctm}	= resistenza a trazione semplice assiale = $0,27 \sqrt[3]{(R_{ck})^2}$
f_{cfm}	= resistenza a trazione per flessione = $1,2 f_{ctm}$
f_{ctk}	= resistenza caratteristica a trazione semplice assiale = $0,7 f_{ctm}$
f_{cfk}	= resistenza caratteristica a trazione per flessione = $0,7 f_{cfm}$
f_{ctd}	= resistenza di calcolo a trazione –assiale– = f_{ctk} / γ_c
f_{cfd}	= resistenza di calcolo a trazione –per flessione– = f_{cfk} / γ_c

MODULI ELASTICI

$$E_c = 5.700 \sqrt{R_{ck}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$E_c = 18.000 \sqrt{R_{ck}} \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

MODULI ELASTICI CON MATURAZIONE A VAPORE

$$E_c = 5.100 \sqrt{R_{ck}} \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

$$E_c = 16.100 \sqrt{R_{ck}} \text{ [daN/cm}^2\text{]}$$

Rck [N/mmq]	fck	fcd	fcc	fctm	fcfm	fctk	fcfk
25	20,75	12,97	11,02	2,31	2,77	1,62	1,94
30	24,90	15,56	13,23	2,61	3,13	1,82	2,19
35	29,05	18,16	15,43	2,89	3,47	2,02	2,43
40	33,20	20,75	17,64	3,16	3,79	2,21	2,65
45	37,35	23,34	19,84	3,42	4,10	2,39	2,87
50	41,50	25,94	22,05	3,66	4,40	2,57	3,08
55	45,65	28,53	24,25	3,90	4,69	2,73	3,28

Rck [N/mmq]	fctd	fefd	v				
25	1,01	1,21	0,15-0,18				
30	1,14	1,37	0,16-0,19				
35	1,26	1,52	0,17-0,20				
40	1,38	1,66	0,18-0,22				
45	1,49	1,79	0,20-0,25				
50	1,60	1,92	0,22-0,27				
55	1,71	2,05	0,24-0,29				

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

8.1.2 Valori caratteristici acciaio

8.1.2.1 Acciaio da C.A.

B450C

$$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$(f_{tk} / f_{yk}) \geq 1,13$$

$$\leq 1,35$$

controllato in stabilimento

tensione caratteristica di rottura

tensione caratteristica di snervamento

modulo elastico

$$\text{Tensione di trazione ammissibile} \quad | \quad \sigma_s = 255.00 \text{ N/mm}^2$$

f_y = tensione di snervamento

f_t = tensione di rottura

f_{yk} = tensione caratteristica di snervamento $\geq 4300 \text{ Kg/cm}^2$

f_{tk} = tensione caratteristica di rottura $\geq 5400 \text{ Kg/cm}^2$

$f_{(0,2)}$ = tensione allo 0,2% di deformazione residua

$f_{(0,2)k}$ = tensione caratteristica allo 0,2% di deformazione residua

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

8.2 Carpenterie Metalliche

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

$$\text{modulo elastico} \quad E = 210.000 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{modulo di elasticità trasversale} \quad G = E / [2 (1 + \nu)] \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{coefficiente di Poisson} \quad \nu = 0,3$$

$$\text{coefficiente di espansione termica lineare} \quad \alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$$

(per temperature fino a 100 °C)

$$\text{densità} \quad \rho = 7850 \text{ kg/m}^3$$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

8.2.1 Acciaio da Carpenteria S275

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

8.2.2 Saldature su S235

Saldature controllate di I° Classe $\sigma_{adm} = 0,7 \times \sigma_s$ N/mm²

I procedimenti di saldatura che possono essere impiegati sono:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti
- saldatura semiautomatica sotto gas di protezione (miscele CO₂)
- saldatura automatica ad arco sommerso

Il materiale di apporto conforme a caratteristiche meccaniche UNI 5132 per gli elettrodi; fili, flussi e parametri secondo procedimento omologato per saldatura sotto gas di protezione.

Durezza Vickers HV30 nelle zone termicamente alterate non deve essere maggiore di 3500 N/mm².

Per acciai FE 430 (S275) elettrodi E44 di classe 4B

Per acciai FE 510 (S355) elettrodi E52 di classe 4B

Gli elettrodi a rivestimento basico trattati in appositi fornelli di essiccazione a temperatura compresa tra 375 e 425 °C per due ore e poi mantenuti in fornelli a 150 °C.

I fili per saldatura sotto gas protettivo devono avere rivestimento di rame compatto, continuo ed esente da impurità superficiali.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

8.2.3 Acciaio per Bullonerie e Tasselli

Classe Vite 10.9

$$\begin{aligned}\sigma_{b,adm} &= 467.00 & \text{N/mm}^2 \\ \tau_{b,adm} &= 330.00 & \text{N/mm}^2\end{aligned}$$

Prospetto 4-IIIa

Stato limite					
Classe vite	f_t N/mm ²	f_y N/mm ²	$f_{k,N}$ N/mm ²	$f_{t,N}$ N/mm ²	$f_{d,V}$ N/mm ²
4.6	400	240	240	240	170
5.6	500	300	300	300	212
6.6	600	360	360	360	255
8.8	800	540	560	560	396
10.9	1 000	900	700	700	495

$f_{k,N}$ è assunto pari al minore dei due valori $f_{k,N} = 0,7 f_t$, $f_{k,N} = f_y$ essendo f_t ed f_y le tensioni di rottura e di snervamento secondo UNI 3740.
 $f_{d,N} = f_{k,N}$ resistenza di progetto a trazione.
 $f_{d,V} = f_{k,N}/\sqrt{2}$ resistenza di progetto a taglio.

Si impiegano bulloni ad alta resistenza classe 8.8 conformi a UNI 5712 per le viti e UNI 5713 per i dadi, così associati:

vite classe 10.9 UNI 3740
dado classe 10G UNI 3740

8.3 Rinforzo in FRP

lamina CARBOPLATE E 250 per il rinforzo a flessione

Spessore equivalente t_f	1.4 mm
Tensione caratteristica di rottura $f_{f,uk}$	2400.0MPa
Modulo elastico E_f	250000.0MPa
Deformazione ultima ε_{fk}	0.95%
Numero di strati n_f	2.0
Larghezza b_f	150.0mm
Raggio di curvatura r_c	20 mm
Coefficiente di sicurezza FRP γ_f	1,1
Fattore di conversione ambientale η_a	I – 0.95
Condizione di carico	distribuito

tessuto MAPEWRAP C QUADRI-AX 380 per il rinforzo a taglio

Spessore equivalente t_f	0.053 mm
Tensione caratteristica di rottura $f_{f,uk}$	3400.0MPa
Modulo elastico E_f	250000.0MPa
Deformazione ultima ε_{fk}	1.16%
Tipo di rinforzo	Discontinuo
Angolo di inclinazione delle fibre	90°

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

Numero di strati n_f	1
Larghezza b_f	200.0 mm
Passo strisce p_f	400.0 mm
Raggio di curvatura r_c	20 mm
Coefficiente di sicurezza FRP Y_f	1,1
Fattore di conversione ambientale η_a	I – 0.95
	1
Larghezza b_f	150.0 mm
Passo strisce p_f	150.0 mm
Raggio di curvatura r_c	20 mm
Coefficiente di sicurezza FRP Y_f	1,1
Fattore di conversione ambientale η_a	I – 0.95

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

9 AZIONI DI CALCOLO E COMBINAZIONI AGLI STATI LIMITE

9.1 Carichi strutturali e permanenti

9.1.1 *Peso proprio dei Calcestruzzi*

Il peso proprio del C.A. è valutato in ragione di 2.500 daN/m³

9.1.2 *Peso proprio degli Acciai*

Il peso proprio dell'acciaio è valutato in ragione di 7.850 daN/m³.

9.1.3 *Muratura in mattoni pieni - Tamponamenti*

Il peso proprio della muratura in mattoni pieni è valutato in ragione di 1.800 daN/m³.

9.1.4 *Peso proprio dei solai*

Si riporta nel seguito, in apposito capitolo, tabella riepilogativa dei carichi adottati per le diverse tipologie di solaio in termini di peso proprio strutturale, peso permanente portato e sovraccarichi accidentali in funzione della categoria d'uso.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

9.2 Carichi variabili

9.2.1 Azione della neve

Si riporta il calcolo dell'azione della neve.

Si farà distinzione per il calcolo del coefficiente di forma relativamente alle due tipologie di copertura presenti: piana e concava.

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

☐	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
☒	Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
☐	Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
☐	Zona III Agrigento, Avellino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastro, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

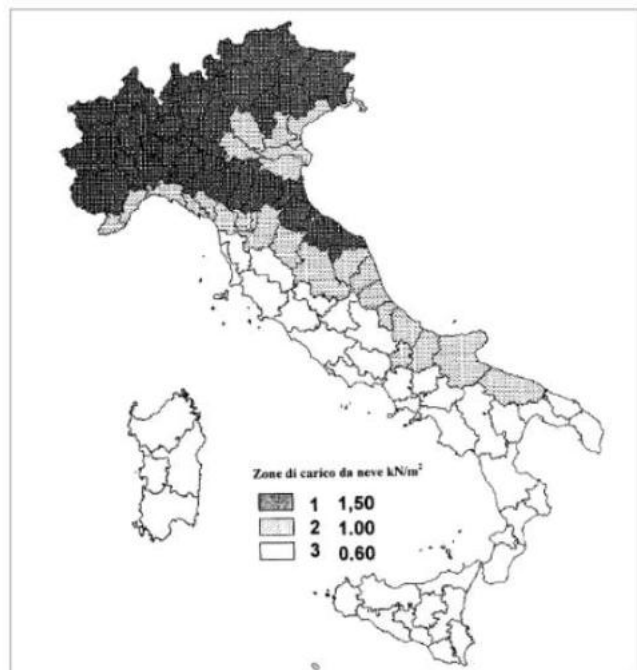
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$ μ_i (coefficiente di forma) q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq]) C_E (coefficiente di esposizione) C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	113
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1,50

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato **Ct = 1**.



Una volta definito il valore caratteristico della neve al suolo si valuta il carico da applicare in funzione degli altri coefficienti previsti.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

Si riporta estratto della Circolare esplicativa 2019 nel quale si valuta la definizione del coefficiente di forma per le coperture a più falde.

C3.4.3.1 GENERALITÀ

La figura C3.4.2 illustra i valori dei coefficienti di forma per le tipologie di copertura ad una, a due o a più falde, al variare dell'angolo α di inclinazione della falda sull'orizzontale, espresso in gradi sessagesimali. Gli stessi valori sono riportati nella Tabella C3.4.I.

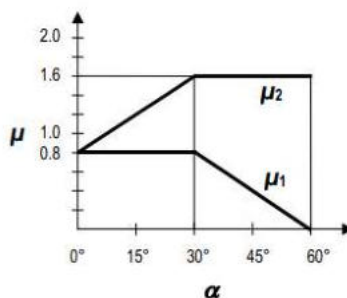


Figura C3.4.2 - Coefficienti di forma per il carico neve

Tabella C3.4.I - Coefficienti di forma per il carico neve

Angolo di inclinazione della falda α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8 \alpha/30$	1,6	—

C3.4.3.3 COPERTURA A DUE FALDE (O PIÙ)

Si devono considerare, in alternativa, le due condizioni Caso (i) ed Caso (ii) riportate nella Figura C3.4.3.

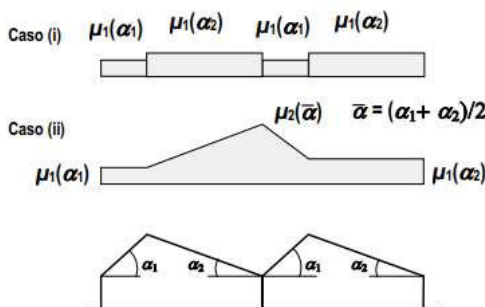


Figura C3.4.3 - Coefficiente di forma per il carico neve – Coperture a più falde

Qualora una o entrambe le falde convergenti in un compluvio abbiano una inclinazione superiore a 60° , si dovrà prestare particolare attenzione alla scelta dei coefficienti di forma da utilizzare. In particolare si dovrà tenere presente che l'intensità degli accumuli che si vengono a formare nelle zone di compluvio è funzione dell'azione di redistribuzione della neve operata dal vento e della altezza del compluvio.

L'effetto degli accumuli in presenza di irregolarità del piano di copertura, quali ad esempio coperture con elementi prefabbricati, dovrà essere considerato solo per compluvi nei quali la larghezza delle campate (tratto sotteso dalle due falde adiacenti di inclinazione α_1 e α_2) sia superiore a 3,5 m e per angoli di inclinazione delle falde superiori o uguali a 30° . Per campate di dimensione e/o di inclinazione inferiore si può assumere, in via semplificativa, che la corrugazione della copertura sia ininfluente per la formazione di accumuli nelle zone di compluvio.

La presente valutazione è effettuata per tener conto della concavità della copertura considerandola di fatto a due falde con compluvio nella mezzzeria della concavità.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

Si considera quindi al favore della sicurezza un carico variabile con minimo agli estremi laterali della copertura concava, calcolato in funzione del coefficiente μ_1 e massimo in mezzeria, calcolato con coefficiente μ_2 .

L'angolo di inclinazione della falda α è stimato in favore di sicurezza pari a 15° . Essendo la copertura simmetrica tutti gli α con diverso pedice hanno lo stesso valore.

Si riporta di seguito tabella riepilogativa dove si mostrano le calcolazioni effettuate e i valori di carico adottati per le successive verifiche.

DETERMINAZIONE DEL CARICO NEVE			
Zona neve	1m	(opzioni: 1a, 1m, 2, 3)	
a_s	113	m	
inclinazione copertura	15	°	(media)
$q_{sk, 50\text{anni}}$	1,50	kN/m ²	
α_r	1,07		
$q_{sk, Tr \text{ anni}}$	1,61	kN/m ²	
C_E	1		
C_t	1		
$\mu_{i,2}$	0,8		Cop. Piana
$\mu_{i,2}$	0,8-1,2		Cop. Concava
$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t =$	1,29	kN/m ²	Cop. Piana
$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t =$	1,29-1,94	kN/m ²	Cop. Concava

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

9.2.2 Azione del Vento

Si riporta il calcolo dell'azione del vento.

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{0,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s [1/s]
1	25	1000	0,01

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	77
---	----

$v_0 = v_{0,0}$ per $a_s \leq a_0$ $v_0 = v_{0,0} + k_s (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

v_0 (velocità di riferimento [m/s])	25
---------------------------------------	----

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_0 \cdot c_e \cdot c_d$ q_0 (pressione cinetica di riferimento [N/mq]) c_e (coefficiente di esposizione) c_d (coefficiente di forma) c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_0 = 1/2 \cdot \rho \cdot v_0^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_0 [N/mq]	390,63
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Una volta definito il valore caratteristico della pressione del vento si valuta il carico da applicare in funzione degli altri coefficienti previsti.

Coefficiente dinamico

$$c_d = 1 \quad \text{-in favore di sicurezza-}$$

Coefficiente topografico

$$c_t = 1$$

Coefficiente di forma

La struttura ha le seguenti caratteristiche geometriche:

H = altezza massima $\approx 6,5$ m

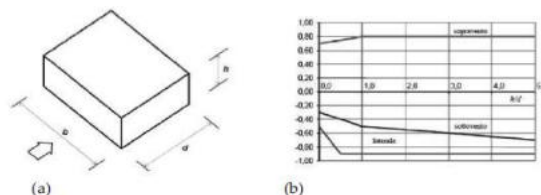
B = larghezza ≈ 30 m

L = lunghezza ≈ 36 m

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

C3.3.8.1.1 Pareti verticali

I coefficienti globali c_{pe} da assumere sulle pareti di un edificio a pianta rettangolare sono riportati in Figura C3.3.2 e in Tabella C3.3.I



a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare,
b) Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali

Figura C3.3.2

Tabella C3.3.I: Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali

Faccia sopravento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1$: $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5$: $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1$: $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1$: $c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5$: $c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5$: $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

Su pareti verticali (in favore di sicurezza):

$c_p = +0,8$ (pareti direttamente investite dal vento)
 $c_p = -0,5$ (pareti non direttamente investite dal vento)

Si riassumono nella tabella seguente le calcolazioni effettuate.

