

**COMUNE DI PALMIANO**Piazza Umberto I°, n. 5
63092 - PALMIANO (AP)

**PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO, INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA, DELL'EDIFICIO EX-MOLINO ELETTRICO ED UFFICIO POSTALE DI PROPRIETA' COMUNALE, SITO IN PIAZZA UMBERTO I°
NEL COMUNE DI PALMIANO (AP).
AI SENSI DELL'O.C.S.R. N. 109/2020 (EX 37/2017)**

PROGETTO ESECUTIVO

titolo elaborato:

numero elaborato:

RELAZIONE SULLE STRUTTURE**Str. 1.5**
Integrazione 5

committente:

Comune di Palmiano - Il Sindaco
Emidio Ortolani

progettista:

Il Tecnico
Arch. Roberto Ripani**Studio Architetto Roberto Ripani**Via dei Calicanti nr. 3, 63100 Ascoli Piceno(AP)
www.robertoripani.it - info@robertoripani.it
Tel. 328.8289287
roberto.ripani@archiworldpec.it

| | 18.03.2025 | Integr. documentale | | | | |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|---------|------------|-----------|-----------|
| | 06.11.2024 | Integr. documentale | | | | |
| | 22.04.2024 | Integr. documentale | | | | |
| | 28.03.2024 | Integr. documentale | | | | |
| | 08.02.2024 | Integr. documentale | | | | |
| | DATA | MOTIVO | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO | NOME FILE |
| Codice Lavoro : Mol1 | Data : 18 Marzo 2025 | | | | | |

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

Comune di Palmiano
Provincia di Ascoli Piceno

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

RELAZIONE DESCrittiva sulle strutture

INDICE

| | | |
|------|-------------------------------------------------------------|----|
| 1 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 3 |
| 2 | DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA | 5 |
| 2.1 | PREMESSA..... | 5 |
| 2.2 | DESCRIZIONE EDIFICIO..... | 6 |
| 2.3 | INTERVENTI STRUTTURALI | 7 |
| 2.4 | DATI GENERALI STRUTTURA | 10 |
| 2.5 | DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO | 12 |
| 3 | CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE | 13 |
| 4 | PRESCRIZIONI SUI MATERIALI..... | |
| 4.1 | ELEMENTI STRUTTURALI IN CEMENTO ARMATO | 16 |
| 4.2 | ELEMENTI STRUTTURALI IN ACCIAIO..... | 17 |
| 4.3 | ELEMENTI STRUTTURALI IN LEGNO | 19 |
| 4.4 | CONNESSIONI PER LEGNO | 19 |
| 5 | CLASSE D'USO, VITA UTILE E DUTILITÀ' DELLA STRUTTURA | 21 |
| 6 | CARICHI E COMBINAZIONE DELLE AZIONI..... | 22 |
| 6.1 | CARICO DELLA NEVE..... | 22 |
| 6.2 | ANALISI CARICHI STATICI | 23 |
| 6.3 | AZIONE SISMICA (NTC 2018 PAR. 3.2) | 26 |
| 7 | COMBINAZIONE DI CARICO | 30 |
| 7.1 | COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE | 30 |
| 7.2 | COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE | 32 |
| 8 | MODELLAZIONE, ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE | 33 |
| 8.1 | MODELLO DI CALCOLO | 33 |
| 8.2 | TIPO DI ANALISI SVOLTA..... | 36 |
| 8.3 | SPETTRO DI RISPOSTA | 37 |
| 8.4 | RISULTATI ANALISI SVOLTE – STATO ANTE OPERAM | 38 |
| 8.5 | RISULTATI ANALISI SVOLTE – STATO POST OPERAM..... | 46 |
| 9 | CONCLUSIONI | 54 |
| 10 | CRITERI DI AFFIDABILITÀ ED ACCETTABILITÀ | 55 |
| 10.1 | AFFIDABILITÀ' DEI CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI | 55 |
| 10.2 | GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ | 56 |

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **Legge 5 novembre 1971 N. 1086** - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica;
- **Circolare Ministero dei lavori Pubblici 14 Febbraio 1974, N.11951** - “Applicazione delle norme sul cemento armato”;
- **Circolare Ministero dei lavori Pubblici 25 Gennaio 1975, N.13229** - “L'impiego di materiali con elevate caratteristiche di resistenza per cemento armato normale e precompresso;
- **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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- **Circolare MIN. LL. PP. n°30483 del 24.09.1988** – “Istruzioni 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- **C.N.R. - UNI 10011-97** - “Costruzioni di acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;
- **CNR 10011** – “Costruzioni di acciaio – Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione – Novembre 1997”;
- **Istruzioni CNR 10025/98** – “Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo”;
- **Norma CNR 10016-2000** - “Strutture composte da acciaio e calcestruzzo istruzioni per l'impiego nelle costruzioni”;
- **D.M. 18.09.2002 – GU nr.227 DEL 27.09.2002** – “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio delle strutture sanitarie pubbliche e private;
- **UNI 11104:2004 Calcestruzzo** – “Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”;
- **CNR – DT 206/2007** – “Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle strutture in legno”;
- **D.M. 16.02.2007** – “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione”;
- **DM 09.03.2007** – “Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco”;
- **UNI 9502** - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi strutturali in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso;
- **UNI 9503** - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi strutturali in acciaio;
- **UNI EN 15129:2009** “Dispositivi antisismici”;
- **UNI EN 338** – “Legno strutturale classi di resistenza”;

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.IIa, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

- **UNI EN 1194** – “Strutture in legno – Legno lamellare incollato – Classi di resistenza e determinazione dei valori caratteristici;
- **UNI EN 14080** – Strutture in legno – Legno lamellare incollato e legno massiccio incollato – Requisiti;
- **EUROCODICE 0** - “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- **EUROCODICE 1** - “Azioni sulle strutture”;
- **EUROCODICE 2** - “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”;
- **EUROCODICE 3** - “Progettazione delle strutture in acciaio”;
- **EUROCODICE 5** - “Progettazione delle strutture in legno”;
- **EUROCODICE 7** - “Progettazione geotecnica”;
- **EUROCODICE 8** - “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”;
- **D.M. 16.02.2007** – “Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione”;
- **D.M 17/01/2018** - Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) - “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- **Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7/C.S.LL.PP** – “Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

2 DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA

2.1 PREMESSA

L'intervento in questione mira a ripristinare l'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.IIA, n.12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e successivi.

È interesse dell'Amministrazione Comunale iniziare i lavori relativi alla ristrutturazione dell'"Edificio Ex Molino Elettrico ed Ufficio Postale", ai sensi dell'O.C.S.R. N. 109/2020 (EX 37/2017) CIG. 890994600B.

Obiettivo principale del progetto è quello di ristrutturare integralmente, adeguandolo alle attuali normative sismiche l'edificio di proprietà Comunale al fine di ottenere un edificio fruibile dall'intera comunità.

Il fabbricato è inserito all'interno del PRG del Comune di Palmiano in Zona Centro Storico.



Figura 1 - Inquadramento dell'edificio oggetto di intervento

2.2 DESCRIZIONE EDIFICO

STATO ANTE OPERAM

Il fabbricato oggetto di intervento è stato edificato in epoca di costruzione non definibile ma comunque antecedente al 1950.

Strutturalmente si presenta come un edificio isolato.

Nel complesso può essere definita una struttura tutta in muratura in quanto, la struttura verticale principale è costituita da un nucleo interno in pietrame disordinato collegato ad un paramento esterno in mattoni pieni.

Per quanto riguarda il Piano Terra, Primo e Secondo, lo spessore di detta muratura è di circa 45cm, mentre, il Piano Seminterrato, ha una muratura più grande in pietra di spessore 60cm~.

Il muro portante di spina che si sviluppa dal Piano Terra e termina in Copertura invece, risulta costituito interamente da mattoni pieni per uno spessore di 25cm~.

La struttura orizzontale costituente i solai di piano, è per la maggior parte realizzata con putrelle d'acciaio e tavelloni con conglomerato cementizio, sormontata da un massetto di sabbia e cemento.

La copertura dell'edificio è di tipo a padiglione, realizzata con struttura in legno appoggiata alle murature perimetrali ed al muro di spina centrale, sormontata con manto di copertura in coppi di laterizio e finita con lattonerie in lamiera.

L'edificio presenta scale di collegamento interne che si sviluppano dal Piano Terra fino al Piano Secondo, queste, sono anche esse realizzate con struttura in putrelle di acciaio e tavelloni, con gradini in pietra.

Al Piano Primo dell'edificio, sul lato Nord-Est di questo, sono presenti dei balconi realizzati in c.l.s. armato.

Tutti i davanzali e gli architravi delle finestre esterne sono realizzati in c.l.s., così come le mostrine di riquadratura attorno alle aperture presenti sul prospetto Est.

Sul lato Ovest del fabbricato, troviamo 2 corpi di fabbrica esterni all'edificio, uno a livello del Piano Seminterrato e l'altro, aggettante, ricavato nell'ammezzato tra il Piano Terra e il Piano Primo.

Entrambi i corpi di fabbrica sono realizzati in mattoni e chiusi da copertura inclinata sormontata da coppi in laterizio.

STATO POST OPERAM

L'edificio risulta essere danneggiato dagli eventi sismici che hanno colpito l'Italia centrale a far data dal 24/08/2016.

Il progetto esecutivo propone una quantità rilevante di interventi strutturali che possano ripristinare il danno e farne conseguire un adeguamento sismico, ai sensi del § 8.4.3 delle NTC2018, allo scopo di aumentare la sicurezza globale dell'edificio, garantendo un indice di vulnerabilità sismica maggiore del valore unitario 1. Secondo quanto riportato al § 8.4.3, in ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Per la verifica della struttura, si deve avere $C_E >= 1,0$

Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione.

2.3 INTERVENTI STRUTTURALI

Si riportano di seguito le considerazioni principali sugli interventi strutturali che subirà l'edificio.

STRUTTURE DI FONDAZIONE

- realizzazione di sottofondazioni perimetrali alle murature esistenti, sia dal lato interno che dal lato esterno e delle nuove fondazioni di tipo rettangolare in c.a. per la nuova muratura di spina, il tutto collegato insieme al fine di garantire un comportamento scatolare della struttura a partire dalle fondazioni e garantire maggiore portanza;

Le sottofondazioni che si andranno a realizzare saranno di tipo superficiale, consistenti in allargamenti murari delle strutture di fondazione esistenti attraverso la realizzazione di cordoli sul lato interno ed esterno della muratura, paralleli a questa, e ricollegati tra loro per mezzo di "diatoni" passanti da realizzare ad interasse costante.

Non è previsto di impostare le sottofondazioni ad un livello più basso rispetto a quello esistente.

STRUTTURE VERTICALI - MURATURE

- affiancamenti murari al fine di aumentare le sezioni resistenti delle murature;
- efficientamento dei maschi murari mediante l'inserimento di reti e/o barre in acciaio;
- realizzazione di nuove murature da realizzarsi con blocchi in laterizio semipieni;
- inserimento di reti e malte strutturali al fine di ottimizzare le resistenze delle murature esistenti ed i vari collegamenti;
- Interventi su maschio murario con consolidamento mediante scuci-cuci: l'intervento ha lo scopo di rinforzare i punti di incrocio tra le murature portanti.
- Posa in opera di nuovi architravi in c.a. al di sopra di vani di porte e finestre: si prevede la demolizione parziale della muratura soprastante i vani e l'inserimento di architravi in c.a. prefabbricati (sezione 12 x 12 x lunghezza variabile affiancati fino a raggiungere lo spessore murario) allettati con malta M15.
- Porzione di unità strutturale denominata fondaco: in seguito alla demolizione completa, si prevede la realizzazione di nuovo muro di contenimento in c.a. di spessore pari a 40cm, adeguatamente fondato su fondazione in c.a.; successivamente si prevede la ricostruzione dell'unità strutturale mediante muratura di spessore 20cm con mattoni semipieni e malta. La muratura presenta cordolo in c.a. 20x30 sulla sommità e la nuova copertura è in legno lamellare e tavolato. Perimetralmente, in aderenza all'unità strutturale principale, si prevede la disposizione di cordolo in acciaio di collegamento, profilo ad L 80x80x10

STRUTTURE ORIZZONTALI - SOLAI

- demolizione di tutti i solai esistenti realizzati con profilati in acciaio con voltine, che presentano i gravi effetti derivanti dalla corrosione, con relativa diminuzione della struttura resistente. Gli stessi inoltre non presentano collegamenti con la muratura esistente, in quanto i cordoli perimetrali sono assenti;
- realizzazione di nuovi solai con struttura portante in legno lamellare GL24h con tavolato e connettori. Il collegamento delle travi in legno avverrà per appoggio previo inserimento nella muratura portante; successivamente al di sopra del tavolato si prevede disposizione di cordolo in acciaio da realizzarsi con profilo ad "L" con lati uguali da 80mm e spessore delle ali pari a 10mm. Il cordolo in acciaio sarà ancorato alla muratura mediante l'inserimento di barre in acciaio del diametro di 16mm saldate al profilo stesso ed inserite all'interno della muratura.
Il solaio del piano sottotetto verrà demolito ma non ricostruito.
- i balconi esistenti verranno demoliti in quanto di sezione non più idonea a sopportare i carichi verticali previsti dalla norma: si prevede la ricostruzione dei balconi esistenti in soletta piena in c.a. di spessore pari a 12cm, armati con ferri longitudinali di diametro 12 mm ancorati e ripartitori di diametro 8 mm; si allega relazione di calcolo;
- demolizione del solaio di copertura in legno, in quanto in parte già crollato e con gravi problemi di infiltrazione di acque meteoriche. Le travi non presentano collegamenti con la muratura esistente, in quanto i cordoli perimetrali sono assenti;
- realizzazione di nuovo solaio di copertura mediante struttura legno lamellare GL24H con realizzazione di cordoli in C.A. soprastanti la muratura esistente; le travi in legno della copertura verranno collegate ai cordoli in c.a. mediante piastre in acciaio;
- Sulla scala verrà realizzato un cordolo perimetrale in acciaio – profilo piatto 150x10 mm ancorato alla muratura esistente, allo scopo di ripristinare e garantire il comportamento scatolare della porzione in oggetto, oltre a garantire la continuità del piano rigido rispetto ai solai di piano;

MURI CONTROTERRA

- Demolizione e ricostruzione del muro controterra/di contenimento: l'intervento interessa entrambi i muri di contenimento, sia quello a confine con la strada che quello al di sotto del locale fondaco: si allegano relazioni di calcolo.

SCALE

- Scala interna: demolizione e ricostruzione scala con soletta rampante
- Scala esterna a nord: viene ricostruita sul pendio esistente, già sagomato sulla forma della scala esistente; pertanto trattasi di scala appoggiata e non rampante: si allegano tabulati di calcolo.

ASCENSORE

Trattasi di castelletto metallico e relativa platea di fondazione in c.a., destinato a vano corsa per l'installazione di un impianto di sollevamento ad azionamento elettrico.

La struttura portante in acciaio sarà composta da n. 4 colonne angolari di sezione 150x150x15 mm, collegate tra loro da traverse orizzontali di sezione composta, formata mediante l'accoppiamento di un piatto 150x4 mm e un tubolare rettangolare 40x80x3 mm.

Le suddette traverse orizzontali verranno predisposte con un passo verticale di circa 1500 mm. Nel lato della struttura che ospita le porte dell'ascensore le traverse saranno inserite con un passo dipendente dalla posizione delle porte stesse.

Il piano della copertura, che sarà realizzata con una lamiera metallica dello spessore di circa 10 mm, verrà rinforzato mediante l'inserimento di controventi di piano, realizzati con piatti di sezione 10x40 mm.

Le opere di fondazione saranno realizzate con platea in c.a. dello spessore di 30 cm. In c.a. saranno realizzate anche le pareti fossa dell'ascensore, con la funzione di contenimento del terreno, aventi spessore pari a 20 cm.

La struttura, rivestita completamente in vetro stratificato, verrà ancorata ai solai di piani al fine di evitare l'effetto del mero martellamento con l'edificio esistente in caso di sisma.

I carichi indotti dall'impianto elevatore sono stati applicati in base alle indicazioni fornite dal costruttore.

2.4 DATI GENERALI STRUTTURA

| DATI GENERALI DI STRUTTURA | | | |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------------|-----------|
| Massima dimens. dir. X (m) | 7,40 | Altezza edificio (m) | 16,30 |
| Massima dimens. dir. Y (m) | 12,57 | Differenza temperatura(°C) | 15 |
| PARAMETRI SISMICI | | | |
| Vita Nominale (Anni) | 50 | Classe d' Uso | II Cu=1,0 |
| Longitudine Est (Grd) | 13,458672 | Latitudine Nord (Grd) | 42,899887 |
| Categoria Suolo | B | Coeff. Condiz. Topogr. | 1,20000 |
| Sistema Costruttivo Dir.1 | Muratura | Sistema Costruttivo Dir.2 | Muratura |
| Regolarita' in Altezza | SI (KR=1) | Regolarita' in Pianta | SI |
| Direzione Sisma (Grd) | 0 | Sisma Verticale | ASSENTE |
| Effetti P/Delta | NO | Quota di Zero Sismico (m) | 0,00000 |
| Tipo Intervento | ADEGUAMENTO | Tipo Analisi Sismica | PUSH-OVER |
| Livello Sicurezza Min. (%) | 100 | | |
| PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D. | | | |
| Probabilita' Pvr | 0,63 | Periodo di Ritorno Anni | 50,00 |
| Accelerazione Ag/g | 0,07 | Periodo T'c (sec.) | 0,29 |
| Fo | 2,46 | Fv | 0,91 |
| Fattore Stratigrafia'Ss' | 1,20 | Periodo TB (sec.) | 0,14 |
| Periodo TC (sec.) | 0,41 | Periodo TD (sec.) | 1,90 |
| PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V. | | | |
| Probabilita' Pvr | 0,10 | Periodo di Ritorno Anni | 475,00 |
| Accelerazione Ag/g | 0,18 | Periodo T'c (sec.) | 0,34 |
| Fo | 2,49 | Fv | 1,44 |
| Fattore Stratigrafia'Ss' | 1,20 | Periodo TB (sec.) | 0,16 |
| Periodo TC (sec.) | 0,47 | Periodo TD (sec.) | 2,33 |
| PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO MURATURA - D I R. 1 | | | |
| Sistema Strutturale | Ordinaria | AlfaU/Alfa1 | 1,70 |
| Fattore di comportam 'q' | 2,98 | | |
| PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO MURATURA - D I R. 2 | | | |
| Sistema Strutturale | Ordinaria | AlfaU/Alfa1 | 1,70 |
| Fattore di comportam 'q' | 2,98 | | |
| COEFFICIENTI DI SICUREZZA PARZIALI DEI MATERIALI | | | |
| Acciaio per carpenteria | 1,05 | Verif.Instabilita' acciaio: | 1,05 |
| Acciaio per CLS armato | 1,15 | Calcestruzzo CLS armato | 1,50 |
| Muratura azioni sismiche | 2,00 | Murat. Nuova Az. Statiche | 2,00 |
| Murat.Esist. Az. Statiche | 0,00 | | |
| Legno per comb. eccez. | 1,00 | Legno per comb. fondament.: | 1,30 |
| Livello conoscenza | LC1 | | |
| FRP Collasso Tipo 'A' | 1,10 | FRP Delaminazione Tipo 'A' | 1,20 |
| FRP Collasso Tipo 'B' | 1,25 | FRP Delaminazione Tipo 'B' | 1,50 |
| FRP Resist. Press/Fless | 1,00 | FRP Resist. Taglio/Torsione | 1,20 |
| FRP Resist. Confinamento | 1,10 | | |