PRESSIONE STATICA EQUIVALENTE AL VENTO			
Zona	1		
categoria esposizione:	4		
a_s	116 m		
Tr	75 anni		
c_r	1,02		
V_{ref_Tr}	25,5 m/sec		
v	0,000015 m ² /sec		
z_0	0,3 m		
k_r	0,22		
z_{min}	8 m		
c_t	1		
q	406 N/m ²	0,41 kN/m ²	
cd	1		
z_{max}	6,5 m		
c_p	1,3		
C_e	1,63		
p	863 N/m ²	0,87 kN/m ²	

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

9.2.3 Sovraccarichi Accidentali

L'opera sarà verificata col seguente carico accidentale:

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

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
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di 2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

9.3 Combinazione S.L.U

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

9.3.1 Coefficienti di combinazione

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

9.3.2 Coefficienti di amplificazione

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

9.4 Analisi dei carichi

9.4.1 Solaio "Tipo B"

SOLAIO "B" - Solaio Atrio spogliatoi/Uffici	Tipo Carico	Peso	ψ_2	SLV	γ	SLU
		daN/m ²		daN/m ²		daN/m ²
Peso proprio solaio con travetti (H=24+6cm)	G1	415	1,0	415	1,3	539,5
Sottofondo - pavimenti - elementi divisorii - controsoffitti	G2	250	1,0	250	1,3	325
Carichi accidentali - Cat C1	Qk	300	0,6	180	1,5	450
Totale		965		845		1315

9.4.2 Solaio "Tipo A3-A4" – Copertura Piana piscina

SOLAIO "A3-A4" - Cop. Piana Piscina	Tipo Carico	Peso	ψ_2	SLV	γ	SLU
		daN/m ²		daN/m ²		daN/m ²
Peso proprio solaio NEOSAP S (H=4+20+5cm)	G1	370	1,0	370	1,3	481
Sottofondo - guaina bitumosa - Appesi/Impianti	G2	210	1,0	210	1,3	273
Carichi accidentali - Coperture	Qk	50	0,0	0	1,5	75
Neve (dominante)	Qk	130	0,0	0	1,5	195
Totale		710		580		949

9.4.1 Solaio "Tipo A4" – Solaio PT

SOLAIO "A4" - Solaio P.T.	Tipo Carico	Peso	ψ_2	SLV	γ	SLU
		daN/m ²		daN/m ²		daN/m ²
Peso proprio solaio NEOSAP S (H=4+20+5cm)	G1	370	1,0	370	1,3	481
Sottofondo - pavimenti - elementi divisorii	G2	210	1,0	210	1,3	273
Carichi accidentali - Cat C1	Qk	300	0,6	180	1,5	450
Totale		880		760		1204

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

9.4.2 Solaio di copertura "Tipo A5"

SOLAIO "A5" - Cop. Concava Piscina	Tipo Carico	Peso	ψ_2	SLV	γ	SLU
		daN/m ²		daN/m ²		daN/m ²
Peso proprio solaio NEOSAP S (H=4+20+5cm)	G1	370	1,0	370	1,3	481
Sottofondo - guaina bitumosa	G2	150	1,0	150	1,3	195
Neve (min-max)	Qk	130-195	0,0	0	1,5	195-292,5
Totale (max)		715		520		969

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

10 PROVA DI CARICO

Come riportato già nella presente è stata effettuata una prova di carico sul solaio di copertura a giacitura concava della piscina.

Si riportano di seguito estratti della relazione "260_2021 GBRG ENGINEERING srl - Piscine Trezzano S_N - Prova di carico_Rev01" allegata alla presente e valutazioni sugli esiti della prova.

10.1 Copertura concava piscina

10.1.1 Inquadramento e fotografie

Si riportano alcune immagini descrittive la localizzazione della prova di carico nell'edificio oggetto della presente verifica e le modalità di svolgimento della stessa.



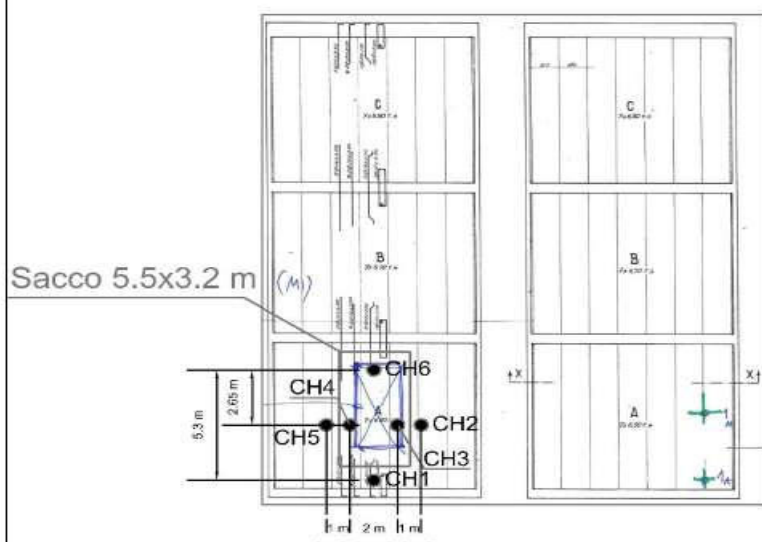
Localizzazione prova di carico sulla copertura dell'edificio (fonte: Google Maps)

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it

Scheda identificativa per prova

PROVA DI CARICO 1



Disposizione dei sensori di lettura degli abbassamenti

Caratteristiche geometriche copertura

A = 8.4 m x 6.9 m

Luce di carico/area di carico

L = 5.5 m / A = 17.6 m²

P (carico massimo applicato):

q = 300 kg/m²

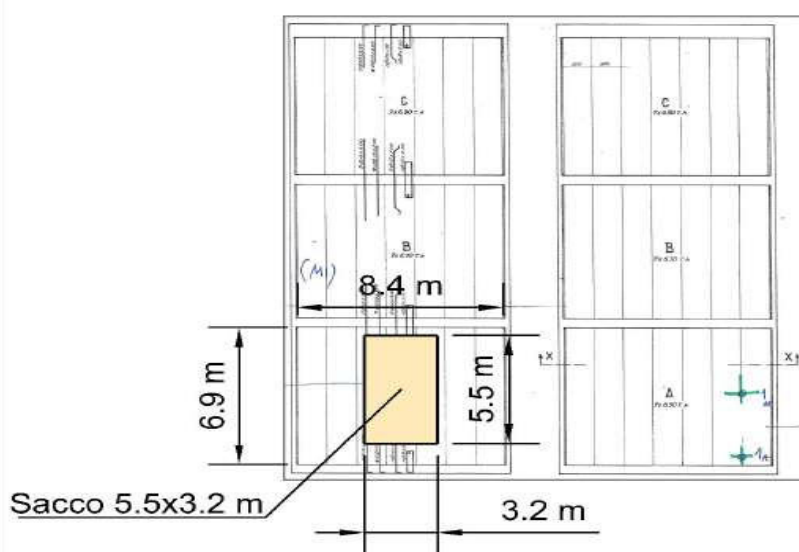
Passi di Carico (carico di prova realizzato con n° 1 serbatoio riempito ad acqua):

Carico di applicato (kg/m²) I
 Ciclo: 0 - 100 - 200 - 300 -
 200 - 100 - 0.

Individuazione piano di riferimento e tipologia di indagini eseguite

COPERTURA

PROVA DI CARICO 1



Localizzazione pdc, dimensioni area di indagine e dimensioni serbatoio

Report fotografico



Disposizione dei sensori durante la prova di carico

10.1.2 Analisi dei carichi

SOLAIO "A5" - Cop. Concava Piscina	Tipo Carico	Peso	ψ_2	SLV	γ	SLU
		daN/m ²		daN/m ²		daN/m ²
Peso proprio solaio NEOSAP S (H=4+20+5cm)	G1	350	1,0	350	1,3	455
Sottofondo - guaina bitumosa	G2	150	1,0	150	1,3	195
Neve (min-max) - Dominante	Qk	130-195	0,0	0	1,5	195-292,5
Carichi accidentali - Coperture	Qk	50	0,0	0	1,5	75
Totale (max)		695		500		969

10.1.3 Verifica di compatibilità

Sui solai in oggetto, è stato chiesto di applicare il carico di 200daN/m² essendo il solaio già in opera: ovvero il solo sovraccarico di destinazione dovuto al carico neve maggiorato, in favore di sicurezza, per tener conto del potenziale accumulo dovuto alla particolare conformazione della copertura.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

Le deformazioni viscosi sono già avvenute nel corso degli anni, con i precedenti carichi permanenti.

10.1.4 Post-processing

La tabella seguente riporta gli spostamenti per ogni singolo trasduttore per i vari step di carico.

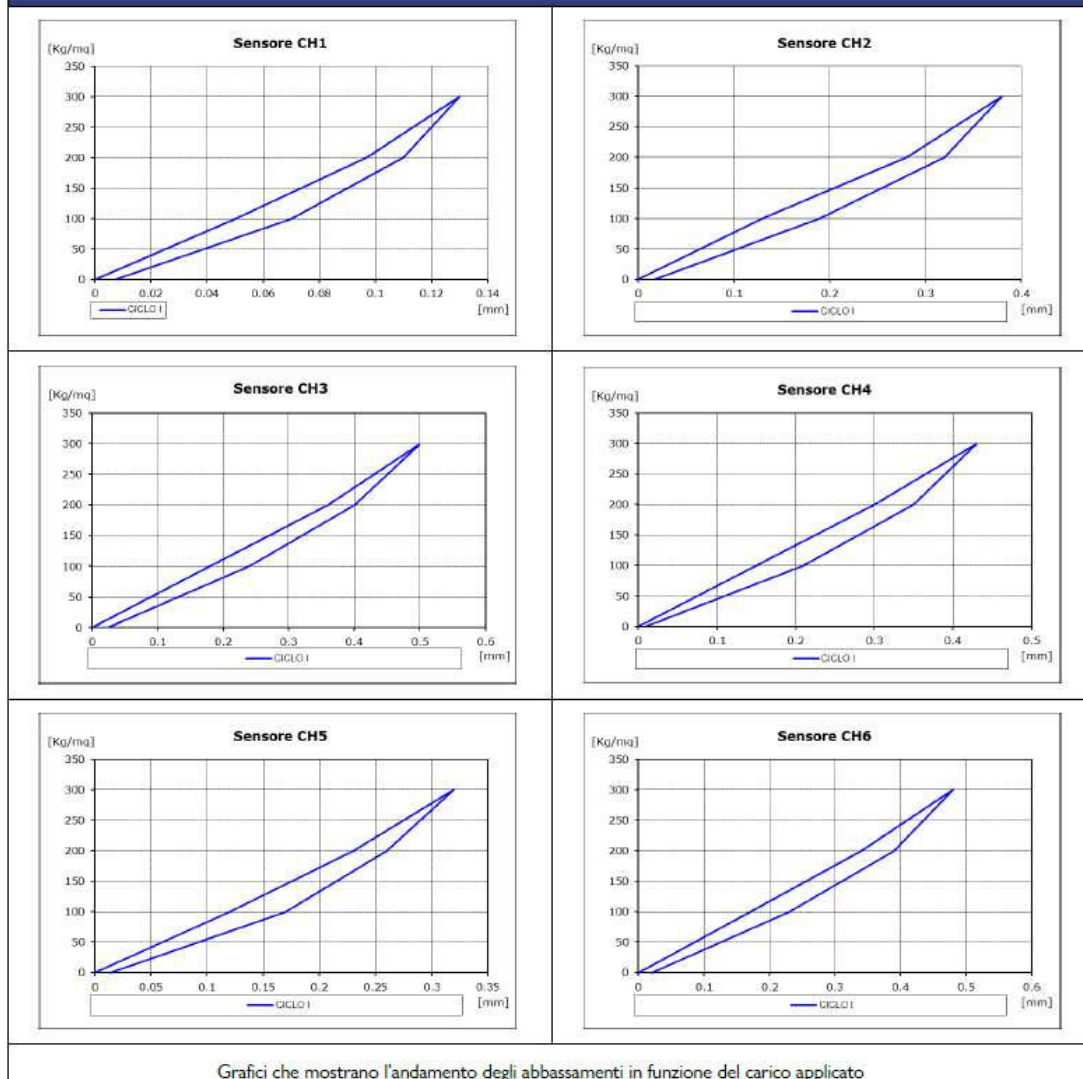
Tabella dati di prova

TABELLA DATI SPERIMENTALI (PDC 1)				Ciclo Carico Unico				
Committente:	GBRG Engineering			Data :	5/01/22			
Cantiere:	Piscina di Trezzano sul Naviglio							
ID struttura:	Copertura			Carico :	1 Serbatoio di Carico 5.5 x 3.2 m			
Luce di prova [m]	6.9							
Area di carico:	16.5			Luce carico [m]:	5.5			
Carico di prova P (kg/mq)	Carico applicato P* (kg/mq)	Δt (min)	senso1 CH1 f (mm)	senso2 CH2 f (mm)	senso3 CH3 f (mm)	senso4 CH4 f (mm)	senso5 CH5 f (mm)	senso6 CH6 f (mm)
0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
68	100	5	0.05	0.13	0.18	0.15	0.12	0.17
137	200	5	0.10	0.28	0.36	0.30	0.23	0.34
205	300	15	0.13	0.38	0.50	0.43	0.32	0.48
137	200	5	0.11	0.32	0.40	0.35	0.26	0.39
68	100	5	0.07	0.19	0.24	0.21	0.17	0.23
0	0	15	0.01	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02
Residuo percentuale			5.4%	4.7%	5.0%	2.3%	4.4%	4.2%
Abbassamenti registrati durante la prova di carico								

Dove:

- **Carico applicato:** Carico applicato sull'impronta del sacco dovuta al peso dell'acqua contenuto;
- **Carico di prova:** Risulta essere il carico effettivo confrontabile con il carico di progetto. Ottenuto riducendo il valore di carico applicato per tener conto della ridotta impronta del sacco di carico nelle due direzioni.

Rappresentazione risultati sperimentali



10.1.5 Limiti alla freccia

q = carico applicato = 205 daN/mq > del 195daN/mq sopra previsto!

LUCE	CARICO	FRECCIA TOTALE IN MEZZERIA	FRECCIA LIMITE ADM PER SOLO SOVR. ACCID. (L/1000)
[mm]	[daN/mq]	[mm]	[mm]
6900	205	0,6	7

Durante la prova di carico non si sono verificati ammaloramenti, cedimenti o lesioni visibili.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

Il solaio sembra idoneo a sopportare i carichi di progetto.

Le deformazioni residue a scarico terminale sono state circa il 5-6% delle deformazioni di massimo carico.

Allo scarico in mezzeria permane 0,03 mm
Ovvero il 0,03mm / 0,5 mm = $\cong$ 5-6 % di deformazione residua

10.2 Conclusioni

La prova di carico ha avuto quindi esito positivo sia in termini di massima deformazione raggiunta che in termini di deformazioni residue a scarico terminale.