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

QUOTE PIANI SISMICI ED INTERPIANI

| Quota N.ro | Altezza m | Tipologia | Irreg XY | Tamp Alt. | Quota N.ro | Altezza m | Tipologia | Irreg XY | Tamp Alt. |
|---------------|--------------|---------------|-------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------|--------------|
| 0 | 0,00 | Piano Terra | NO | NO | 1 | 4,00 | Piano sismico | NO | NO |
| 2 | 7,63 | Piano sismico | NO | NO | 3 | 10,91 | Piano sismico | NO | NO |
| 4 | 14,05 | Piano sismico | | | 5 | 16,30 | Piano Deform. | NO | NO |

2.5 DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DEL SITO

Il fabbricato in oggetto, è ubicato nel territorio comunale di Palmiano all'interno del nucleo storico, in Piazza Umberto I, in prossimità della Chiesa di S. Michele Arcangelo, ad una quota di 548 metri s.l.m.

L'ex Molino elettrico e ufficio postale oggetto di intervento è ubicato, in prossimità della parte iniziale del capoluogo di Palmiano ad una quota di 548 m s.l.m., sul margine NO del crinale di una piccola dorsale collinare, con andamento generale prevalente in direzione OSO-ESE.

La zona di crinale sulla quale sorge l'abitato di Palmiano è rappresentata da un'area pianeggiante, bordata da versanti piuttosto ripidi che degradano verso valle con pendenze della superficie topografica comprese tra i 16° ed i 18° rispetto all'orizzontale.

In considerazione dell'assetto geologico, geomorfologico e dei risultati del rilevamento di superficie eseguito, che non ha evidenziato la presenza di forme o processi riconducibili a movimenti gravitativi in atto, quiescenti, o ricollegabili alla recente crisi sismica (frane sismoindotte), è possibile affermare che le condizioni di stabilità della zona risultano buone.

Sulla base del rilevamento geologico effettuato, e dei risultati della prova sismica eseguita, è stato possibile ricostruire la seguente successione stratigrafica dei terreni nell'area oggetto di intervento come di seguito riportato, facendo riferimento al piano di fondazione del fabbricato oggetto di intervento.

I° STRATO (da m 0,00 a m 4,50 in media dal p.f.):

Formazione di base costituita da strati arenacei con rare intercalazioni marnose, molto alterate talvolta mediamente cementate ed addensate e di consistenza sub-litoide nella parte bassa

II° STRATO (da m 4,50 in media in poi dal p.f.):

Formazione di base costituita da strati arenacei con rare intercalazioni marnose, di consistenza litoide

CATEGORIA DI SUOLO: B

CATEGORIA TOPOGRAFICA: T2

Per la caratterizzazione geotecnica si è fatto riferimento alla relazione geologica redatta dal Geologo Dott. Andrea Cavucci.

L'esatta individuazione del sito è riportata nei grafici di progetto.

3 CRITERI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE

Nella progettazione sviluppata sono stati considerati i seguenti obiettivi:

- **Misure della Sicurezza**

Le soluzioni progettuali sono state studiate in modo da garantire la massima sicurezza nel rispetto delle Norme.

Il metodo di verifica della sicurezza adottato è quello degli Stati Limite (SL) che prevede due insiemi di verifiche rispettivamente per gli stati limite ultimi S.L.U. e gli stati limite di esercizio S.L.E..

La sicurezza viene quindi garantita progettando i vari elementi resistenti in modo da assicurare che la loro resistenza di calcolo sia sempre maggiore della corrispondente domanda in termini di azioni di calcolo.

Le norme precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita normale.

Prescrivono inoltre che debba essere assicurata una robustezza nei confronti di azioni eccezionali. Le prestazioni della struttura e la vita nominale sono riportati nei successivi tabulati di calcolo della struttura.

La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limiti definiti di concerto al Committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dalle norme di cui al D.M. 17/01/2018 e successive modifiche ed integrazioni.

- **Prestazione statica in esercizio**

Sono state garantite le prestazioni statiche nonché la congruenza con i carichi e le esigenze funzionali derivanti dallo sviluppo dei progetti architettonici ed impiantistici.

- **Prestazione in caso di sisma**

L'azione sismica è stata determinata secondo i criteri descritti nelle NTC 2018 e relativa circolare applicativa. La progettazione ha lo scopo di garantire la capacità delle strutture di sostenere le azioni sismiche di progetto.

- **Durabilità**

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazioni opportuni stati limite di esercizio (S.L.E.) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che nel caso delle opere in calcestruzzo anche l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle “Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 17/01/2018 e relative Istruzioni.

- **Prestazioni attese al collaudo**

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall’allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

- **Modellazione strutturale**

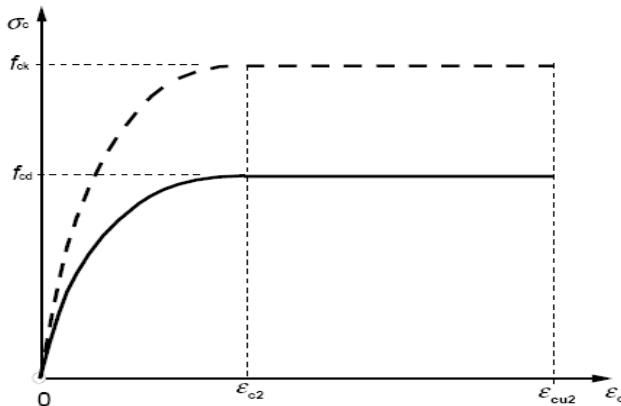
La modellazione strutturale è stata condotta al fine di analizzare e verificare le scelte progettuali effettuate e di mostrarne la fattibilità in funzione della tipologia strutturale, costruttiva e della sicurezza sismica e statica dell’opera.

Le sollecitazioni agenti sulla struttura sono dovute al peso proprio, all’azione sismica e ai carichi permanenti e accidentali, valutate secondo le vigenti NTC 2018 e mediante i metodi derivanti dalla Scienza delle Costruzioni. Più precisamente, sono state ritenute valide le ipotesi di base della teoria tecnica della trave per quanto riguarda gli elementi monodirezionali (travi e pilastri) e quelle della teoria tecnica di lastre o piastre per gli elementi bidirezionali (pareti e piastre).

Gli elementi strutturali di fondazione sono dimensionati sulla base delle sollecitazioni ad essi trasmesse dalla struttura sovrastante, con gli accorgimenti previsti dalla normativa vigente, tenendo conto che questi devono avere comportamento non dissipativo, indipendentemente dal comportamento attribuito alla struttura su di esse gravante.

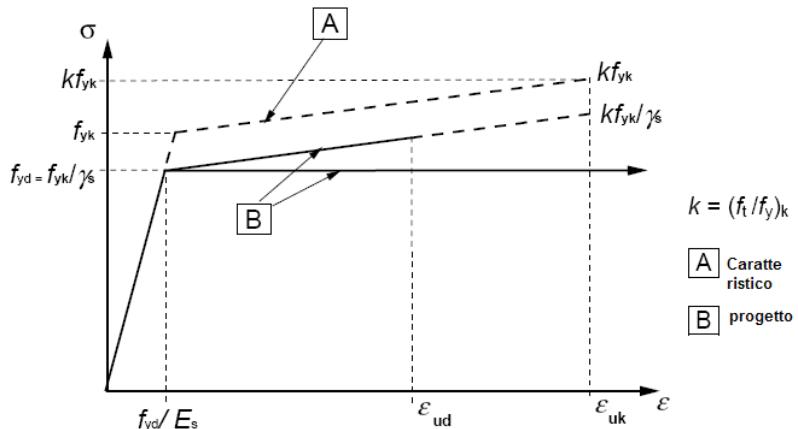
Le verifiche di resistenza del terreno sono state effettuate in base alle classiche teorie della geotecnica relative alla portanza dei terreni, cioè tenendo conto dei termini attrittivi, coesivi e di confinamento come caratteristiche resistenti da confrontare con le sollecitazioni scaricate.

Per le verifiche sezionali i legami utilizzati sono:



Legame costitutivo di progetto parabola-rettangolo per il calcestruzzo

Il valore ϵ_{cu2} nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



Legame costitutivo di progetto elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio
legame rigido plastico per le sezioni in acciaio di classe 1 e 2 e elastico lineare per quelle di classe 3 e 4;
legame elastico lineare per le sezioni in legno.

La struttura deve essere progettata così che il degrado nel corso della sua vita nominale, purché si adotti la normale manutenzione ordinaria, non pregiudichi le sue prestazioni in termini di resistenza, stabilità e funzionalità, portandole al di sotto del livello richiesto dalle presenti norme.

Le misure di protezione contro l'eccessivo degrado devono essere stabilite con riferimento alle previste condizioni ambientali.

La protezione contro l'eccessivo degrado deve essere ottenuta attraverso un'opportuna scelta dei dettagli, dei materiali e delle dimensioni strutturali, con l'eventuale applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi, nonché con l'adozione di altre misure di protezione attiva o passiva.

4 RELAZIONE SUI MATERIALI

4.1 CARATTERISTICHE MURATURA

Muratura mattoni pieni + calce

| | |
|----------------|--------------------------|
| Peso specifico | 1800 Kg/m ³ |
| Fk mur | 33,79 Kg/cm ² |
| Tau0 mur | 0,64 Kg/cm ² |
| Modulo E | 2000 Kg/cm ² |
| Modulo G | 5000 Kg/cm ² |

4.2 ELEMENTI STRUTTURALI IN CEMENTO ARMATO

Calcestruzzo per sottofondazioni

CALCESTRUZZO “a prestazione” (UNI EN 206-1) confezionato con sabbia naturale o artificiale, per frantumazione di pietra calcarea, priva di materie organiche e di adeguata granulometria, con ghiaia ben assortita a spigoli vivi e con acqua limpida, dolce, esente da cloruri e da solfati. Il calcestruzzo dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- classe di resistenza richiesta: **C12/15**

Calcestruzzo per elementi di fondazione

CALCESTRUZZO “a prestazione” (UNI EN 206-1) confezionato con sabbia naturale o artificiale, per frantumazione di pietra calcarea, priva di materie organiche e di adeguata granulometria, con ghiaia ben assortita a spigoli vivi e con acqua limpida, dolce, esente da cloruri e da solfati. Il calcestruzzo dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- classe di esposizione prevista: XC2;
- classe di resistenza richiesta: **C25/30**;
- diametro inerte: max 25 mm;
- classe di consistenza richiesto: S4

Calcestruzzo per elementi di elevazione (cordoli)

CALCESTRUZZO “a prestazione” (UNI EN 206-1) confezionato con sabbia naturale o artificiale, per frantumazione di pietra calcarea, priva di materie organiche e di adeguata granulometria, con ghiaia ben assortita a spigoli vivi e con acqua limpida, dolce, esente da cloruri e da solfati. Il calcestruzzo dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- classe di esposizione prevista: XC2;

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

- classe di resistenza richiesta: **C25/30**;
- diametro inerte: max 25 mm;
- classe di consistenza richiesto: S4

Calcestruzzo per solai

Calcestruzzo leggero realizzato con aggregato strutturale leggero caratterizzato da un basso peso specifico.

LC25/28

Caratteristiche meccaniche:

- R_{ck} [Mpa] = 28
- Densità [Kg/m³] = 1.600 – 1.800

Acciaio per c.a.

Barre di acciaio per cemento armato ad aderenza migliorata del tipo **B450C**, saldabile, con le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
- $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
- allungamento uniforme al carico max $e_{su,k} > 7,5\%$.

Dato l'impiego in zona sismica si richiede, inoltre, che l'acciaio rispetti i seguenti limiti:

$$(f_{y,eff} / f_{y,nom}) < 1,25 \quad 1,15 = (f_t/f_y) \text{medio} < 1,35$$

Copriferro

Fondazioni = 35 mm

Elevazioni = 25 mm

4.3 ELEMENTI STRUTTURALI IN ACCIAIO

Le caratteristiche dei materiali metallici impiegati dovranno corrispondere a quanto prescritto dal D.M. 17 Gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni” e dalle Norme UNI-EN10025 “prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali”, che fissano le caratteristiche qualitative e le prove di accettazione dei materiali.

In particolare, dovranno essere impiegati materiali aventi le caratteristiche sotto indicate:

- per profilati, piatti e lamiere con spessori $\geq 3 \text{ mm}$ e $\leq 100 \text{ mm}$

Acciaio tipo Fe 430 grado B secondo UNI-EN 10025 ovvero **S 275JR**, secondo la notazione eurocodici:

- tensione di rottura a trazione $410 \text{ Nmm}^2 \leq f_t \leq 560 \text{ Nmm}^2$;
- tensione di snervamento $275 \text{ Nmm}^2 \leq f_y$;

- resilienza KV ≥ 27 J;
- allungamento % a rottura:
 - per lamiere $\varepsilon_t \geq 20$;
 - per profilati e larghi piatti $\varepsilon_t \geq 22$;

- **Saldature:**

I giunti saldati devono essere realizzati secondo i procedimenti all'arco elettrico codificati secondo ISO 4063; essi devono essere effettuati con elettrodi di qualità 3 o 4 secondo UNI 5132 e realizzati con accurata eliminazione di ogni difetto al vertice prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura.

I saldatori nei procedimenti manuali o semiautomatici dovranno essere qualificati secondo EN287- 1 da ente terzo; gli operatori di procedimenti automatici dovranno essere qualificati secondo EN1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo EN2883. Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa ed in zona termica alterata non inferiori a quelli del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere seguite le prescrizioni della EN 1011 punti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la EN 29692.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista nel corso del progetto esecutivo. L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100 per cento, saranno definiti dal progettista ed eseguiti sotto la responsabilità del direttore dei lavori, che potrà integrarli ed estenderli in base all'andamento dei lavori, ed accettati ed eventualmente integrati dal collaudatore. Ai fini dei controlli non distruttivi si possono usare metodi di superficie (ad esempio liquidi penetranti o polveri magnetiche), ovvero metodi volumetrici (esempio raggi X o gamma o ultrasuoni). Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alle prescrizioni della EN 12062. Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo EN 473 almeno di secondo livello.

- **Bulloni:**

I bulloni dei diametri nominali indicati sui disegni costruttivi dovranno essere composti come segue:

- VITI di classe 8.8;
- DADI di classe 8;
- ROSETTE e PIASTRINE in acciaio.

I bulloni conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968 devono appartenere alle sotto classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001.

I bulloni ad attrito devono essere serrati secondo le coppie di serraggio previste dalla norma CNR-UNI10011.

4.4 ELEMENTI STRUTTURALI IN LEGNO

Gli elementi strutturali in legno sono in classe di resistenza **GL24h** che secondo la UNI EN 1194 e la UNI EN 14080 risultano avere le seguenti caratteristiche meccaniche:

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| - Resistenza caratteristica a flessione: | $f_{m,k} = 24.00 \text{ MPa}$ |
| - Resistenza caratteristica a trazione parallela alla fibratura: | $f_{t,0,k} = 16.50 \text{ MPa}$ |
| - Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare alla fibratura: | $f_{t,90,k} = 0.40 \text{ MPa}$ |
| - Resistenza caratteristica a compressione parallela alla fibratura: | $f_{c,0,k} = 24.00 \text{ MPa}$ |
| - Resistenza caratteristica a compressione perpendicolare alla fibratura: | $f_{c,90,k} = 2.70 \text{ MPa}$ |
| - Resistenza caratteristica a taglio: | $f_{v,k} = 2.70 \text{ MPa}$ |
| - Resistenza caratteristica a taglio per "rolling shear": | $f_{v,r,k} = 1.00 \text{ MPa}$ |
| - Modulo elastico medio parallelo alle fibre: | $E_{0,\text{mean}} = 11.6 \text{ GPa}$ |
| - Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre: | $E_{0,05} = 9.4 \text{ GPa}$ |
| - Modulo elastico medio perpendicolare alle fibre: | $E_{90,\text{mean}} = 0.39 \text{ GPa}$ |
| - Modulo di taglio medio: | $G_{\text{mean}} = 0.72 \text{ GPa}$ |

GATTELLI: legno di castagno **D24**

4.5 CONNESSIONI PER LEGNO

Le connessioni per il legno, le staffe, gli angolari e gli elementi di giunzione in acciaio saranno di tipo S235 JR UNI EN 10326 zincato aventi marcatura CE sulla base di ETAG15 e conformità ETA.

Le bullonerie e viterie per legno (HBS, VGS, KKF) dovranno essere almeno di classe 5.6 e i chiodi per il legno saranno di tipo Anker.

4.6 RETE IN FIBRA DI VETRO GFRP

Rete in fibra di vetro AR (Alcalino Resistente) e resina termoindurente di tipo vinilestere-epossidico, rapporto in peso rapporto in peso fibra/resina pari a 65/35%, resistenza a trazione caratteristica singola barra $\geq 4,5 \text{ kN}$, rigidezza assiale media EA 275 kN, resistenza caratteristica a strappo del nodo $\geq 0,28 \text{ kN}$, provvista di certificato di durabilità in ambiente alcalino PH 12 per 1000 ore attestante una resistenza residua $\geq 85\%$ e allungamento a rottura 1,9%, riciclabile in conformità ai protocolli CSI – rete maglia 99x99 mm

4.7 MURATURA

MATTONE PIENO

Lunghezza: 25 cm

Larghezza: 12 cm

Altezza: 6 cm

Resistenza media a compressione nella direzione dei carichi verticali (N/mm^2): 18

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.IIa, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

Resistenza media a compressione nella direzione ortogonale ai carichi verticali (N/mm²): 2,2

MATTONE SEMIPIENO (doppio UNI)

Lunghezza: 25 cm

Larghezza: 12 cm

Altezza: 12 cm

Percentuale di foratura: 45%

Resistenza a compressione in direzione dei carichi verticali "fbm": 15 N/mm²

Resistenza a compressione ortogonale ai carichi verticali "f'bm": 4 N/mm²

MALTA M10

Diametro massimo: 3 mm

Ritiro igrometrico: 0,45 mm/m

Contenuto di cloruri: < 0,01%

Res. a taglio iniziale: 0,15 N/mm²

Res. mecc. a flessione a 28 gg > 3,8 N/mm²

Res. mecc. a compr. a 28 gg > 12 N/mm²

5 CLASSE D'USO, VITA UTILE E DUTTILITÀ DELLA STRUTTURA

Le prestazioni della struttura e le condizioni per la sua sicurezza sono state individuate considerando il tipo della struttura, il suo uso e le possibili conseguenze di azioni anche accidentali; particolare rilievo è stato dato alla sicurezza delle persone. Risulta così definito l'insieme degli stati limite riscontrabili nella vita della struttura ed è stato accertato, in fase di dimensionamento, che essi non siano superati.