Ne risulta quindi che il solaio è idoneo alla destinazione d'uso quale copertura non calpestabile il cui carico massimo deriva dall'azione della neve.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

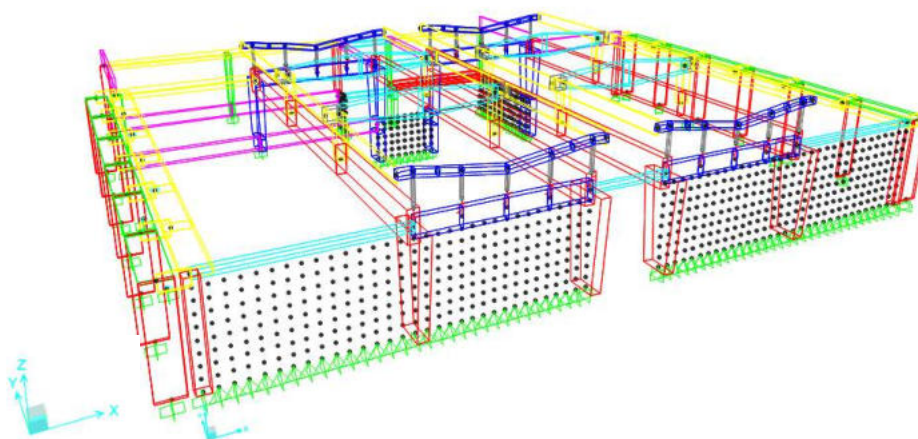
11 ANALISI E VERIFICHE STATICHE PRE-INTERVENTO

Per maggiori dettagli sulla modellazione e la verifica statica della struttura si rimanda alla relazione di calcolo "VULNERABILITA' SISMICA_PISCINA TREZZANO SN (MI)_Rev00" consegnata contestualmente alla presente relazione.

Per comodità, si riportano le principali assunzioni fatte in sede di modellazione eseguita tramite il software ad elementi finiti "Sap 2000".

- Gli elementi strutturali (travi e pilastri) sono stati modellati con elementi equivalente a trave;
- I setti strutturali in c.a. sono stati modellati come elementi shell;
- Le fondazioni costituite da plinti isolati su pali sono assunte "infinitamente rigide", quindi imponendo degli incastri alla base dei pilastri;

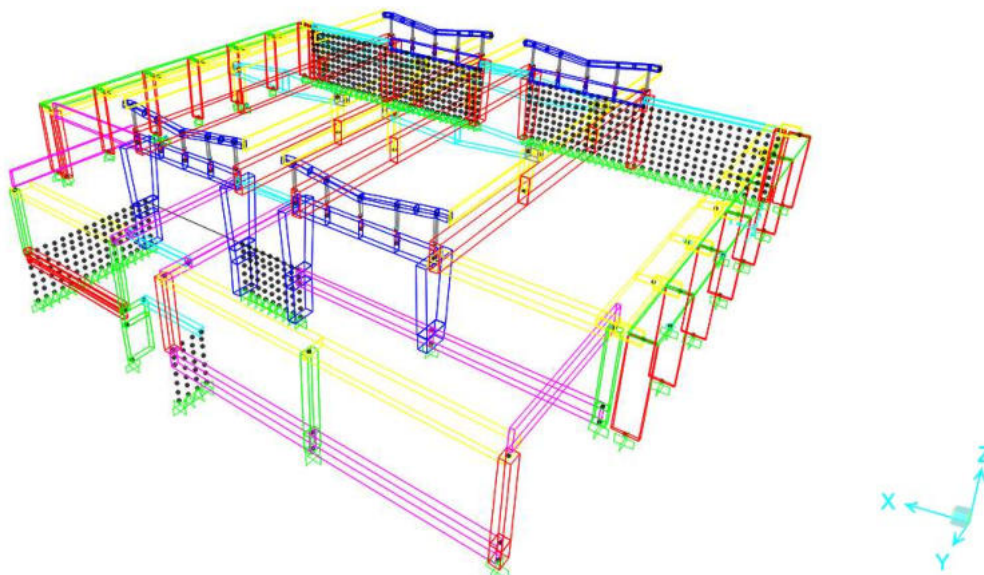
La seguente immagine riporta un estratto della modellazione.



Vista tridimensionale del modello

GBRG ENGINEERING srl
Sede Legale: Via Togliatti 54
Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
20080 Zibido S. Giacomo (MI)
Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
Settore Lavori Pubblici e Territorio
Via IV Novembre, 2 20090
Trezzano sul Naviglio (MI)
RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



Vista tridimensionale del modello

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

11.1 Verifica dei solai

Per quanto concerne la verifica dei solai esistenti, essa è stata svolta, come già riportato in precedenza, dalla Tecnoindagini srl e i risultati sono già stati riportati e discussi al capitolo 1. Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla relazione in allegato.

Qui, per comodità di lettura, si riportano i risultati delle verifiche analitiche dei campi solaio in esame.

Nome elemento	Analisi eseguita	Risultati delle analisi	Esito
SOLAIO A1*	Verifica analitica	Indice di sicurezza < 1,00*	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 32,50 mm	
SOLAIO A2	Verifica analitica	Indice di sicurezza 1,02	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 8,75 mm	
SOLAIO A3	Verifica analitica	Indice di sicurezza 1,02	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 2,94 mm	
SOLAIO A4	Verifica analitica	Indice di sicurezza 1,36	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 18,21 mm	
SOLAIO A5*	Verifica analitica	Indice di sicurezza < 1,00*	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 25,75 mm	
SOLAIO B	Verifica analitica	Indice di sicurezza 1,17	
		Verifica deformazione δ_{MAX} 5,44 mm	

11.2 Verifica statica delle sezioni pre-intervento

Per quanto concerne le verifiche statiche delle sezioni, si riportano, dalla relazione di calcolo "VULNERABILITA' SISMICA_PISCINA TREZZANO SN (MI)_Rev00", solamente quelle che saranno soggette ad un intervento di rinforzo e che presentano una criticità statica reale o una "potenziale", legata principalmente ai fenomeni di degradabilità dei materiali costituenti il manufatto.

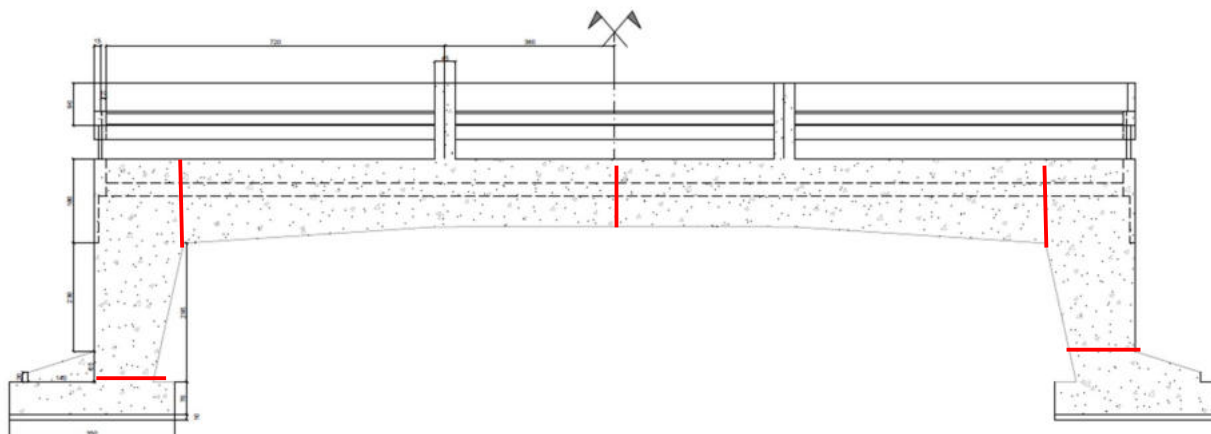
Le sezioni considerate nel seguente lavoro sono, quindi, coerentemente alla nomenclatura dei documenti originari:

- **Sezioni alla base dei Pilastri dei telai principali in c.a.** per quanto concerne le sezioni che presentano una criticità statica in termini di resistenza al taglio;
- **Sezioni di appoggio e mezzeria delle travi principali in c.a.** per quanto concerne le sezioni giudicate potenzialmente a rischio e per le quali si è scelto di eseguire un intervento di rinforzo.

Per comodità, si indicano nella seguente figura le sezioni soggette ad intervento e, quindi, considerate nel presente lavoro.

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



Sezioni che presentano criticità.

N.B. Il telaio in figura è rappresentativo di tutti i quattro telai principali che costituiscono l'ossatura portante della copertura.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

12 CRITICITÀ STATICHE RISOLTE NELLA PRESENTE PROGETTAZIONE

12.1 Criticità statica dei solai di copertura

Come già discusso in precedenza, l'osservazione e l'esperienza confortate, unitamente, ai risultati delle indagini in situ e alle verifiche analitiche, hanno portato alla luce delle criticità dei campi solaio di copertura. In particolare, i campi solaio sono ritenuti potenzialmente soggetti al fenomeno di "sfondellamento", fenomeno da interpretare nel senso già spiegato al paragrafo 1.6.1.

12.2 Criticità statica dei telai in c.a.- pilastri

Come già discusso in precedenza, le sezioni alla base dei pilastri in c.a. presentano criticità in termini di taglio resistente; per le verifiche eseguite si rimanda alla relazione "VULNERABILITA' SISMICA_PISCINA TREZZANO SN (MI)_Rev00" nel paragrafo adibito alle verifiche statiche.

12.3 Grado di ammaloramento dei materiali

Dalle indagini sulle strutture verticale, è stato riscontrato un grado di ammaloramento medio-basso dei materiali:

- I calcestruzzi presentano limitati livelli di carbonatazione (da 0 a 2cm di profondità);
- Le armature mostrano lievi principi di corrosione.

Tuttavia si annota come l'edificio sia stato recentemente oggetto di progetto architettonico con efficientamento energetico e che quindi la quasi totalità delle strutture esterne, esposte agli agenti atmosferici e ai relativi effetti, siano ora parzialmente protette scongiurando un ulteriore ammaloramento dei materiali esistenti.

12.4 Criticità statica dei telai in c.a. - travi

In generale, si è osservato un degrado dei materiali in situ, a causa, soprattutto, del fenomeno della carbonatazione, il quale infierisce sull'area resistente della sezione in calcestruzzo, diminuendola, circostanza per la quale si innesca l'ossidazione delle barre metalliche.

12.5 Conclusioni

Si è reso necessario, alla luce di quanto riportato brevemente sopra, prevedere interventi di rinforzo statico delle coperture e dei telai in c.a. La tipologia di intervento e le verifiche che ne scaturiscono verranno discusse nei prossimi capitoli.

13 INTERVENTI IN PROGETTO

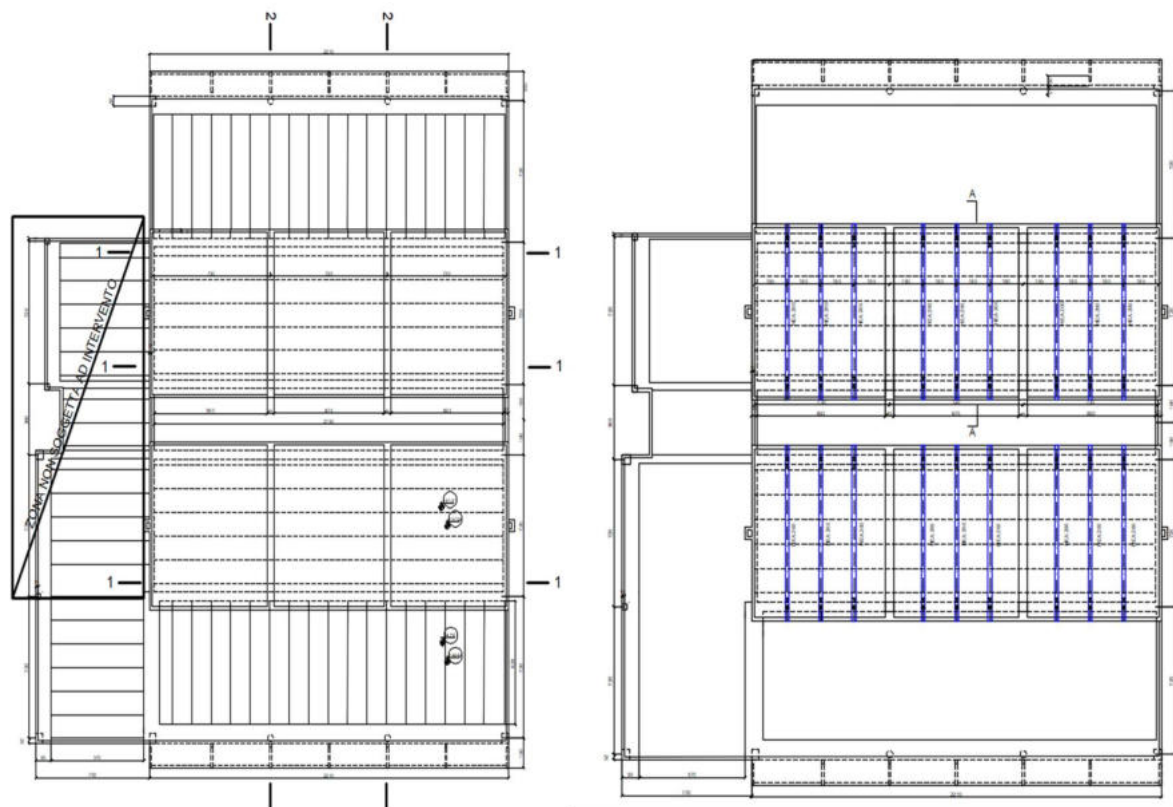
13.1 Interventi su copertura curva

13.1.1 *Installazione Travi metalliche HEA 200 all'intradosso dei solai*

La scelta di come adeguare staticamente le coperture curve è ricaduta nell'installazione di travi metalliche di tipo HEA 200, disposte trasversalmente all'orditura del solaio in esame (Solaio tipo A5) con passo pari a 1,80 m; Tale scelta è giustificata, sostanzialmente, da due motivazioni principali:

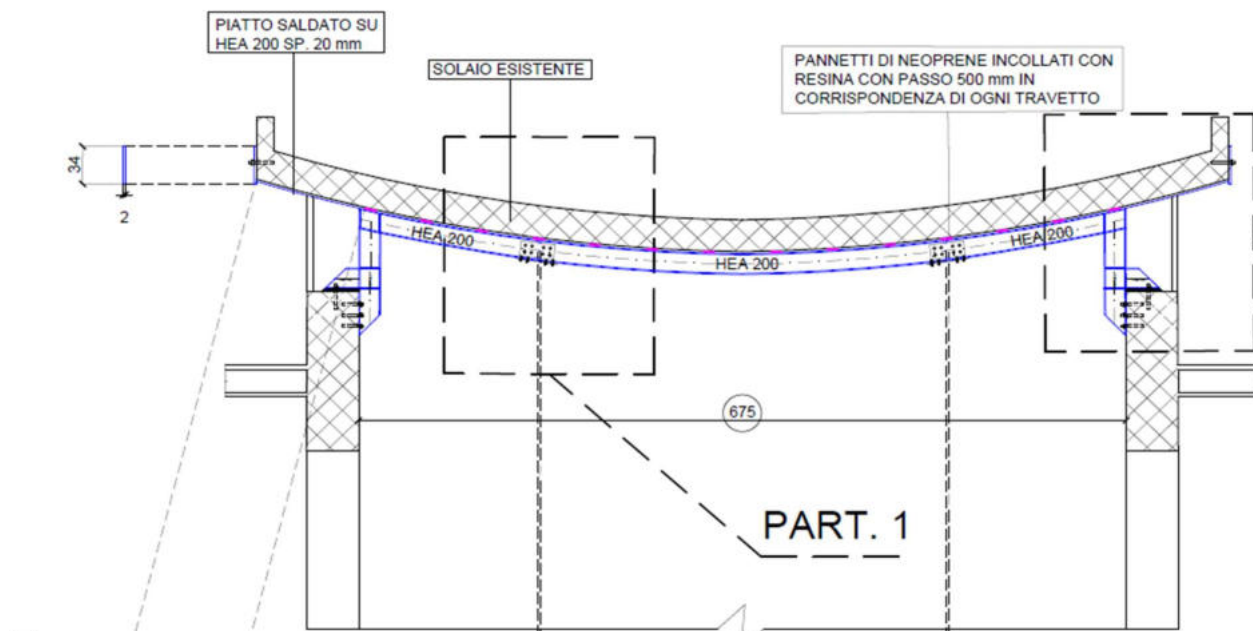
da una parte, irrigidire flessionalmente il singolo campo solaio con la conseguente variazione dello schema statico dei travetti di ogni lastra, che passa da schema appoggio-appoggio con luce di inflessione pari a un terzo alla lunghezza della campata, ad uno schema di trave continua su diversi appoggi, tanti quanti sono le travi (3 per ogni campo solaio, 9 per la singola copertura curva), provocando una ridistribuzione del diagramma del momento flettente con "smorzamento dei valori di picco" (nelle verifiche fare il discorso che il momento varia con il quadrato della lunghezza; dall'altro lato, e conseguenza di quanto detto sopra, la deformabilità a taglio, con conseguente effetto di "spanciamento" delle lastre, sarà contrastata dalla presenza delle travi, che andranno a "cucire" la zona di accostamento tra le lastre, fornendo monolicità all'intero solaio.