Altrettanta cura è stata posta per garantire la durabilità della struttura, con la consapevolezza che tutte le prestazioni attese potranno essere adeguatamente realizzate solo mediante opportune procedure da seguire non solo in fase di progettazione, ma anche di costruzione, manutenzione e gestione dell'opera. Per quanto riguarda la durabilità si sono presi tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture, in considerazione dell'ambiente in cui l'opera dovrà vivere e dei cicli di carico a cui sarà sottoposta. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

In fase di costruzione saranno attuate severe procedure di controllo sulla qualità, in particolare per quanto riguarda materiali, componenti, lavorazione, metodi costruttivi.

Saranno seguite tutte le indicazioni previste nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

I principali parametri di calcolo adottati per tutte le strutture oggetto della presente progettazione risultano:

- Opera ordinaria con Vita nominale $V_N \geq 50$ anni
- Classe d'uso II: $C_U = 1$
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1 = 50$ anni.

6 LIVELLO DI CONOSCENZA

LIVELLO DI CONOSCENZA LC1

Le indagini svolte presso l'edificio in oggetto, hanno avuto lo scopo di definire le proprietà del materiale costituente gli elementi strutturali.

Dalle indagini visive è risultato che l'edificio ha una struttura realizzata in muratura portante. A seguito del rilievo e dei saggi effettuati sulle murature, è stato possibile ricavare l'elaborato dello stato materico (tav. 4) a seguito del quale è stato elaborato il progetto di adeguamento sismico di cui alla presente relazione.

La struttura verticale è realizzata in muratura portante mista, costituita da un muro realizzato esternamente in mattone pieno ed internamente con muratura in conci di arenaria mista a mattoni pieni.

I solai risultano essere in acciaio con voltine in laterizio, tranne per l'ultimo impalcato realizzato con travetti prefabbricati in c.a. e per il solaio di copertura realizzato in legno.

7 CARICHI E COMBINAZIONE DELLE AZIONI

La valutazione delle azioni sulle strutture, ovvero i carichi statici, l'azione della neve, l'azione del vento e l'azione sismica, è effettuata conformemente al D.M. 17-01-2018.

In particolare, l'azione sismica, calcolata mediante analisi sismica dinamica modale, è stata applicata alla struttura in conformità alle disposizioni del D.M. 17-01-2018 per il sito in esame tenendo conto delle sue coordinate geografiche.

7.1 CARICO DELLA NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture, ove presente, è stato valutato mediante la seguente espressione di normativa:

$$q_s = \mu_i \times q_{sk} \times C_E \times C_t \quad (\text{Cfr. §3.3.7})$$

in cui si ha:

q_s = carico neve sulla copertura;

μ_i = coefficiente di forma della copertura, fornito al (Cfr. § 3.4.5);

q_{sk} = valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m^2], fornito al (Cfr. § 3.4.2) delle N.T.C. 2018;

per un periodo di ritorno di 50 anni;

C_E = coefficiente di esposizione di cui al (Cfr. § 3.4.3);

C_t = coefficiente termico di cui al (Cfr. § 3.4.4).

DATI GENERALI DI STRUTTURA

DATI DI CALCOLO PER AZIONE NEVE

| Zona Geografica | II | Coefficiente Termico | 1,00 |
|-----------------------------|---------|------------------------------|--------|
| Altitudine sito s.l.m. (m) | 550 | Coefficiente di forma | 0,80 |
| Tipo di Esposizione | Normale | Coefficiente di esposizione | 1,00 |
| Carico di riferimento kg/mq | 196 | Carico neve di calcolo kg/mq | 156,00 |

Il calcolo della neve e' effettuato in base al punto 3.4 del D.M. 2018 e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019

7.2 ANALISI CARICHI STATICI

Per la determinazione dell'entità e della distribuzione spaziale e temporale dei sovraccarichi variabili si farà riferimento alla tabella del D.M. 17/01/2018 in funzione della destinazione d'uso.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²]
- carichi verticali concentrati Q_k [kN]
- carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici

| Categ. | Ambienti | q_k [kN/m ²] | Q_k [kN] | H_k [kN/m] |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| A | Ambienti ad uso residenziale | | | |
| | Arearie 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 |
| B | Scale comuni, balconi, ballatoi | 4,00 | 4,00 | 2,00 |
| | Uffici | | | |
| | Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico | 2,00 | 2,00 | 1,00 |
| C | Cat. B2 – Uffici aperti al pubblico | 3,00 | 2,00 | 1,00 |
| | Scale comuni, balconi, ballatoi | 4,00 | 4,00 | 2,00 |
| | Ambienti suscettibili di affollamento | | | |
| C | 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 atrii 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 |
| D | Scale comuni, balconi, ballatoi | Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni | | |
| | | $\geq 4,00$ | $\geq 4,00$ | $\geq 2,00$ |
| D | Ambienti ad uso commerciale | | | |

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.IIA, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

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

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II. delle N.T.C. 2018.

In presenza di carichi verticali concentrati Q_k essi sono stati applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento.

In particolare si considera una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50 x 50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si sono applicano su due impronte di 200 x 200 mm, distanti assialmente di 1,80 m.

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.IIa, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

SOLAIO LEGNO - CLS

| | |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| PESO PROPRIO: G₁ | 104,07 Kg/m² |
| Soletta CLS | 70,00 Kg/m ² |
| Travi GL24h | 21,47 Kg/m ² |
| Tavolato | 12,60 Kg/m ² |
| SOVRACCARICO PERMANENTE: G₂ | 260,00 Kg/m² |
| Pavimento + sottofondo | 110,00 Kg/m ² |
| Ripartizione tramezzature | 150,00 Kg/m ² |
| SOVRACCARICO VARIABILE – CATEGORIA A: Q_K | 200,00 kg/m² |

COPERTURA LEGNO

| | |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------|
| PESO PROPRIO: G₁ | 35,12 Kg/m² |
| Travi GL24h | 14,12 Kg/m ² |
| Tavolato | 21,00 Kg/m ² |
| SOVRACCARICO PERMANENTE: G₂ | 137,50 Kg/m² |
| Isolante | 3,50 Kg/m ² |
| OSB | 14,00 Kg/m ² |
| Coppi | 120 Kg/m ² |
| SOVRACCARICO VARIABILE – NEVE: Q_K | 156,00 kg/m² |

7.3 AZIONE SISMICA (NTC 2018 PAR. 3.2)

Ai fini delle N.T.C. 2018 l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima attesa in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta attesi in superficie;
- accelerogramma.

L'azione in superficie è stata assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta. L'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie sono determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali.

In allegato alle N.T.C. 2018, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori dei precedenti parametri di pericolosità sismica necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

PERICOLOSITÀ SISMICA

In relazione alla collocazione geografica del sito in oggetto, si riportano di seguito tutti i parametri sismici di progetto (a_g , F_0 e T_{c^*}), per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC del DM 17.01.18, calcolati in funzione della latitudine e longitudine del sito oggetto di intervento.

- Coordinate WGS84 del sito: Lat. 42,90085 – Long. 13,45954
- Classe d'Uso: II
- Vita Nominale delle opere strutturali: 50 anni
- Categoria di sottosuolo: B
- Categoria topografica: T2

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di un sito rappresenta lo scuotimento del suolo atteso con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

La stima della pericolosità sismica si basa sulla definizione di una serie di elementi quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, tipo di suolo, ecc..

Dall'analisi della mappa di pericolosità sismica (Vedi Immagine 13) è corretto assegnare a quello oggetto di intervento la zona sismica 2 poiché caratterizzato da valori di PGA (Peak Ground Acceleration) compresi tra 0,175 g e 0,200 g.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

| Stati Limite P_{VR} | | Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R |
|---------------------------|-----|-------------------------------------------------------------|
| Stati limite di esercizio | SLO | 81% |
| | SLD | 63% |
| Stati limite ultimi | SLV | 10% |
| | SLC | 5% |

| Stato Limite | Tr [anni] | ag [g] | Fo | Tc*[s] |
|----------------------------|-----------|--------|-------|--------|
| Operatività (SLO) | 30 | 0,060 | 2,484 | 0,280 |
| Danno (SLD) | 50 | 0,075 | 2,463 | 0,293 |
| Salvaguardia vita (SLV) | 475 | 0,183 | 2,491 | 0,345 |
| Prevenzione collasso (SLC) | 975 | 0,236 | 2,526 | 0,355 |

RIEPILOGO PARAMETRI SISMICI

| | |
|----------------------------------------------|----------|
| Vita Nominale | 50 |
| Classe d'Uso | 2 |
| Categoria del Suolo | B |
| Categoria Topografica | 1.2 |
| Latitudine del sito oggetto di edificazione | 42.90085 |
| Longitudine del sito oggetto di edificazione | 13.45954 |

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il Comune di Palmiano ha effettuato lo Studio di Microzonazione Sismica di III° livello di buona parte del territorio comunale comprendente le zone abitate e quindi anche l'area del Capoluogo dove è ubicato il fabbricato oggetto di intervento; nella “Carta delle Microzone omogenee in prospettiva sismica”, allegata allo studio e che si riporta di seguito (Vedi Immagine 14), l'area comprendente il fabbricato in oggetto risulta individuata nella “zona stabile suscettibile di amplificazioni locali” definita dalla MOPS 2099, ovvero quella caratterizzato da arenaria in affioramento (alterata nella parte alta) ed i cui spettri saranno messi a confronto con quelli di normativa ai sensi e nel rispetto di quanto previsto nell'Ordinanza C.S.R sisma 2016 n. 55 e s.m.i..

CONFRONTO SPETTRI

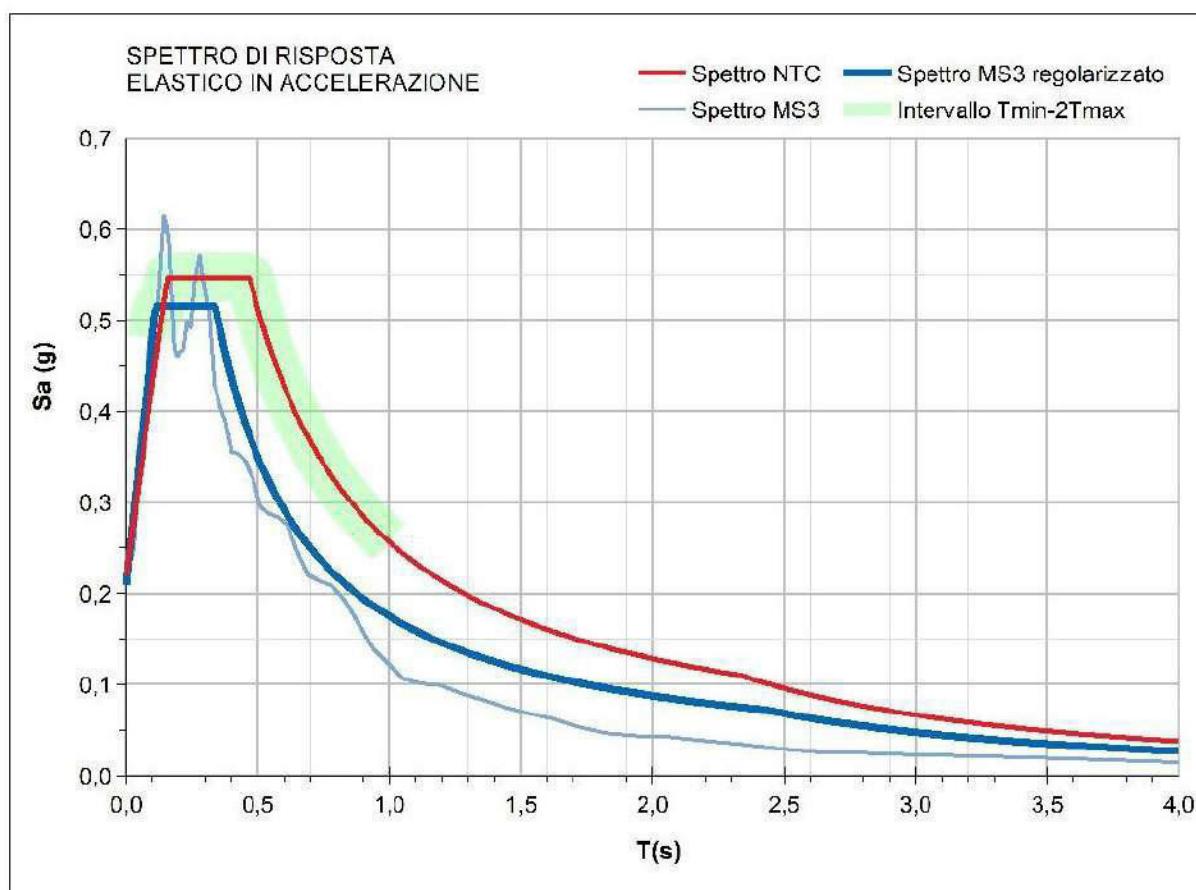
L'allegato 1 dell'ordinanza n. 55/2018 al fine di definire lo spettro elastico di progetto, specifica che il progettista delle strutture dovrà confrontare lo spettro di risposta medio regolarizzato (secondo il metodo riportato in Appendice 1) ottenuto dallo studio di MS3 della microzona di interesse con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni. L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di MS3 e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore, T_{min} , e il maggiore, T_{max} , dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica. Tale intervallo è compreso tra T_{min} e $2T_{max}$. In questo intervallo dovranno essere valutate le seguenti due condizioni:

- lo spettro di MS3 supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
- l'integrale dello spettro di MS3 è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Se nessuna delle due condizioni è verificata, è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica.

Se almeno una delle condizioni di cui sopra è verificata, lo spettro previsto dall'approccio semplificato della normativa può ritenersi significativamente meno conservativo di quello di MS3 e quindi si dovrà procedere all'analisi della RSL monodimensionale (1D) o bidimensionale (2D).

Dal confronto eseguito dal sottoscritto riportato nell'immagine 15, nessuna delle condizioni sopra descritte è verificata e pertanto ai sensi della normativa vigente si potrà procedere per le verifiche con l'approccio semplificato della normativa, ovvero attraverso la definizione della categoria di suolo e della categoria topografica.



| INTERVALLO DI PERIODI (sec) Tmin - Tmax | CONDIZIONE 1 Lo spettro MS3 supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma (NTC)? | CONDIZIONE 2 L'integrale dello spettro MS3 è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma? | R.S.L. Sono necessari approfondimenti del modello di sottosuolo? |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 0,1 - 0,5 | NO | -20,56% NO | NO |

8 COMBINAZIONE DI CARICO

8.1 COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal DM 17/01/2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018, per i seguenti casi di carico:

| | |
|-------------------------------------------|-------------------------------|
| SLO | SI |
| SLD | SI |
| SLV | SI |
| SLC | NO |
| Combinazione Rara | SI |
| Combinazione frequente | SI |
| Combinazione quasi permanente | SI |
| SLU terreno A1 – Approccio 1/ Approccio 2 | SI-CON NTC18 SOLO APPROCCIO 2 |
| SLU terreno A2 – Approccio 1 | NON PREVISTA DALLE NTC18 |

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

$$F_d = \gamma_g G_k + \gamma_p P_k + \gamma_q [Q_{1k} + \sum_{i=2}^{i=n} \psi_{0i} Q_{ik}]$$

dove:

- G_k = valore caratteristico delle azioni permanenti
 P_k = valore caratteristico della forza di precompressione
 Q_{1k} = valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione
 Q_{ik} = valore caratteristico dell'i-esima azione variabile
 γ_g = coeff. parziale = 1.3 (1.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza)
 γ_p = coeff. parziale = 0.9 (1.2 se il suo contributo diminuisce la sicurezza)
 γ_q = coeff. parziale = 1.5 (0.0 se il suo contributo aumenta la sicurezza).

• **Combinazione sismica (SLV-SLD-SLO):**

$$F_d = E + G_k + P_k + \left[\sum_i (\psi_{ji} Q_{ik}) \right]$$

dove:

E = valore dell'azione sismica per lo stato limite in esame (SLV-SLD-SLO)

Q_k = valore caratteristico delle azioni permanenti

P_k = valore caratteristico delle azioni di precompressione

Q_{ki} = valori caratteristici delle azioni variabili, tra loro indipendenti

$\psi_{0,i}$ = coeff. che fornisce il valore raro dell'azione variabile.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai carichi gravitazionali (form. 3.2.17).

Le direzioni di ingresso del sisma sono 4:

- Angolo 0°
- Angolo 90°
- Angolo 180°
- Angolo 270°

La normativa però prescrive di considerare una eccentricità accidentale del centro di massa non inferiore al 5% della dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica. Questo significa applicare per ogni direzione del sisma due momenti torcenti di piano (pari alla forzante di piano sismica moltiplicata per l'eccentricità).

Come si può notare dallo schema sotto, per ogni "angolo di direzione" di ingresso del sisma si avranno due differenti azioni, una che considera il torcente positivo e una che considera il torcente negativo.

In totale si avranno perciò non 4 direzioni di ingresso ma 8 direzioni di ingresso.

Queste direzioni di ingresso sono state poi opportunamente combinate spazialmente tra loro sommando al sisma della direzione analizzata il 30% delle azioni derivanti dal sisma ortogonale (es: Ex + 0.3 Ey) e in totale per ogni stato limite considerato si avranno 16 combinazioni di carico.

NB: ha senso spostare il centro di massa solo nei solai che vengono considerati infinitamente rigidi perché la massa è concentrata nel baricentro. (Non ha senso spostare un centro di massa che non è stato possibile definire, infatti nel caso di solai non rigidi la massa è concentrata in ogni nodo in base all'incidenza dei carichi).

- **Stato limite di Esercizio (SLE):**

Le combinazioni previste per gli SLE sono le seguenti:

$$F_r = G_k + P_k + Q_{ik} + \sum_i (\psi_{0i} Q_{ik}) \quad \text{combinazione rara}$$

$$F_f = G_k + P_k + \psi_{11} Q_{ik} + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ik}) \quad \text{combinazione frequente}$$

$$Fq = G_k + P_k + \sum_i (\psi_{2i} Q_{ik}) \quad \text{combinazione quasi permanente}$$

dove:

ψ_{1i} = coeff. delle azioni ammissibili ai frattali di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

ψ_{2i} = coeff. valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Il sottoscritto progettista ha verificato che le combinazioni prese in considerazione per il calcolo sono sufficienti a garantire il soddisfacimento delle prestazioni sia per gli stati limite ultimi che per gli stati limite di esercizio. Le combinazioni considerate ai fini del progetto tengono infatti in conto delle azioni derivanti dai pesi propri, dai carichi permanenti, dalle azioni variabili, dalle azioni termiche e dalle azioni sismiche combinate utilizzando i coefficienti parziali previsti dalle NTC 2018 per le prestazioni di SLU ed SLE.