Quanto discusso è schematizzato nelle seguenti figure, dove vengono riportati lo stato di fatto e quello di progetto.

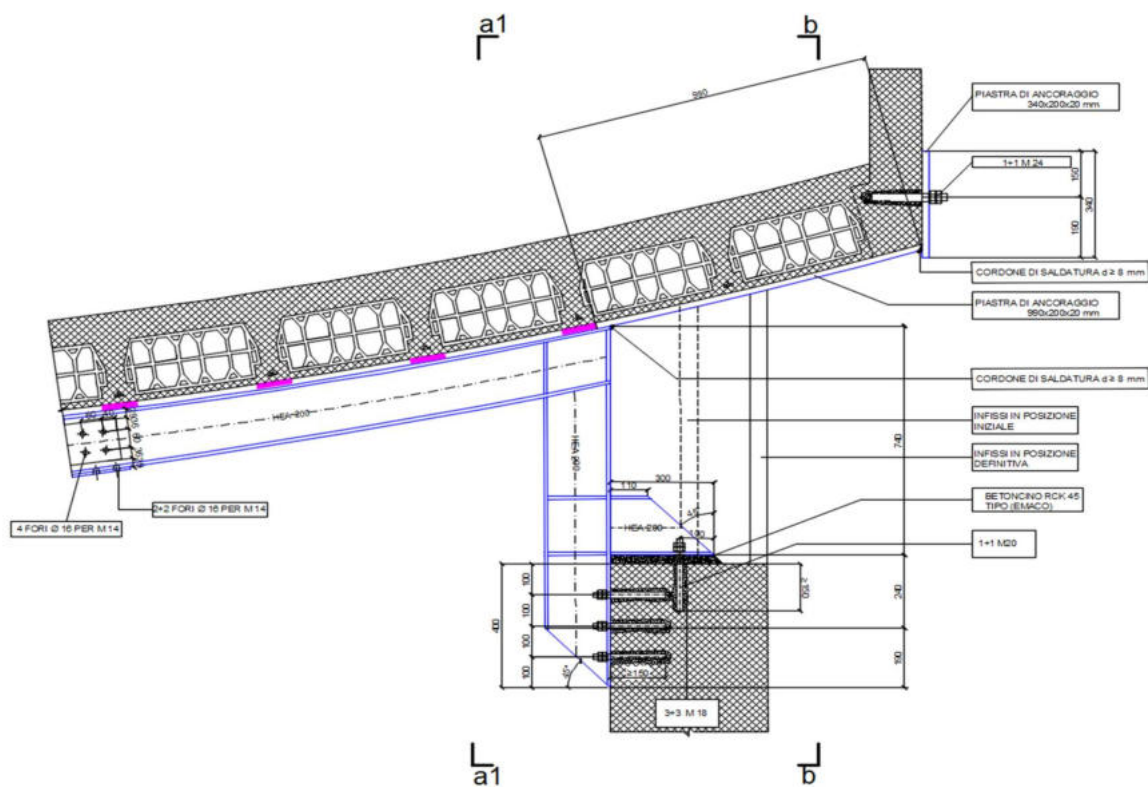


Pianta copertura – stato di fatto

Pianta copertura – stato di progetto - Coperture curve-



Consolidamento Coperture curve - Installazione travi metalliche HEA 200 –



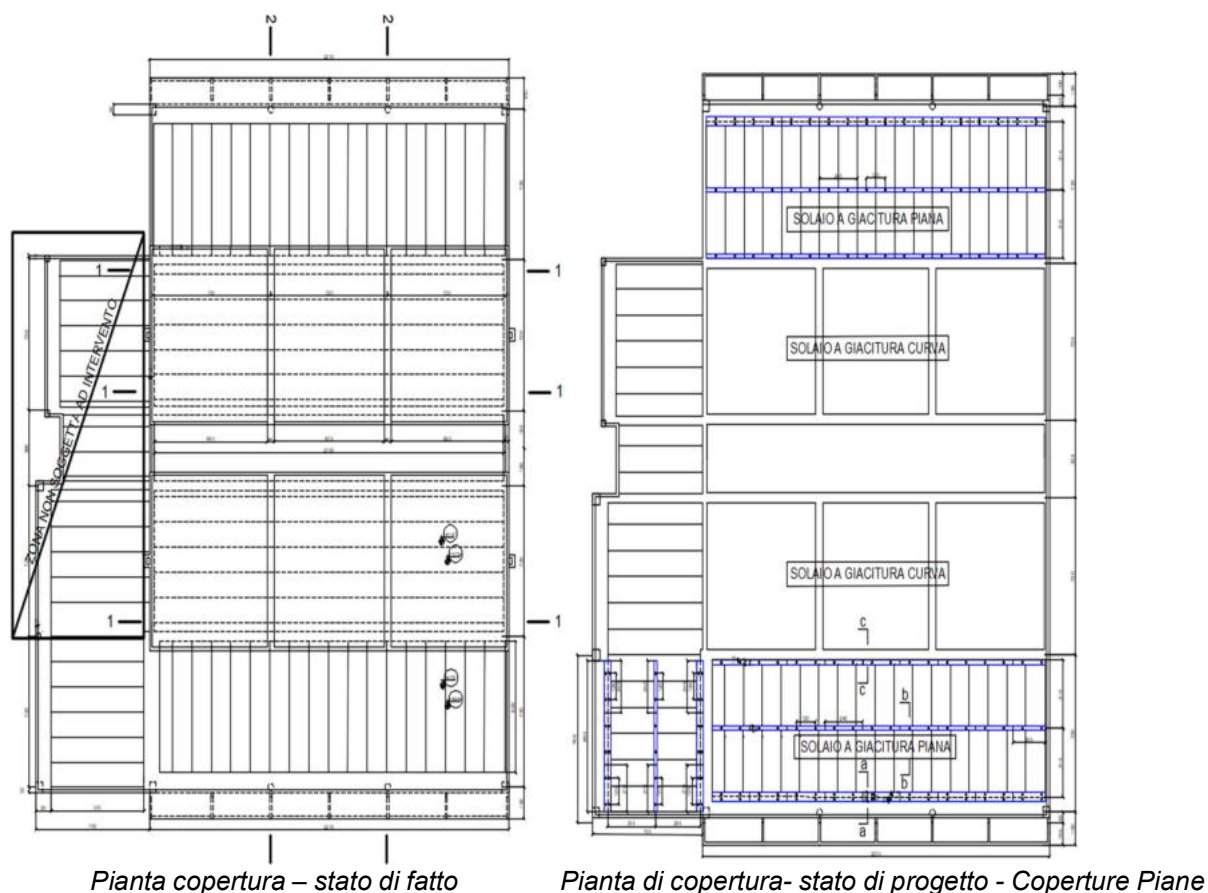
Consolidamento Coperture curve - Ancoraggio travi metalliche –

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

13.2 Interventi sulle coperture piane

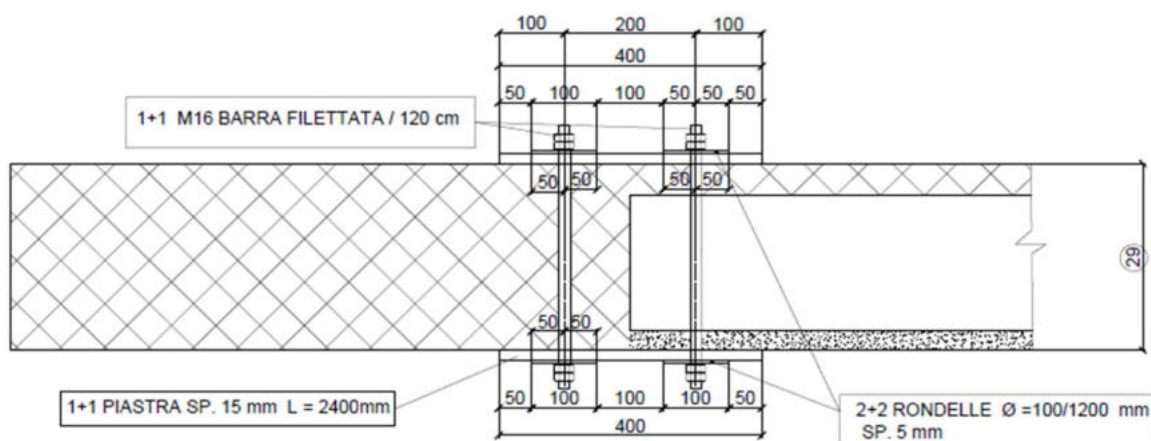
13.2.1 Scelta degli interventi per l' adeguamento statico delle coperture piane

Per quanto concerne i campi solaio delle coperture piane, che vengono a trovarsi in uno stato definito "mediocre" nella scala di classificazione eretta dalla Tecnoindagini srl per le diagnosi effettuate mediante SONISPECT, si è scelto un tipo di consolidazione statica differente rispetto a quella inerente alle coperture curve. L'intervento in questione prevede l'installazione di piastre metalliche in corrispondenza dell'intradosso e dell'estradosso del solaio, opportunamente fissate una con l'altra da unioni bullonate. Tali piastre, disposte perpendicolarmente all'orditura del tipo di solaio in questione, contrastano l'evolversi del fenomeno di "Sfondellamento", poiché rinforzano le zone di accostamento delle lastre, e vanno a "cucire" lo strato di calcestruzzo posto all'estradosso del pacchetto solaio, a rischio di distacco, con l'estradosso del solaio stesso. Quanto discusso è schematizzato nelle seguenti figure, dove vengono riportati lo stato di fatto e quello di progetto.



SEZ. a-a

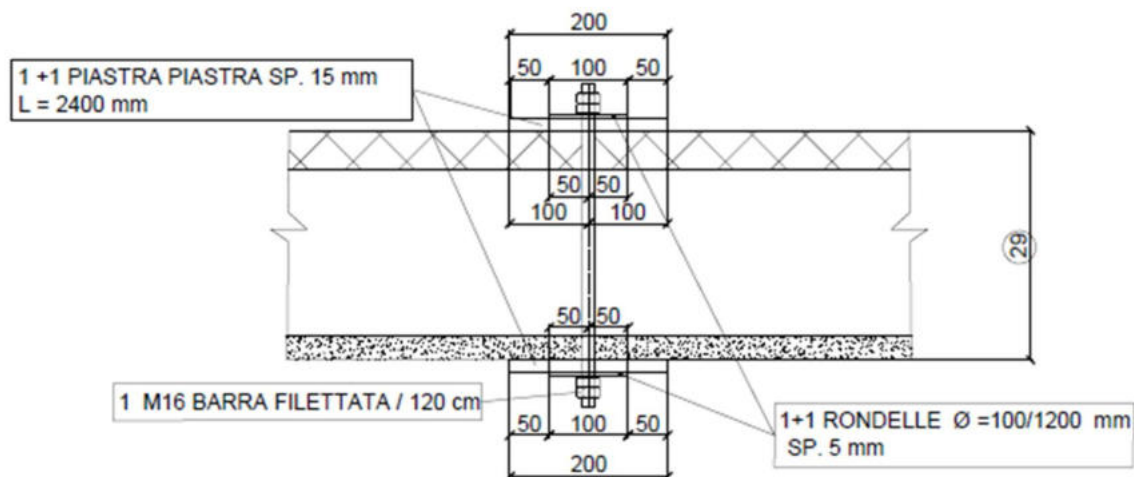
scala 1:10



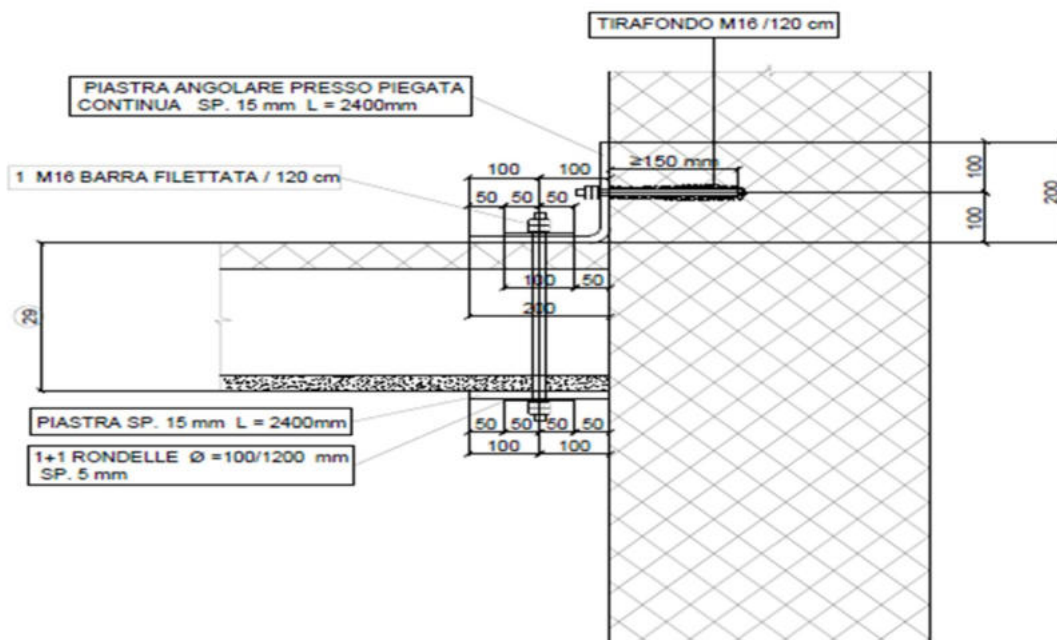
Intervento sulle coperture curve - Sezione perimetrale

SEZ. b-b

scala 1:10



Intervento sulle coperture curve – Sezione di mezzeria –



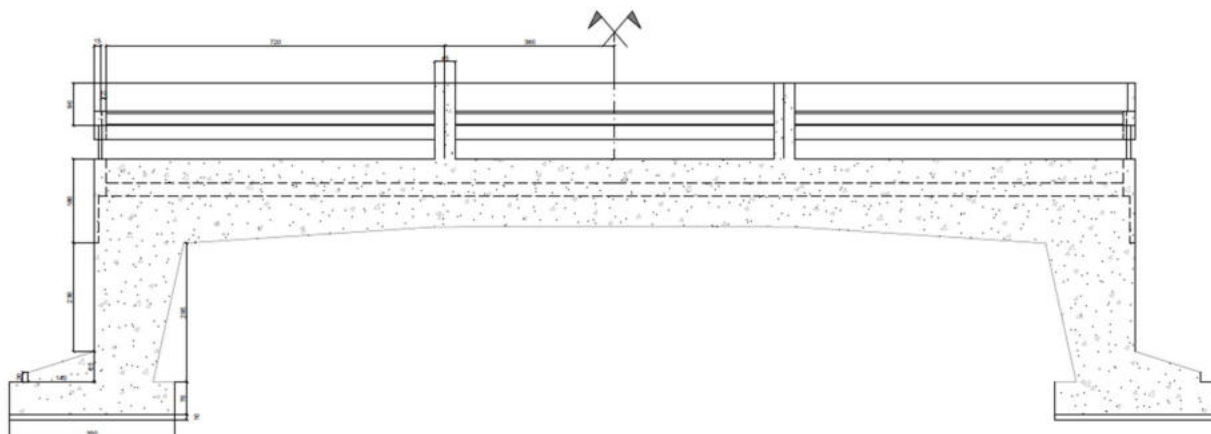
Intervento su coperture piane – Sezione interna