8.2 COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE

Le azioni definite come al § 2.5.1 delle N.T.C. 2018 sono state combinate in accordo a quanto definito al § 2.5.3. applicando i coefficienti di combinazione come di seguito definiti:

| Categoria/Azione variabile | ψ_{0i} | ψ_{1i} | ψ_{2i} |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 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 Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN) | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria H Coperture | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 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 |

Tabella 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qi} utilizzati nelle calcolazioni sono dati nelle N.T.C. 2018 in § 2.6.1, Tab. 2.6.I.

9 MODELLAZIONE, ANALISI E VERIFICA STRUTTURALE

9.1 MODELLO DI CALCOLO

CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE – RISOLUZIONE DELLA STRUTTURA

I calcoli sono stati condotti secondo i criteri della Scienza delle Costruzioni assumendo i carichi di normativa e valutando le sollecitazioni per via numerica. L'analisi strutturale viene eseguita per mezzo di un elaboratore elettronico dei dati utilizzando un codice di calcolo del tipo "SAP" il quale consente il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche basato sul metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

La struttura è stata modellata utilizzando gli elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali:

- 1) elemento monodimensionale asta (beam), per travi e pilastri, che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale (oltre che quella a flessione) di questi elementi utilizzando funzioni cubiche di Hermite. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale;
- 2) elemento bidimensionale shell (quad) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali. Tale elemento finito di tipo isoparametrico è stato modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM. Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipende dalla forma e densità della MESH. Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

Vengono usati per modellare gli elementi strutturali bidimensionali quali pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche.

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote. La presenza di tali orizzontamenti è stata tenuta in conto con vincoli cinematici rigidi tra i nodi strutturali coinvolti, che ne condiziona il movimento relativo, oppure con modellazione della soletta con elementi SHELL.

I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale. In particolare, il modello di calcolo ha tenuto conto dell'interazione suolo-struttura schematizzando le fondazioni superficiali (con elementi plinto, trave o piastra) come elementi su suolo elastico alla Winkler, principalmente caratterizzabili attraverso una opportuna costante di sottofondo. I

legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono del tipo elastico lineare.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il metodo di Cholesky.

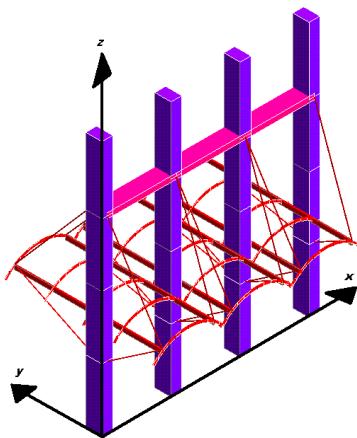
Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

Si ritiene che i modello utilizzati siano rappresentativi del comportamento reale di ciascuna struttura.

SISTEMI DI RIFERIMENTO

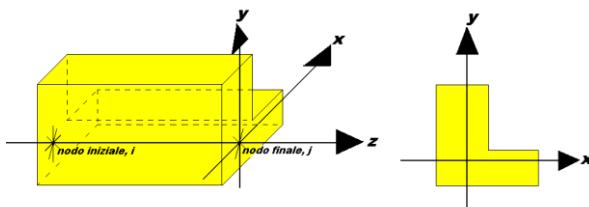
1) SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



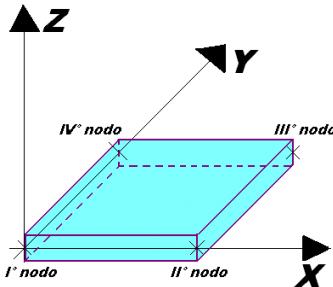
2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X e Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano della shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

| | |
|---------------|-------------|
| [lunghezze] | = m |
| [forze] | = kgf / daN |
| [tempo] | = sec |
| [temperatura] | = °C |

CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale. I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.

9.2 TIPO DI ANALISI SVOLTA

- Tipo di analisi e motivazione

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare. Per quanto riguarda le azioni simiche, tenendo conto che per tali azioni si vogliono determinare le prestazioni in termini di capacità in spostamento e di danno per i vari stati limite previsti dalla norma si è reso necessario effettuare un'analisi statica non lineare (Push Over).

- Metodo di risoluzione della struttura

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

Nel modello sono stati tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi. La presenza di eventuali orizzontamenti e' stata tenuta in conto o con vincoli cinematici rigidi o con modellazione della soletta con elementi SHELL. I vincoli tra i vari elementi strutturali e quelli con il terreno sono stati modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

- Metodo di verifica sezionale

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17.01.2018.

- Combinazioni di carico adottate

Le combinazioni di calcolo considerate sono quelle previste dal D.M. 17.01.2018 per i vari stati limite e per le varie azioni e tipologie costruttive. In particolare, ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state considerate le combinazioni delle azioni di cui al § 2.5.3 delle NTC 2018, per i seguenti casi di carico:

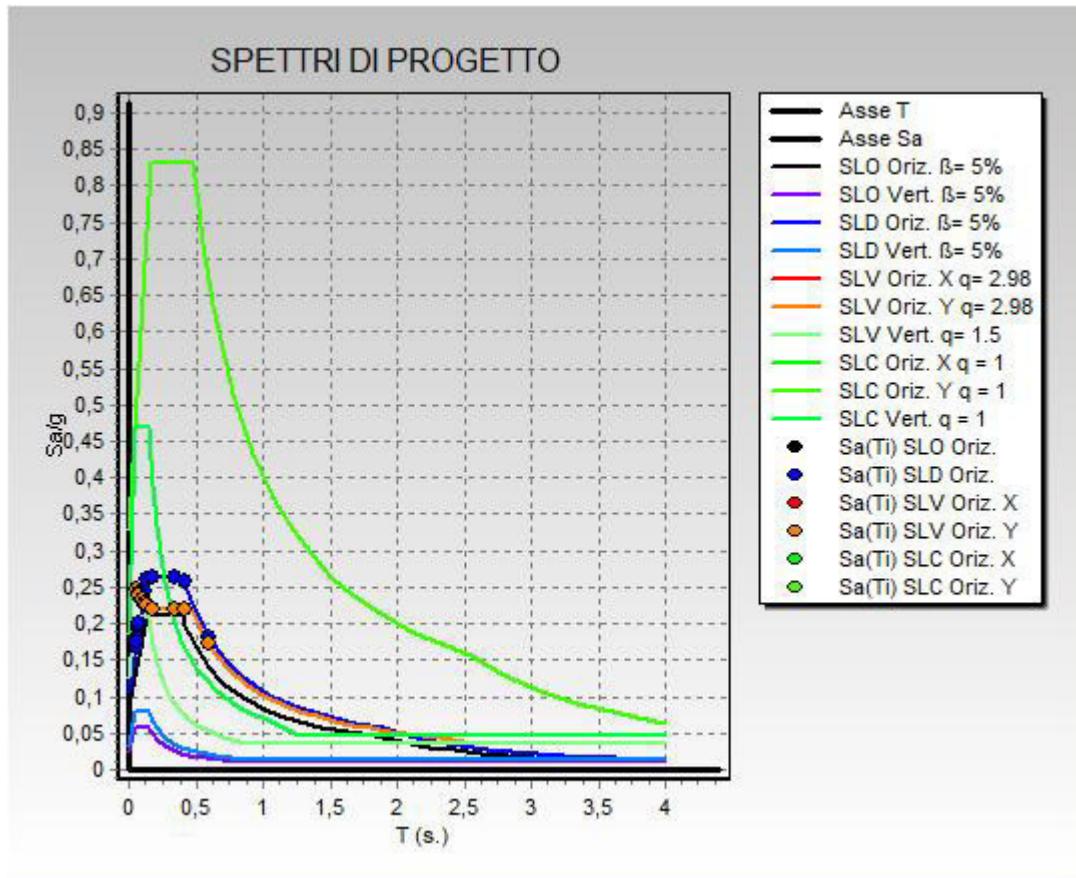
| | |
|-------------------------------------------|-------------------------------|
| SLO | NO |
| SLD | SI |
| SLV | SI |
| SLC | NO |
| Combinazione Rara | SI |
| Combinazione frequente | SI |
| Combinazione quasi permanente | SI |
| SLU terreno A1 – Approccio 1/ Approccio 2 | SI-CON NTC18 SOLO APPROCCIO 2 |
| SLU terreno A2 – Approccio 1 | NON PREVISTA DALLE NTC18 |

- Componente sismica verticale

Secondo il §7.2.2 "la componente sismica verticale deve essere considerata anche in presenza di elementi pressoché orizzontali con luce superiore a 20 m, elementi precompressi (con l'esclusione dei solai di luce inferiore a 8 m), elementi a mensola di luce superiore a 4 m, strutture di tipo spingente, pilastri in falso, edifici con piani sospesi, ponti e costruzioni con isolamento nei casi specificati in §7.10.5.3.2.".

Pertanto non essendo presenti tali condizioni si ritiene che gli effetti della componente sismica verticale non sono significativi nella valutazione del comportamento sismico globale.