13.2.1 Rinforzo travi in c.a. tramite posa in opera di tessuti e lamine in FRP

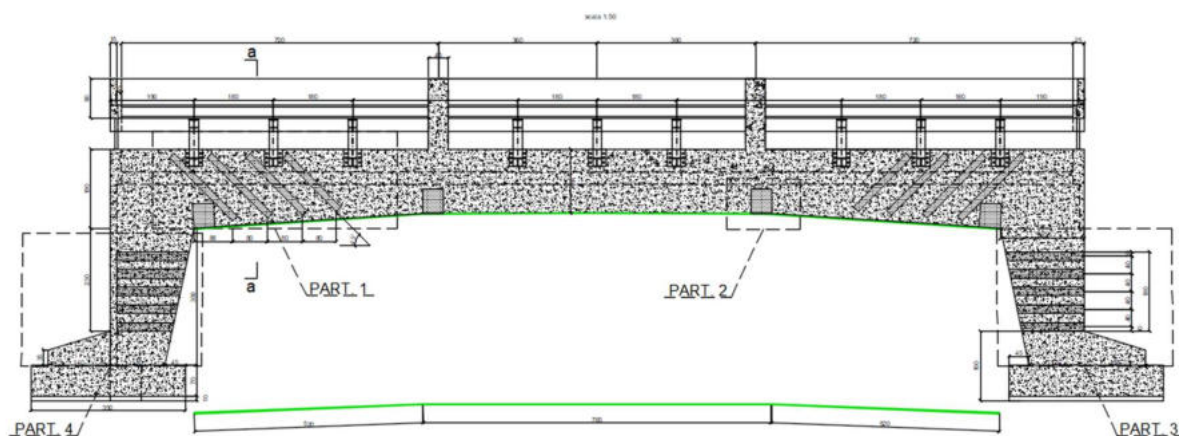
Alla luce delle verifiche statiche sopra riportate, si sono evidenziate le sezioni che non risultano essere idonee alla luce della normativa vigente, in quanto presentano un taglio resistente minore di quello di calcolo. Per scongiurare il possibile collasso, si è previsto in queste zone l'inserimento di fasce FRP atte ad aumentare il taglio resistente delle sezioni. Inoltre, il consolidamento delle coperture ha avuto come conseguenza una variazione dei carichi gravanti sui telai in c.a., i quali rappresentano l'ossatura portante delle coperture stesse, e che, dopo l'intervento di installazione delle travi metalliche, subiranno anche una variazione dello schema statico. Come si vedrà nel prossimo capitolo, i momenti e i tagli resistenti delle sezioni esistenti delle travate risultano essere maggiori dei rispettivi momenti e tagli agenti a seguito dell'intervento sulle coperture. Nonostante ciò, si è scelto di optare per un rinforzo delle travi in c.a. tramite tessuti e lamine in FRP anche nelle travi, prevedendo altri interventi futuri vista la presenza di fenomeni di degradabilità che colpiscono il calcestruzzo e le armature negli ambienti come quella in esame e che risultano evidenti fin da ora (per approfondimenti si rimanda alla relazione della "Tecnoindagini srl" in allegato). Sulla scia di come si è fatto precedentemente, si riporta lo stato di fatto e quello di progetto per il tipo di intervento accennato.

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



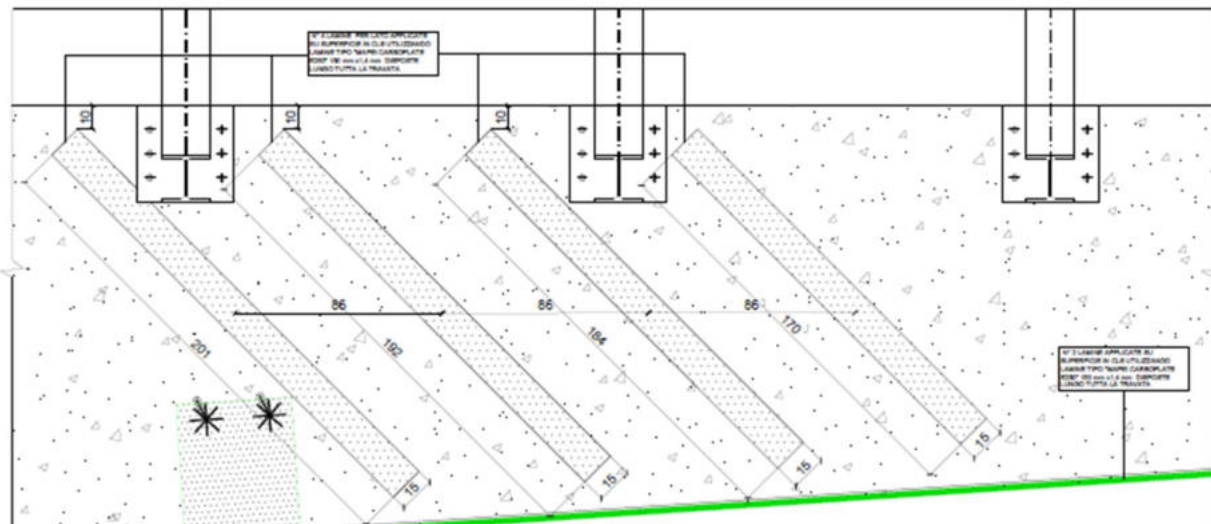
Telaio in c.a – Stato di fatto



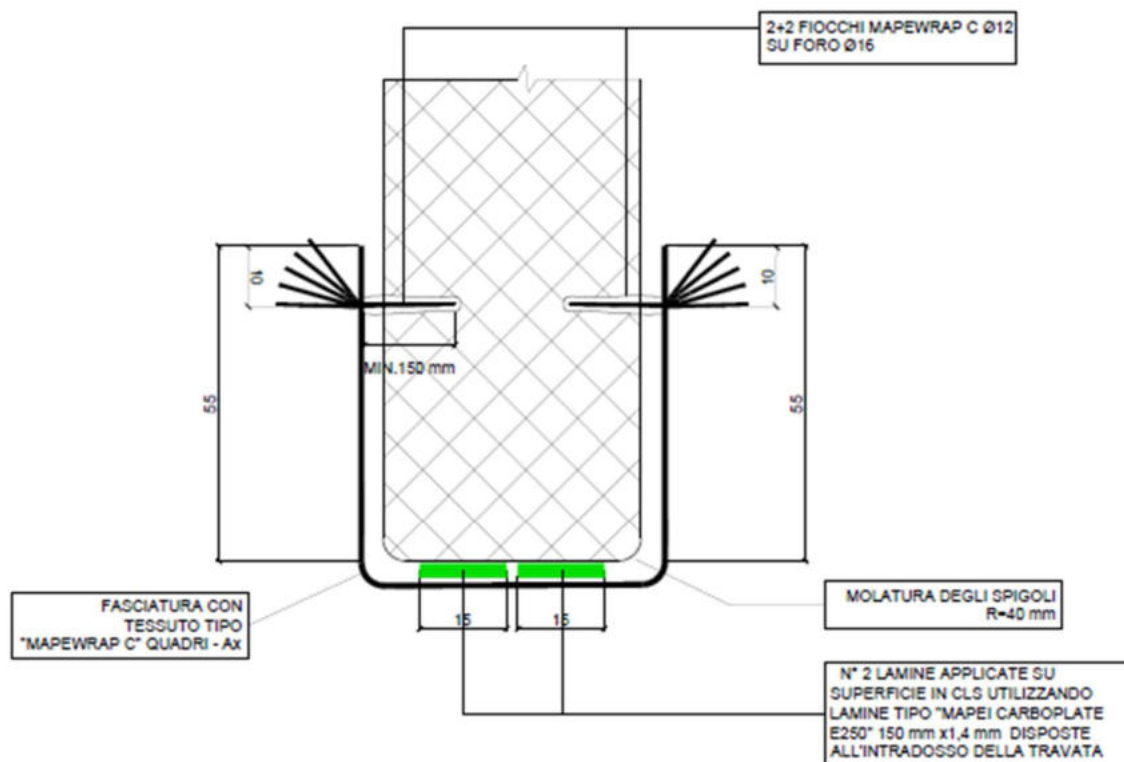
Telaio in c.a. - Stato di progetto -

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



Rinforzo a taglio flessione travi in c.a. – Posa lamine FRP-



Rinforzo a taglio flessione travi in c.a. – Posa tessuti FRP

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

14 ANALISI E VERIFICHE STATICHE POST-INTERVENTI

Si passano in rassegna, in questo capitolo, le verifiche eseguite a valle degli interventi di rinforzo statico dell'edificio; In particolare si passano in rassegna:

- Le verifiche post intervento dei solai, dopo l'installazione della carpenteria metallica
- Le verifiche delle sezioni rinforzate tramite materiale FRP. I calcoli vengono eseguiti tramite software di calcolo, in accordo con le "CNR-DT 200 r1/2013", laddove è possibile; qualora i limiti geometrici violino alcune prescrizioni riportate nel documento, i calcoli vengono effettuati considerando il materiale FRP come l'equivalente di staffe e armatura aggiuntiva da assegnare alle sezioni esistenti. Inoltre si riportano le verifiche eseguite per le travi metalliche installate all'intradosso delle coperture curve.
- Le verifiche delle sezioni dei profili metallici posti all'intradosso della copertura e dell'ancoraggio delle stesse in corrispondenza del cordolo in c.a.

14.1 Verifiche dei solai

Le verifiche post intervento dei solai non sono state eseguite in quanto superflue, alla luce dei risultati della prova di carico su piastra (su copertura curva) già riportati e dal fatto che le verifiche analitiche effettuate dalla "Tecnoindagini srl", come già spiegato, risultavano soddisfatte ancor prima di effettuare il rinforzo. Ad avallare tale scelta è la considerazione che il momento varia con il quadrato della lunghezza, ed avendo diminuito la luce di inflessione, in seguito all'installazione delle travi metalliche, risulterà a maggior ragione verificata.

14.2 Rinforzi tramite FRP travi e telai C.A.

L'intervento riguarda il rinforzo a taglio e a flessione di una trave in c.a. mediante applicazione di tessuti in composito tipo **MAPEWRAP C QUADRI-AX 380** della Mapei S.p.A. per il rinforzo a taglio e di **lamina** tipo **CARBOPLATE E 250** della Mapei S.p.A. per il rinforzo a flessione.

14.2.1.1 Normativa di riferimento

Il dimensionamento e le verifiche sono condotti in conformità a:

- *Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui al Decreto 17 gennaio 2018 e successive *Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni* di cui alla Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019;
- *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati* di cui al CNR DT 200 R1/2013.

14.2.1.2 Tipologia di rinforzo

Il rinforzo con sistema FRP è costituito da:

- **Lamina** in fibra di tipo **CARBOPLATE E 250** della Mapei S.p.A.;
- primer per il consolidamento delle superfici tipo **MAPEWRAP PRIMER 1** della MAPEI S.p.A.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

- stucco epossidico per la regolarizzazione del supporto e l'eventuale incollaggio del sistema FRP tipo MAPEWRAP 11/MAPEWRAP 12/MAPEWRAP 31T della MAPEI S.p.A.
- resina epossidica per l'incollaggio dei tessuti tipo MAPEWRAP 21/MAPEWRAP 31 della MAPEI S.p.A.
- tessuto in composito tipo **MAPEWRAP C QUADRI-AX 380** della Mapei S.p.A.

14.2.1.3 Caratteristiche meccaniche del rinforzo

lamina **CARBOPLATE E 250** per il rinforzo a flessione

Spessore equivalente t_f	1.4 mm
Tensione caratteristica di rottura $f_{f,uk}$	2400.0MPa
Modulo elastico E_f	250000.0MPa
Deformazione ultima ε_{fk}	0.95%
Numero di strati n_f	2.0
Larghezza b_f	150.0mm
Raggio di curvatura r_c	20 mm
Coefficiente di sicurezza FRP γ_f	1,1
Fattore di conversione ambientale η_a	I – 0.95
Condizione di carico	distribuito

tessuto **MAPEWRAP C QUADRI-AX 380** per il rinforzo a taglio

Spessore equivalente t_f	0.053 mm
Tensione caratteristica di rottura $f_{f,uk}$	3400.0MPa
Modulo elastico E_f	250000.0MPa
Deformazione ultima ε_{fk}	1.16%
Tipo di rinforzo	Discontinuo
Angolo di inclinazione delle fibre	90°
Numero di strati n_f	1
Larghezza b_f	200.0 mm
Passo strisce p_f	400.0 mm
Raggio di curvatura r_c	20 mm
Coefficiente di sicurezza FRP γ_f	1,1
Fattore di conversione ambientale η_a	I – 0.95

14.2.1.4 Dimensionamento del rinforzo

Seppur la maggior parte sono eseguite tramite software di calcolo, si riporta l'iter e le formule da utilizzare per il dimensionamento e la verifica delle sezioni con rinforzi FRP.

TAGLIO

DIMENSIONAMENTO DEL RINFORZO ALLO S.L.U.

Resistenza di progetto a taglio

$$V_{Rd} = \min\{V_{Rd,s} + V_{Rd,f}, V_{Rd,c}\}$$

dove:

$V_{Rd,s}$ è la capacità a taglio-trazione dell'armatura trasversale valutata come da normativa vigente

$V_{Rd,f}$ è la capacità a taglio-trazione del rinforzo in FRP

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

$V_{Rd,c}$ è la capacità a taglio-comprensione del calcestruzzo valutata come da normativa vigente
Contributo del rinforzo per sezione rettangolare

$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{fed} \cdot 2 \cdot t_f \cdot (\cot \theta + \cot \beta) \cdot \frac{b_f}{p_f}$$

Contributo del rinforzo per sezione circolare in avvolgimento continuo

$$V_{Rd,f} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot D \cdot f_{fed} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot t_f \cdot \cot \theta$$

dove:

$\gamma_{Rd} = 1,2$ è il coefficiente parziale per il modello di resistenza

d è l'altezza utile della sezione

D è il diametro della sezione

t_f è lo spessore del rinforzo

β è l'angolo di inclinazione delle fibre rispetto all'asse dell'elemento

θ è l'angolo di inclinazione delle fessure da taglio rispetto all'asse dell'elemento (da assumere pari a 45°)

b_f è la larghezza delle strisce (nel caso di rinforzo discontinuo $50 \text{ mm} \leq b_f \leq 250 \text{ mm}$)

p_f è il passo delle strisce (nel caso di rinforzo discontinuo $b_f \leq p_f \leq \min\{0,5 \cdot d, 3 \cdot b_f, b_f + 200 \text{ mm}\}$)

I valori di b_f e p_f devono essere misurati ortogonalmente alla direzione delle fibre e nel caso di strisce poste in adiacenza il rapporto deve porsi pari a 1.

Resistenza di calcolo del rinforzo per disposizione ad U su sezione rettangolare

$$f_{fed} = f_{fda} \cdot \left[1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{l_e \cdot \sin \beta}{\min\{0,9 \cdot d, h_w\}} \right]$$

Resistenza di calcolo del rinforzo per disposizione in avvolgimento su sezione rettangolare

$$f_{fed} = f_{fda} \cdot \left[1 - \frac{1}{6} \cdot \frac{l_e \cdot \sin \beta}{\min\{0,9 \cdot d, h_w\}} \right] + \frac{1}{2} \cdot (\emptyset_R \cdot f_{fd} - f_{fda}) \cdot \left[1 - \frac{l_e \cdot \sin \beta}{\min\{0,9 \cdot d, h_w\}} \right]$$

di cui il contributo del secondo termine va considerato solo se positivo

dove:

d è l'altezza utile della sezione

h_w è l'altezza dell'anima della trave

f_{fd} è la resistenza di progetto del rinforzo ed è pari a

$$f_{fd} = \eta_a \cdot \frac{f_{f,uk}}{\gamma_f}$$

$\emptyset_R$ è un coefficiente pari a

$$\emptyset_R = 0,2 + 1,6 \frac{r_c}{b_w}$$

$$0 \leq \frac{r_c}{b_w} \leq 0,5$$

l_e è la lunghezza efficace di calcolo ed è pari a

$$l_e = \min \left\{ \frac{1}{\gamma_{Rd} \cdot f_{bd}} \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E_f \cdot t_f \cdot \Gamma_{Fd}}{2}}; 200 \text{ mm} \right\}$$

dove:

E_f e t_f sono il modulo di elasticità normale alla direzione della forza e lo spessore del rinforzo

Γ_{Fd} è il valore di progetto dell'energia di frattura e pari a

$$\Gamma_{Fd} = \frac{k_b \cdot k_G}{FC} \cdot \sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm}}$$

dove:

f_{cm} e f_{ctm} sono i valori medi delle resistenze a compressione ed a trazione del calcestruzzo valutate in situ, in mancanza di dati sperimentali le resistenze possono essere dedotte dalla f_{cm} in accordo a quanto indicato dalle NTC

k_b è un coefficiente correttivo di tipo geometrico ed è pari a:

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

$$k_b = \sqrt{\frac{2 - \frac{b_f}{b}}{1 + \frac{b_f}{b}}} \geq 1$$

dove:

$b = p_f$ nel caso di rinforzo discontinuo

$b = b_f = \min\{0,9 \cdot d, h_w\} \cdot \sin(\theta + \beta) / \sin \theta$ nel caso di rinforzo continuo

con rapporto tra la larghezza del rinforzo e la larghezza dell'elemento rinforzato:

$$\frac{b_f}{b} \geq 0,25$$

k_G è un coefficiente correttivo da porsi pari a 0,023 mm per i compositi preformati e 0,037 mm per i compositi impregnati in situ

f_{bd} è pari a

$$f_{bd} = \frac{2 \cdot \Gamma_{Fd}}{s_u}$$

con $s_u = 0,25$ mm valore ultimo dello scorrimento tra FRP e supporto

$\gamma_{Rd} = 1,25$ fattore correttivo

f_{fdd} è la resistenza di progetto alla delaminazione ed è pari a

$$f_{fdd} = \frac{1}{\gamma_{f,d}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot E_f \cdot \Gamma_{Fd}}{t_f}}$$

con $\gamma_{f,d}$ variabile tra 1,20 e 1,50

Resistenza di calcolo del rinforzo per disposizione in avvolgimento ($\beta = 90^\circ$) su sezione circolare

$$f_{fed} = E_f \cdot \varepsilon_{f,max}$$

dove:

E_f è il modulo di elasticità normale del composito nella direzione delle fibre

$$\varepsilon_{f,max} = 5 \cdot 10^{-3}$$

RINFORZO A FLESSIONE

DIMENSIONAMENTO DEL RINFORZO ALLO S.L.U.

Ipotesi:

- ✓ Conservazione delle sezioni piane;
- ✓ Perfetta aderenza dei materiali;
- ✓ Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
- ✓ Legami costitutivi del calcestruzzo e dell'acciaio conformi alle normative vigenti;
- ✓ Legame costitutivo del composito elastico lineare fino a rottura.

La rottura per flessione avviene per raggiungimento di una delle due deformazioni ultime:

1. deformazione calcestruzzo

$$\varepsilon_{cu} = 0,035$$

2. deformazione del composito fibrorinforzato

$$\varepsilon_{fd} = \min \left\{ \eta_a \cdot \frac{\varepsilon_{fk}}{\gamma_f}; \varepsilon_{fdd} \right\}$$

dove:

$$\varepsilon_{fdd} = \frac{f_{fdd,2}}{E_f} \geq \varepsilon_{sy} - \varepsilon_0$$

dove:

ε_{sy} è la deformazione di calcolo dell'armatura pre-esistente

ε_0 è la deformazione pre-esistente all'applicazione del rinforzo in corrispondenza del lembo teso

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

$f_{fd,2}$ è la tensione massima di progetto ed è pari a

$$f_{fd,2} = \frac{k_q}{\gamma_{f,d}} \cdot \sqrt{\frac{E_f}{t_f} \cdot \frac{2 \cdot k_b \cdot k_{G,2}}{FC} \sqrt{f_{cm} \cdot f_{ctm}}}$$

dove:

$k_{G,2} = 0,10$ mm è un coefficiente correttivo

$k_q = 1,25$ per carichi distribuiti e $k_q = 1,00$ per carichi concentrati

Caso 1. Momento ultimo per raggiungimento della massima deformazione nel calcestruzzo
Deformazione composito

$$\varepsilon_f = \frac{\varepsilon_{cu}}{x} \cdot (h - x) - \varepsilon_0 \leq \varepsilon_{fd}$$

Deformazione calcestruzzo compresso

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{cu}$$

Deformazione acciaio in compressione

$$\varepsilon_{s2} = \varepsilon_{cu} \cdot \frac{x - c}{x}$$

Deformazione acciaio in trazione

$$\varepsilon_{s1} = \varepsilon_{cu} \cdot \frac{d - x}{x}$$

Se gli acciai sono in fase elastica, le tensioni di lavoro sono pari al prodotto tra la deformazione e il modulo elastico, altrimenti sono da assumere pari al limite di snervamento.

Caso 2. Momento ultimo per raggiungimento della massima deformazione nel composito
Deformazione composito

$$\varepsilon_f = \varepsilon_{fd}$$

Deformazione calcestruzzo compresso

$$\varepsilon_c = (\varepsilon_{fd} + \varepsilon_0) \cdot \frac{x}{h - x} \leq \varepsilon_{cu}$$

Deformazione acciaio in compressione

$$\varepsilon_{s2} = (\varepsilon_{fd} + \varepsilon_0) \cdot \frac{x - c}{h - c}$$

Deformazione acciaio in trazione

$$\varepsilon_{s1} = (\varepsilon_{fd} + \varepsilon_0) \cdot \frac{d - x}{h - x}$$

dove:

ε_0 è la deformazione pre-esistente all'applicazione del rinforzo in corrispondenza del lembo teso ed è pari a

$$\varepsilon_0 = \frac{M_0 \cdot (h - x_0)}{I_0 \cdot E_c}$$

dove:

asse neutro

$$b \frac{x_0^2}{2} + n_s \cdot A'_s \cdot (x_0 - c) - n_s \cdot A_s \cdot (d - x_0) = 0 \rightarrow x_0$$

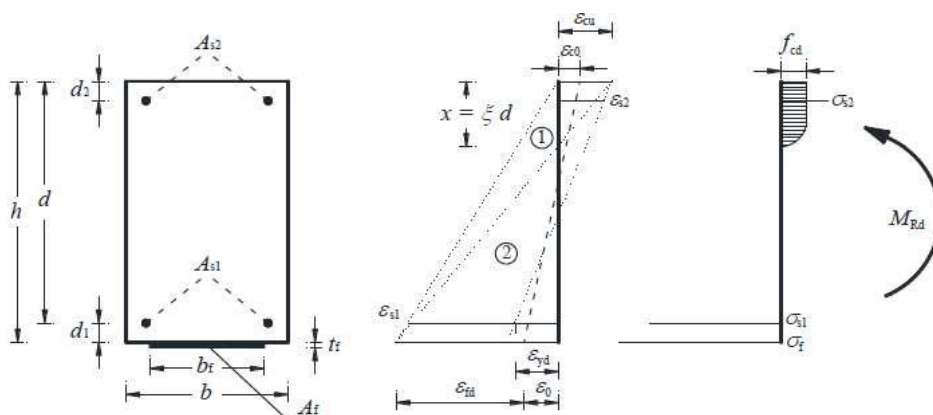
momento di inerzia

$$I_0 = b \frac{x_0^3}{3} + n_s \cdot A'_s \cdot (x_0 - c)^2 + n_s \cdot A_s \cdot (d - x_0)^2$$

dove:

M_0 è il momento iniziale agente prima dell'applicazione del rinforzo

E_c è il modulo elastico del calcestruzzo valutato come da NTC



Per entrambi i tipi di rottura, la posizione dell'asse neutro è ricavata dall'equilibrio alla traslazione ed è pari a

$$\Psi \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \varepsilon_{s2} \cdot E_s - A_{s1} \cdot \varepsilon_{s1} \cdot E_s - A_f \cdot \varepsilon_f \cdot E_f = 0$$

Dall'equilibrio alla rotazione si ottiene il valore del momento ultimo

$$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} [\Psi \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot (d - \lambda \cdot x) + A_{s2} \cdot \varepsilon_{s2} \cdot E_s \cdot (d - c) + A_f \cdot \varepsilon_f \cdot E_f \cdot c]$$

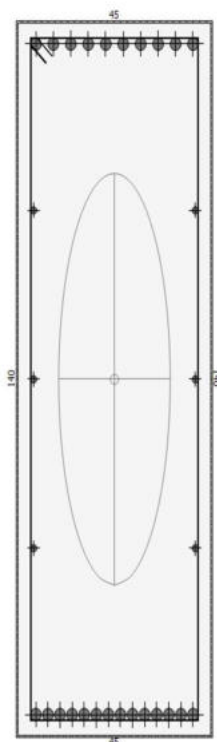
Con $\gamma_{Rd} = 1,00$, $\Psi = 0,809$ e $\lambda = 0,416$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

Si riducono le armature longitudinali di 1 diametro per effetti di ammaloramento e corrosione. Si considerano quindi 10 $\varnothing$ 25 + 14 $\varnothing$ 25, 6 $\varnothing$ 14 interni e staffe $\varnothing$ 8/20cm con 2 bracci in y e 4 in x.

Al piede del pilastro, l'azione massima in combinazione SLU con neve massimizzata:

- N_{ed} = 1242 KN
- V_{ed_x} = 33 KN
- M_{ed_x} = 106 KNm
- V_{ed_y} = 687 KN
- M_{ed_y} = 23 KNm

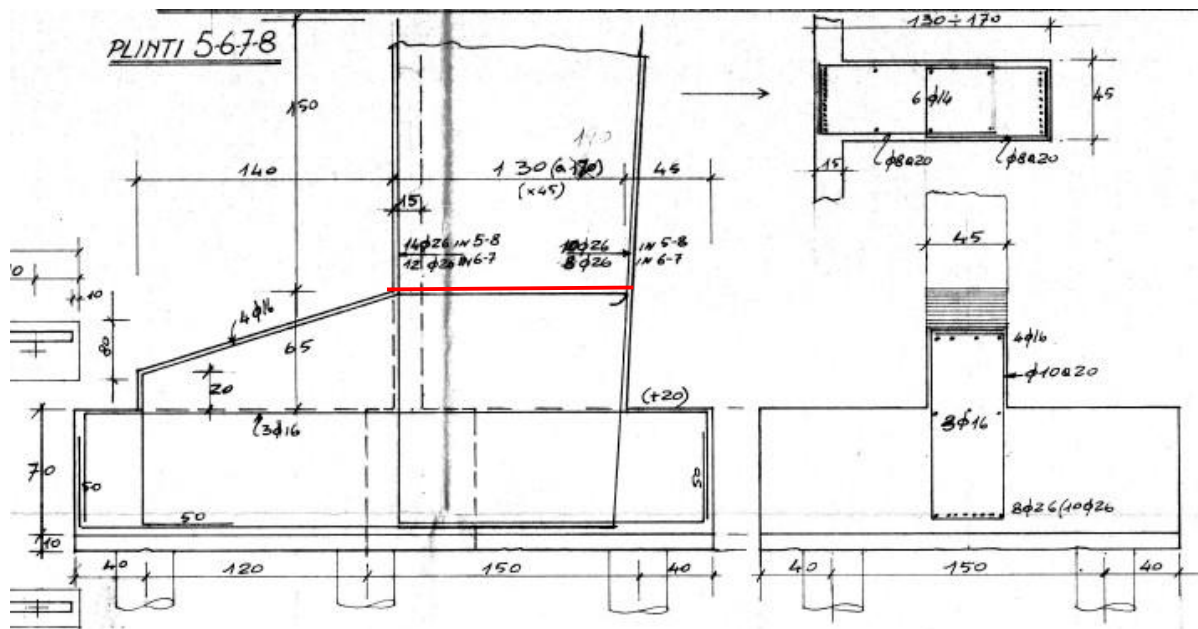


SLU		
	A	B
N [N]	-1.243.000	0
Mx [N m]	106.000	106.000
My [N m]	23.000	23.000
Tx [N]	33.000	33.000
Ty [N]	687.000	687.000
Mt [N m]	0	0
Descrizione	Su_Neve_	Su_Neve_
Pressurata		
Placcaggio FRP		
TAGLIO		
VRd,s	N	560.568
VRd,f	N	276.939
VRd,s + VRd,f	N	837.507
Incremento	%	49
Dettagli costruttivi		
CRITERIO STATICO		
Armatura longitudinale		
A _{tesa Min}	cm ²	18,90
A _{Max}	cm ²	252,00
Staffe		
Ø min	mm	6
Passo campata	cm	16,8
Passo appog...	cm	16,8

Il taglio resistente complessivo, somma del taglio resistente dovuto alla sola armatura trasversale e a quello dovuto all'installazione del materiale FRP, è pari a $V_{rd} = 837,6$ KN, risultando, adesso, verificata.

14.3.2 Verifica al piede Pilastro 5 – Sezione a T

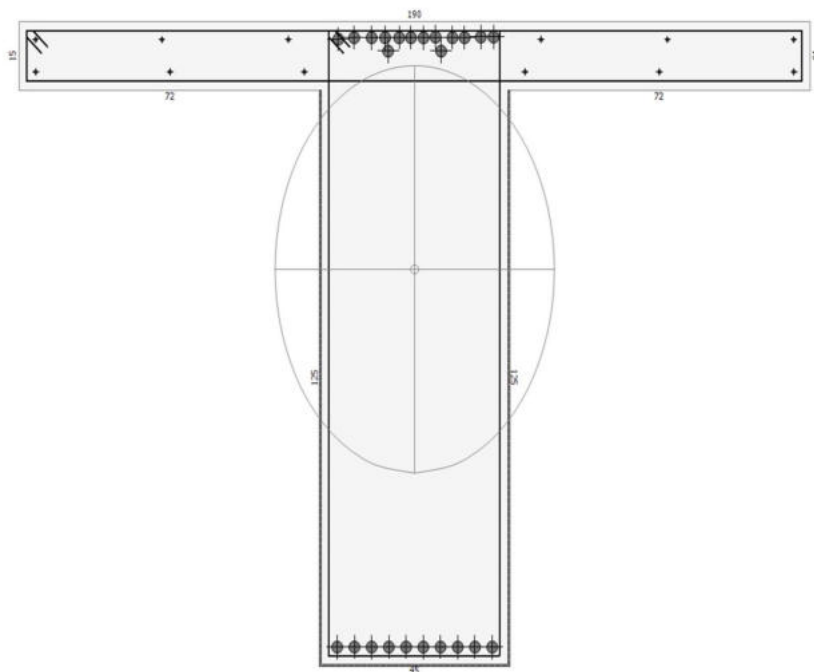
Si riporta inquadramento elemento oggetto di verifica per una miglior comprensione.



- $N_{ed} = 1020 \text{ KN}$
- $V_{ed_x} = 33 \text{ KN}$
- $M_{ed_x} = 0 \text{ KNm}$
- $V_{ed_y} = 660 \text{ KN}$

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

- $M_{ed,y} = 0 \text{ KNm}$



	A	B	C	D	E
N [N]	-1 020 000				
Hx [N m]	0				
Hy [N m]	0				
Tx [N]	33 000				
Ty [N]	660 000				
Mx [N m]	5 000				
Descrizione					
Pressatura					
Placcaggio FRP					
TAGLIO					
VRd,s		N		563 705	
VRd,f		N		204 881	
VRd,s + VRd,f		N		768 586	
Incremento		%		36	
Dettagli costruttivi					
CRITERIO STATICO					
Armatura longitudinale					
A bsa Min		cm²		25,43	
A Max		cm²		339,00	
Staffe					
Ø min		mm		6	
Passo campata		cm		9,6	
Passo appoggio		cm		9,6	

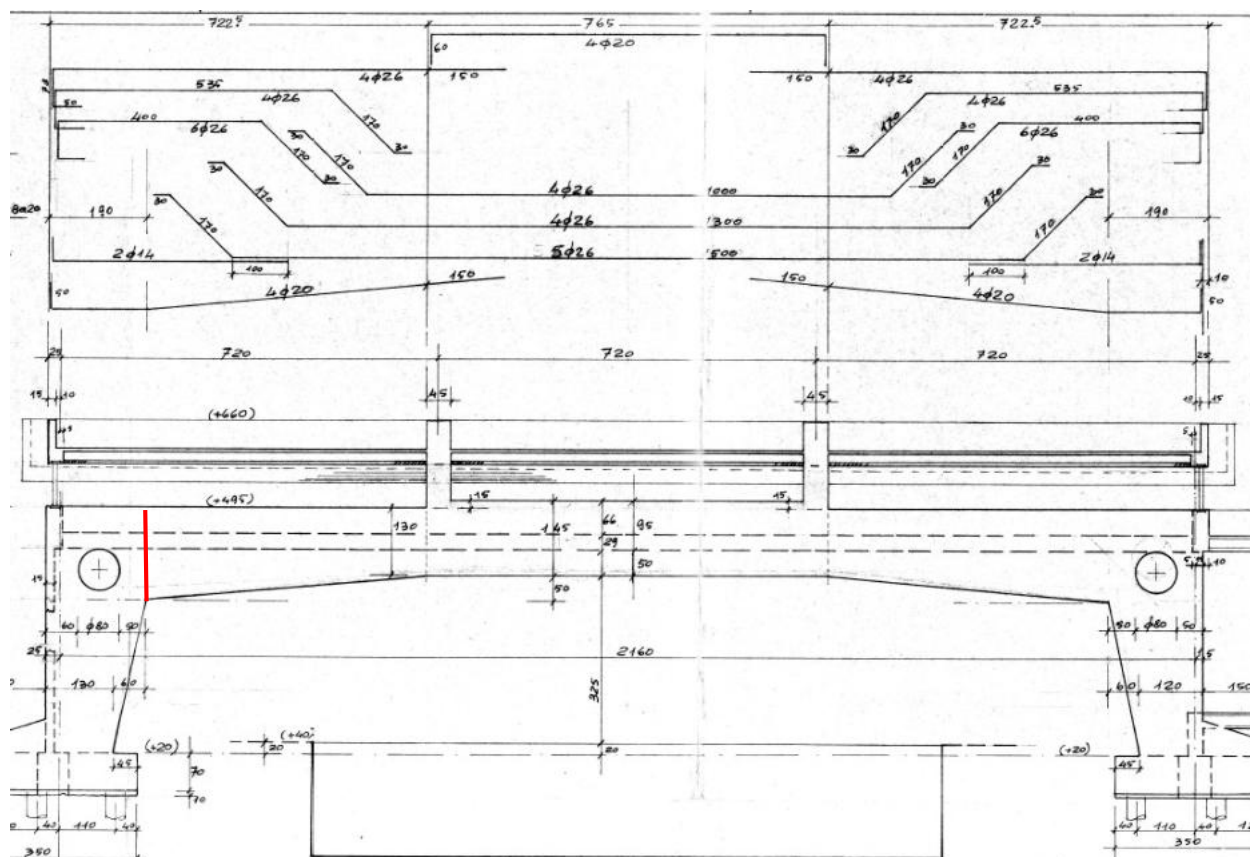
Il taglio resistente complessivo , somma del taglio resistente dovuto alla sola armatura trasversale e a quello dovuto all'installazione del materiale FRP , è pari a $V_{rd} = 768,6 \text{ KN}$, risultando, adesso, verificata.

14.3.3 Verifica in appoggio: Sezione 45x180cm

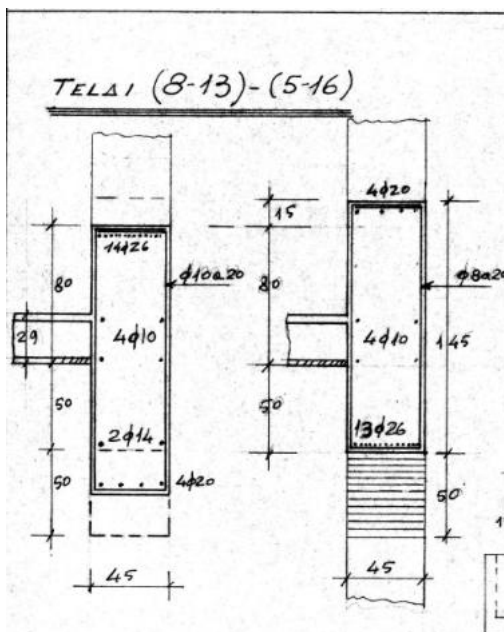
Si riporta inquadramento elemento oggetto di verifica per una miglior comprensione.

GBRG ENGINEERING srl
 Sede Legale: Via Togliatti 54
 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d
 20080 Zibido S. Giacomo (MI)
 Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38
giuseppe.giunta@gbrg.it
www.gbrg.it

COMUNE DI TREZZANO S/N (MI)
 Settore Lavori Pubblici e Territorio
 Via IV Novembre, 2 20090
 Trezzano sul Naviglio (MI)
 RUP Geom. Manuel Rosato
mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it



Dettagli costruttivi come da progetto originario e punto verifica in appoggio



Dettagli costruttivi come da progetto originario

Si riducono le armature longitudinali di 1 diametro per effetti di ammaloramento e corrosione.

Si considerano quindi 14φ25 superiori + 4 φ19 e 2 φ13 inferiori, staffe φ10/20cm con due bracci in y e 2 in x. Per brevità non si considerano le armature longitudinali interne alla sezione.

La verifica è condotta tramite un file "exel" che segue pedissequamente la procedura di calcolo secondo le CNR e riportata in precedenza (per il significato dei simboli riportati si rimanda, quindi, al paragrafo precedente). In prossimità dell'appoggio della trave le azioni massime, desunte dal modello FEM, in combinazione SLU con neve massimizzata sono:

- $V_{ed,y} = 787 \text{ KN}$
- $M_{ed,x} = -2330 \text{ KNm}$

Si riporta uno stralcio del file di cui sopra:

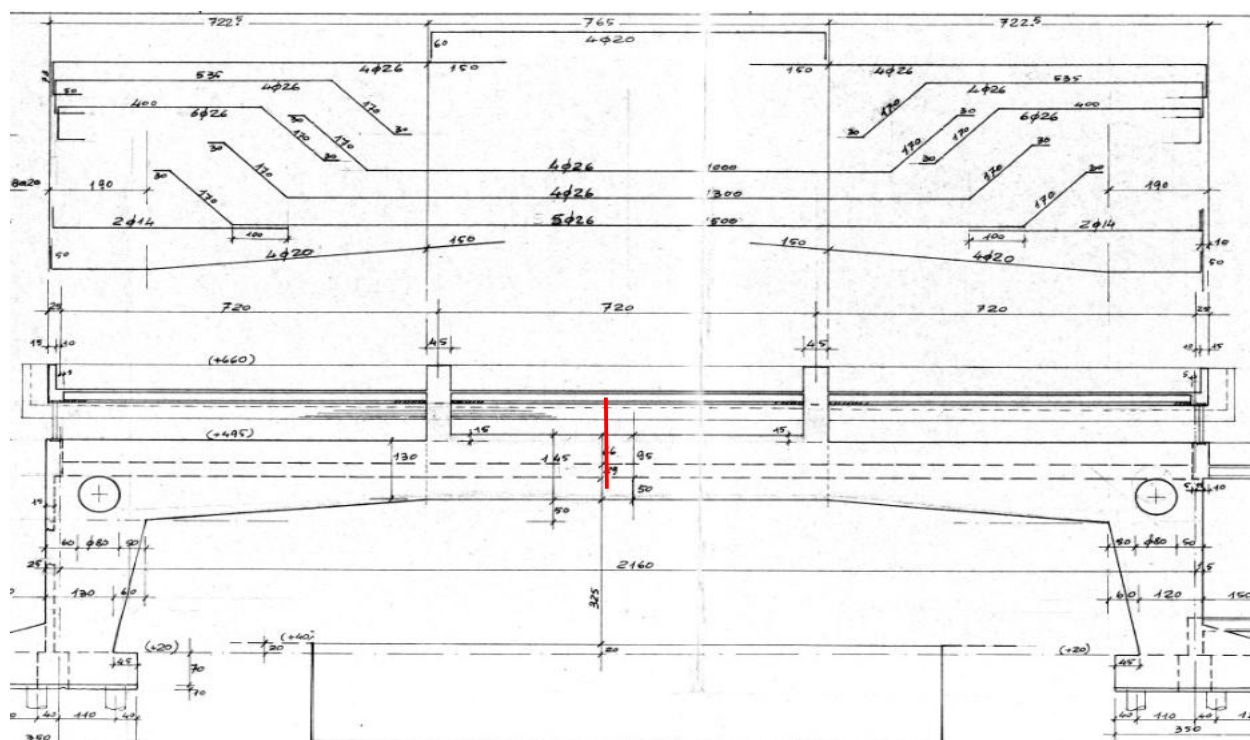
kg	k _b	f _{cm} [MPa]	f _{ctm} [MPa]	energia_frattura	τ _{fd}	f _{bd}	f _{dd}	le	f _{fed}	V _{rd} f [KN]
0,037	0,30532	40	3,508821286		0,133834377	1,07067502	145,7516792	200	137,5721553	788,4298549

Da come si evince, il contributo dovuto alle FRP si traduce in un taglio resistente pari a

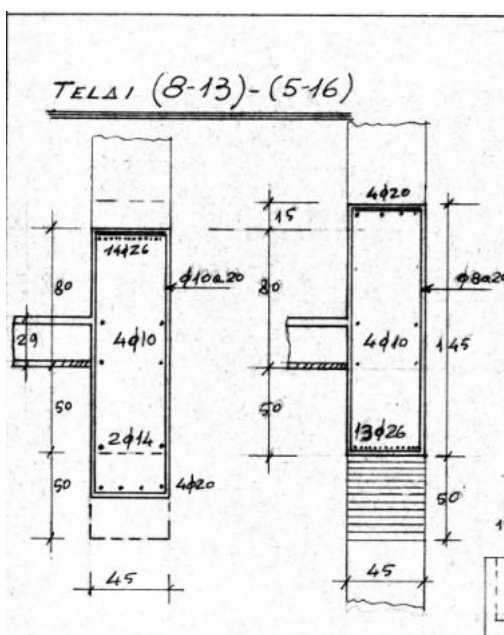
$V_{rd,y,frp} = 788,5 \text{ KN}$; quindi, in definitiva, il taglio resistente della sezione risulta pari a $V_{rd,y} = 1575.5 \text{ KN}$.

14.4 Verifica a flessione delle sezioni post-intervento

14.4.1 Verifica in mezzeria: Sezione 45x130cm



Dettagli costruttivi come da progetto originario e punto verifica in appoggio



Dettagli costruttivi come da progetto originario

Si riducono le armature longitudinali di 1 diametro per effetti di ammaloramento e corrosione.
 Si considerano quindi 13φ25 inferiori + 4 φ19 superiori, staffe φ8/20cm con due bracci in y e 2 in x.
 Per brevità non si considerano le armature longitudinali interne alla sezione.

In prossimità della mezzeria della trave le azioni massime, desunte dal modello FEM, in combinazione SLU con neve massimizzata sono:

- $M_{ed,x} = 1580 \text{ KNm}$;
- Taglio nullo

La verifica viene condotta tramite il software "FRP".

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

FRPsoftware: calcolo_mezzeria_post

File Coefficienti Aiuto

Flessione Taglio Confinamento

☐ CA ☒ FRP M_{Ed}^+ ☒ ANCORAGGIO EP

Geometria

Rettangolare

w_i [mm] h_i [mm]

450 1.300

a [mm]

l [mm]

Rinforzo Acciaio

N° strati di barre 2

n_k	ϕ_k [mm]	d_k [mm]	A_k [mm ²]
4	19	20	1.134
13	25	1.280	6.381

f_{yk} [MPa] 430

E_s [MPa] 200000

γ_s 1.15

Rinforzo FRP

Laminato CFK 250/2000

w_f [mm] 300

n_f 1

t_f [mm] 1.4

E_f [MPa] 250000.0

ϵ_{fk} 0.0092

$\gamma_{f,d}$ 1.35

γ_f 1.10

η_a 0.95

FC 1.00

Carico distribuito

Calcestruzzo

f_{ck} [MPa] 32

γ_c 1.50

Parametri di Progetto

CNR-DT 200 R1/2013

k_b 1.000

Γ_{Fk} [N/mm] 0.407

l_e [mm] 200.0

f_{fdd} [MPa] 282.38

$f_{fdd,2}$ [MPa] 580.29

ϵ_{fdd} [MPa] 0.00232

ϵ_{fd} 0.00232

Risultati

x [mm] 463.1

σ_c [MPa] -17.61

σ_s [MPa] -317.81

ϵ_c 0.00232

M_{Rd} [kNm] 2803.14

$M_{Rd,s}$ [kNm] 2980.00

$M_{Rd,s}/M_{Rd}$ 6.31%

Sezione

Carico Applicato

Momento Agente

M_0 [kNm] 1000

M_{Ed} [kNm] 1580

Campo 1: collasso per distacco intermedio

Nel riquadro in blu, in figura, sono riportati il momento resistente pre- intervento M_{rd_x} , il momento resistente post-intervento $M_{rd_x,s}$ e il rapporto $M_{rd_x,s} / M_{rd_x}$.

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

14.4.2 Consolidamento solai a giacitura concava

In seguito, si riportano le verifiche dei profili metallici posti all'intradosso dei solai curvi e delle piastre di ancoraggio delle stesse in corrispondenza dei cordoli in c.a.

14.4.2.1 Analisi dei carichi

Nell'eseguire tali verifiche, si sono adoperati i seguenti valori dei carichi:

- Peso proprio solaio $G_{1,k} = 350 \text{ Kg/m}^3$;
- Peso proprio carpenteria $G_{1,k} = 40 \text{ Kg/m}^3$
- Peso non strutturale $G_{2,k} = 150 \text{ Kg/m}^3$;
- Carico Neve $Q_{k,neve} = 120 \text{ Kg/m}^3$;
- Sovraccarico Neve $Q_{k,neve} = 120 \text{ Kg/m}^3$;

14.4.2.2 Combinazione di carico allo SLU

La combinazione di carico utilizzata per la verifica della carpenteria è quella fondamentale, dove viene massimizzata l'azione della neve

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

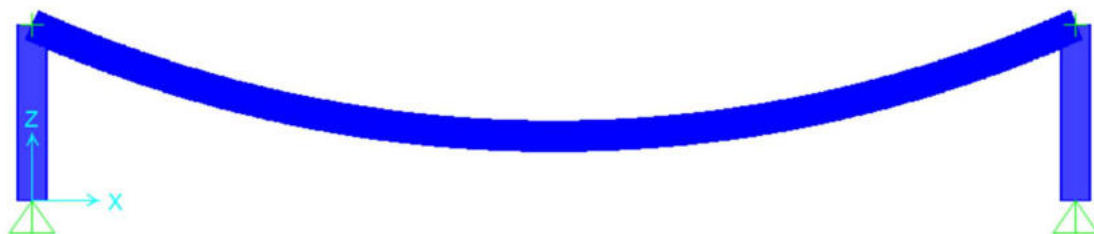
– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

14.4.2.3 Modellazione

Il modello di calcolo è stato eseguito con l'ausilio del software "SAP 2000"; il telaio formato dalla trave curva e i montanti è stato modellato con elementi "frame"; per quanto concerne i vincoli, la piastra di ancoraggio della trave è stata modellata come un carrello, mentre il collegamento montante- trave in c.a. è stato assimilato ad una cerniera. Si riporta una figura per chiarire quanto detto:

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--



Modellazione telaio in carpenteria metallica (profili HEA 200).

14.4.2.4 Verifiche a flessione

Si riporta la verifica a flessione delle sezioni di mezzzeria e in corrispondenza dell'appoggio, per la struttura di cui sopra, eseguita con l'ausilio del software "Profili". Le azioni ,fornite da SAP 2000, sono le seguenti:

- $M_{ed,y,mezzzeria} = 3,26 \text{ KNm}$
- $M_{ed,y,appoggio} = 5,14 \text{ KNm}$

I momenti resistenti sono forniti dal software suddetto di cui si riporta la schermata riassuntiva:

Doppio T Laminati - F1 per aiuto

File Tipo Profilo Collegamenti Giunto Flangiato AcciaioClis Normativa: NTC ?

☐ IPE ☐ IPN ☐ HEAA ☐ HL
☒ HEA ☐ IPEA ☐ HEX ☐ UB
☐ HEB ☐ IPEO ☐ HD ☐ UC
☐ HEM ☐ IPEX ☐ HP ☐ W

Ordina per
☒ Wy
☐ ly
☐ g

Acciaio: S275 (Fe430) fy (N/mm2): 275 fu: 430

Lunghezze di libera inflessione [m]
 I_{0y} : 0 I_{0z} : 0

N_{Sd} [kN]: 0

Aggiorna Tabella

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 100 A	16,7	96	100	5,00	8,00	12,00
HE 120 A	19,9	114	120	5,00	8,00	12,00
HE 140 A	24,7	133	140	5,50	8,50	12,00
HE 160 A	30,4	152	160	6,00	9,00	15,00
HE 180 A	36,0	171	180	6,00	9,50	15,00
HE 200 A	42,3	190	200	6,50	10,00	18,00
HE 220 A	50,5	210	220	7,00	11,00	18,00

HE 200 A

$N_{bg,Rd}$ [kN]: 1 410 $M_{cy,Rd}$ [kNm]: 112,5
 $N_{bz,Rd}$ [kN]: 1 410 $M_{oz,Rd}$ [kNm]: 53,38
 $V_{ply,Rd}$ [kN]: 273,4 $V_{plz,Rd}$ [kN]: 604,8

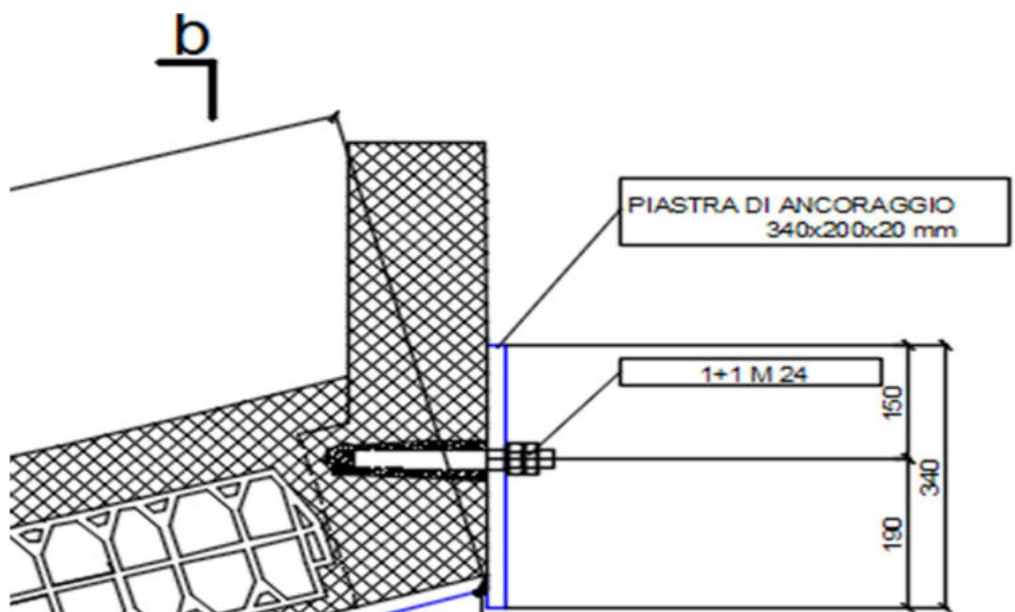
g (Kg/m): 42,3
h (mm): 190 r2 (mm): 0
b (mm): 200 A (cm2): 53,83 iy (cm): 8,28 iz (cm): 4,98
tw (mm): 6,5 Iy (cm4): 3 692 Iz (cm4): 1 336 It (cm4): 20,98
tf (mm): 10 Wy (cm3): 388,6 Wz (cm3): 133,6 Iw (cm6): 108 000
r1 (mm): 18 Wpl,y (cm3): 429,5 Wpl,z (cm3): 203,8

Classe Sezione
Compressione: 2
Flessione My: 2
Flessione Mz: 2
Presso-Flessione: 2

Verifiche

14.4.2.5 Verifiche piastre di ancoraggio

In questa sezione si riporta la verifica della piastra di ancoraggio (e dei bulloni) per le travi metalliche, effettuata tramite l'ausilio del software "profil"; Per maggiore chiarezza, si evidenzia nella figura seguente l'oggetto in questione



Piastra di ancoraggio per le travi metalliche

Resistenza di progetto dei bulloni - EC3 (edizione 1992) #6.5.5.

Classe bullone: 10.9 diametro d: 24 f_{yb}: 900 f_{ub}: 1000 N/mm²

☒ Sezione filettata ☐ Sezione lorde

Area: 353,0 mm²

Resistenza a taglio (per piano di taglio): F_{v,Rd}: 141,2 kN

Resistenza a trazione: F_{t,Rd}: 254,2 kN

Taglio e Trazione - EC3 #6.5.5.(5)

F_{v,Sd}: 13,4 F_{t,Sd}: 4,1 kN

$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1.4 F_{t,Rd}} = 0,095 + 0,012 = 0,106$ OK

Rifollamento

Acciaio: S275 (Fe430) f_u: 430 N/mm²

spessore t: 20 mm

diametro foro d_o: 26 mm

distanze bordo e₁: 150 e₂: 60

passo p₁: 150 p₂: 80

α: 1

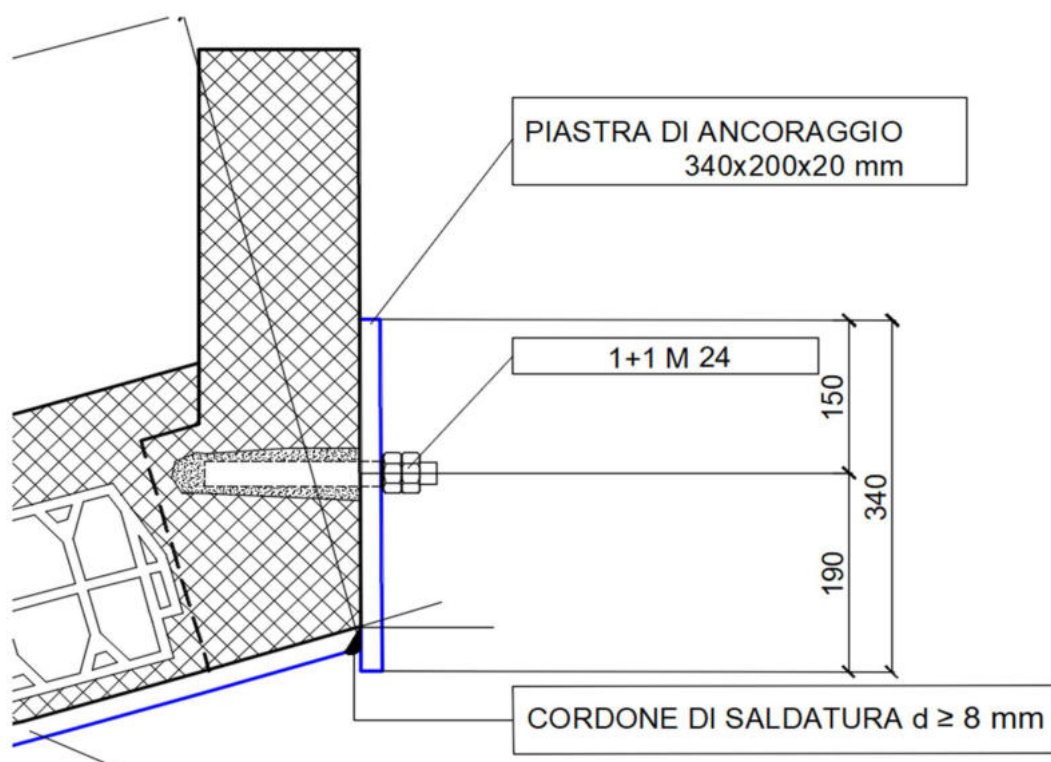
Resistenza a rifollamento F_{b,Rd}: 412,8 kN Osservazioni

Verifiche piastra di ancoraggio e bulloni

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

14.4.2.6 Verifica saldatura tra piastre di ancoraggio

Si riporta la verifica della saldatura che unisce i due pezzi che vanno a comporre la piastra di ancoraggio delle travi metalliche. Per maggiore chiarezza, si riporta uno stralcio di disegno per individuare la saldatura in esame:

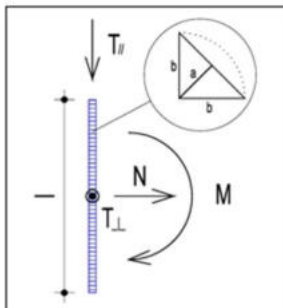


Le verifiche sono quelle riportate nelle NTC 18. Si riporta il foglio di calcolo "exel" utilizzato per tale verifica:

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
---	---

Sollecitazioni	
N (N)	13244,59281
T _{II} (N)	0
T _I (N)	4536,602398
M (Nmm)	0

Dati saldatura	
Acciaio	S235
b (mm)	8
l (mm)	200
n° cordoni	1
γ _{M2}	1,25
a (mm)	5,66



f _{yk} (N/mm ²)	235
f _{tk} (N/mm ²)	360

Acciaio	f _{yk} (N/mm ²)	f _{tk} (N/mm ²)	β _w	β ₁	β ₂
S235	235	360	0,8	0,85	1
S275	275	430	0,85	0,7	0,85
S355	355	510	0,9	0,7	0,85
S450	440	550			
S235 N/NL	275	390			
S355 N/NL	355	490	0,9		
S420 N/NL	420	520	1	0,62	0,75
S460 N/NL	460	540	1	0,62	0,75
S235 M/M/L	275	370			
S355 M/M/L	355	470	0,9		
S420 M/M/L	420	520	1		
S460 M/M/L	460	540	1		
S235 W	235	360	0,8		
S355 W	355	510	0,9		

Verifica con formula 4.2.82

$$F_{w,Ed}/F_{w,Rd} \leq 1 \text{ con } F_{w,Rd} = a \cdot f_{tk} / (\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2})$$

β _w	0,8
f _{w,Ed} (N/mm ²)	207,846
F _{T,II} (N/mm)	0,000
F _{T,I} (N/mm)	22,683

F _{T,TOT} (N/mm)	22,683
F _{I,N} (N/mm)	66,223
F _{I,M} (N/mm)	0,000
F _{I,TOT} (N/mm)	66,223

F _{w,Ed} (N/mm)	70,000
F _{w,Rd} (N/mm)	1175,755

S/R	OK
0,060	

Verifica con formula 4.2.84 e 4.2.85

$$\sqrt{(n_1^2 + t_1^2 + t_{II}^2)} \leq \beta_1 \cdot f_{yk}$$

$$|n_1| + |t_1| \leq \beta_2 \cdot f_{yk}$$

β ₁	0,85
β ₂	1
t _{II} (N/mm ²)	0,0000
t _I (N/mm ²)	4,0098

n _{I,N} (N/mm ²)	11,7067
n _{I,M} (N/mm ²)	0,0000
n _I (N/mm ²)	11,7067

√(n ₁ ² + t ₁ ² + t _{II} ²)	12,3744
β ₁ · f _{yk}	199,7500

S/R	OK
0,06	

n ₁ + t ₁	15,7165
β ₂ · f _{yk}	235,0000

S/R	OK
0,07	

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

15 CONCLUSIONI DI PROGETTO

15.1.1 *Riesame delle procedure effettuate*

Lo scopo del seguente lavoro è stato quello di adeguare staticamente, in virtù della normativa cogente, la struttura in esame, ed in particolare, le coperture della stessa, a valle delle problematiche riscontrate da indagini effettuate e dalle analisi e verifiche riportate nella relazione ““VULNERABILITA' SISMICA_PISCINA TREZZANO SN (MI)_Rev00”” (consegnata contestualmente alla presente). Si riassume l'iter seguito in ottemperanza a tale normativa per il raggiungimento di tale scopo:

- Piano indagini mediante:
Ricerca di quadro storico;
Accesso agli atti e presa visione della documentazione di progetto;
Rilievi geometrici e visivi, con l'aiuto di moderni dispositivi (termografie, parcometro ecc.);
Estese indagini in situ con relativa interpretazione dei risultati
- Analisi statica della struttura e verifica delle sezioni maggiormente sollecitate (riportate nella relazione ““VULNERABILITA' SISMICA_PISCINA TREZZANO SN (MI)_Rev00”” in allegato)
- Individuazione delle criticità statiche della struttura.
- Scelta del tipo di intervento di rinforzo strutturale statico.
- Verifica della struttura post-intervento di rinforzo statico.

15.1.2 *Criticità riscontrate a livello “statico”*

- **Sfondellamenti di coperture**

Dalle diverse indagini effettuate si sono riscontrate problematiche dapprima attribuite al solo fenomeno dello “sfondellamento” per poi individuare un vero e proprio problema statico del solaio a giacitura concava dovuto, principalmente ,alla cattiva realizzazione dello stesso. Per quanto concerne i solai a giacitura piana l'intervento di rinforzo è stato mosso dai risultati ottenuti dalla diagnosi effettuata mediante SONISPECT, dove lo stato di questa tipologia di solai viene definito come “mediocre”.

- **Strutture in c.a. (taglio sui portali)**

Si sono estrapolati i risultati delle analisi e verifiche riportate nella relazione “VULNERABILITA' SISMICA_PISCINA TREZZANO SN (MI)_Rev00” (allegata alla presente) evidenziando le sezioni non conformi alla normativa cogente; In particolare, le sezioni dei pilastri dei telai costituenti l'ossatura portante dell'intera struttura ha presentato criticità, **in ambito statico**, in termini di resistenza al taglio. Le sezioni di appoggio e di mezzeria delle travi principali ,classificate come

GBRG ENGINEERING srl Sede Legale: Via Togliatti 54 Sede Op.va: Via dei Fiori 2/d 20080 Zibido S. Giacomo (MI) Tel. 02/9000.33.63 Fax 02/922.709.38 giuseppe.giunta@gbrg.it www.gbrg.it	COMUNE DI TREZZANO S/N (MI) Settore Lavori Pubblici e Territorio Via IV Novembre, 2 20090 Trezzano sul Naviglio (MI) RUP Geom. Manuel Rosato mrosato@comune.trezzano-sul-naviglio.mi.it
--	--

“potenzialmente critiche”, saranno oggetto di rinforzo alla luce di fenomeni di degrado dell'acciaio e del calcestruzzo osservati e riportati nella relazione di indagine in allegato.

15.1.3 *Riepilogo interventi di rinforzo “statico”*

- **Coperture – Solette-
Installazione carpenteria metallica**

Si è previsto il consolidamento delle coperture tramite l'installazione di carpenteria metallica (sulla base di osservazioni, esperienza, risultati delle indagini in situ e calcoli); in particolare, si sono previsti profili metallici di tipo HEA 200 all'intradosso dei solai curvi e piastre metalliche in corrispondenza dell'intradosso e dell'estradosso dei solai piani.

N.B. Il comportamento del campo di solaio contrassegnato in pianta negli elaborati grafici con la dicitura “zona non soggetta ad intervento”, in quanto fuori incarico, è da monitorare per tracciarne il comportamento futuro.

- **Strutture in c.a. – Travi e pilastri -
Posa di tessuto e lamine FRP**

Si è previsto, dapprima, un rinforzo tramite FRP per le sezioni con criticità statiche evidenti (sezioni alla base dei pilastri) per poi estendere l'intervento anche sulle travi per prevenire futuri interventi legati al degrado a lungo termine dei materiali in situ.

- **Interventi sismici**

L'ente le rimanda a successivi ed eventuali interventi di tipo antisismico (attualmente fuori incarico).