9.3 SPETTRO DI RISPOSTA



9.4 RISULTATI ANALISI SVOLTE – STATO ANTE OPERAM

VALORE DI SICUREZZA STRUTTURALE

Lo stato ANTE - OPERAM opera ha un grado di sicurezza pari a **0,141 (14,10 %)** corrispondente alla push n. 10

Tabellina riassuntiva delle PushOver

| Numero PushOver | PgaSLO/Pga81% | PgaSLD/Pga63% | PgaSLV/Pga10% | PgaSLC/Pga5% |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 1 | 0 | .483 | .196 | 0 |
| 2 | 0 | .349 | .185 | 0 |
| 3 | 0 | .429 | .388 | 0 |
| 4 | 0 | .349 | .24 | 0 |
| 5 | 0 | .617 | .251 | 0 |
| 6 | 0 | .456 | .24 | 0 |
| 7 | 0 | .564 | .479 | 0 |
| 8 | 0 | .456 | .316 | 0 |
| 9 | 0 | .429 | .185 | 0 |
| 10 | 0 | .349 | .141 | 0 |
| 11 | 0 | .322 | .392 | 0 |
| 12 | 0 | .483 | .376 | 0 |
| 13 | 0 | .537 | .24 | 0 |
| 14 | 0 | .456 | .185 | 0 |
| 15 | 0 | .429 | .473 | 0 |
| 16 | 0 | .617 | 1.255 | 0 |
| 17 | 0 | .402 | .185 | 0 |
| 18 | 0 | .429 | .196 | 0 |
| 19 | 0 | .483 | .363 | 0 |
| 20 | 0 | .295 | .229 | 0 |
| 21 | 0 | .537 | .251 | 0 |
| 22 | 0 | .537 | .251 | 0 |
| 23 | 0 | .644 | .45 | 0 |
| 24 | 0 | .402 | .294 | 0 |
| 25 | 0 | .349 | .174 | 0 |
| 26 | 0 | .402 | .163 | 0 |
| 27 | 0 | .376 | .384 | 0 |
| 28 | 0 | .402 | .407 | 0 |
| 29 | 0 | .456 | .229 | 0 |
| 30 | 0 | .537 | .218 | 0 |
| 31 | 0 | .483 | .47 | 0 |
| 32 | 0 | .537 | .497 | 0 |
| Min. PgaSL/Pga% | 0 | .295 | .141 | 0 |

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.IIA, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

TABELLINA RIASSUNTIVA DELLE % MASSA ECCITATA

Il numero dei modi di vibrare considerato (12) ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

| DIREZIONE | % MASSA |
|-----------|-----------------|
| X | 100 |
| Y | 100 |
| Z | NON SELEZIONATA |

TABELLINA RIASSUNTIVA VERIFICHE MURATURE

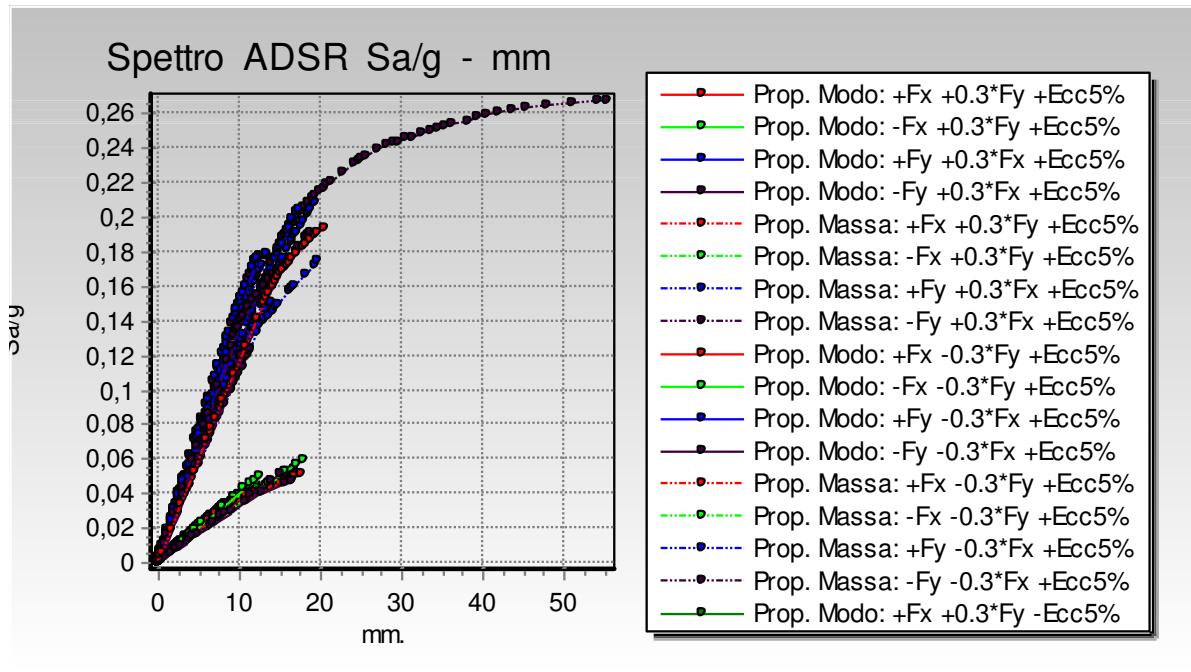
| Tipo Verifica | Non Verif/Totale | Coeff. Sicur. Minimi | STATUS |
|-----------------------|------------------|----------------------|----------------|
| Maschi – Statiche | 40 su 145 | | NON VERIFICATO |
| Maschi – Sisma Ortog. | 9 su 145 | .12 | NON VERIFICATO |
| Meccanismi Locali | 5 su 5 | 0 | NON VERIFICATO |

TABELLINA RIASSUNTIVA PORTANZA

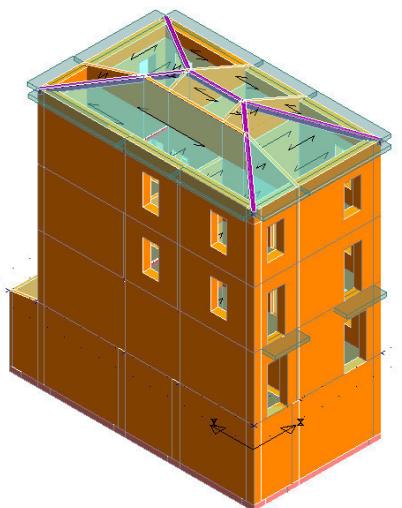
| | VALORE | STATUS |
|--------------------------------------|--------|----------------|
| Sigma Terreno Massima (kg/cmq) | 3.69 | |
| Coeff. di Sicurezza Portanza Globale | .58 | NON VERIFICATO |
| Coeff. di Sicurezza Scorrimento | 1.5 | VERIFICATO |
| Cedimento Elastico Massimo (cm) | 1.37 | |
| Cedimento Edometrico Massimo (cm) | 1.17 | |

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

INVILUPPO CURVE DI CAPACITA':

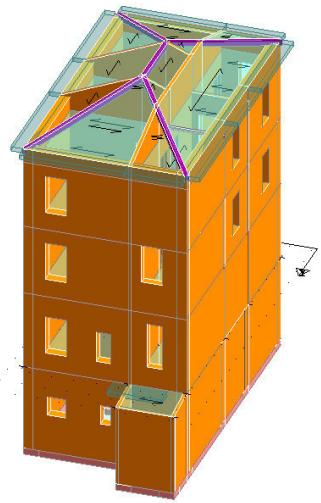


SCHEMI DI CALCOLO:



Modellazione 3D

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti



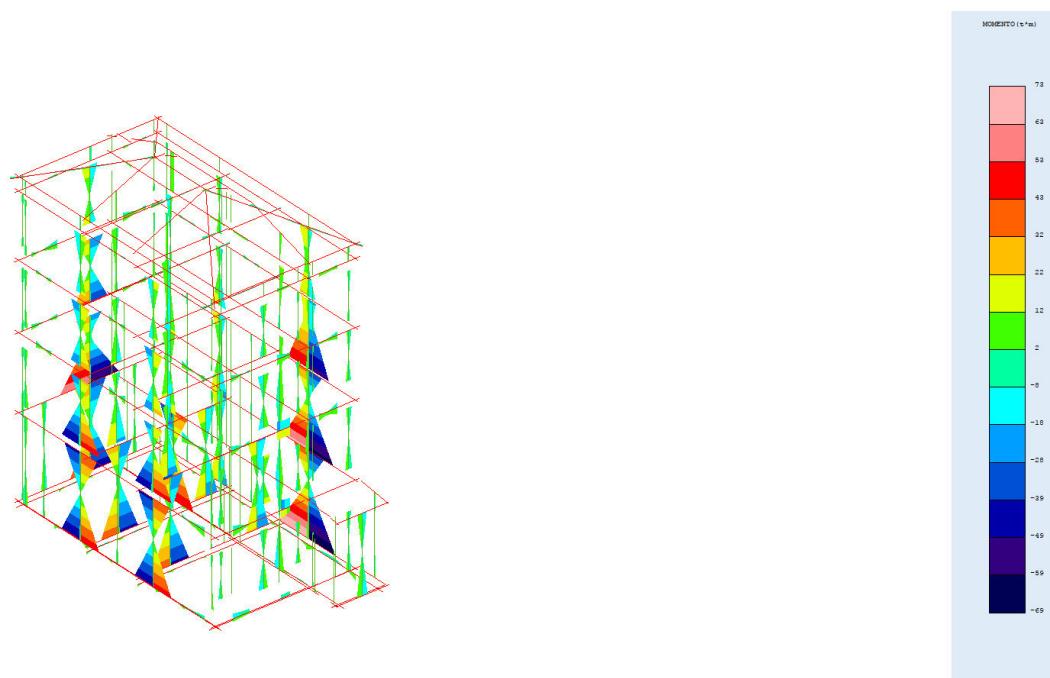
Modellazione 3D



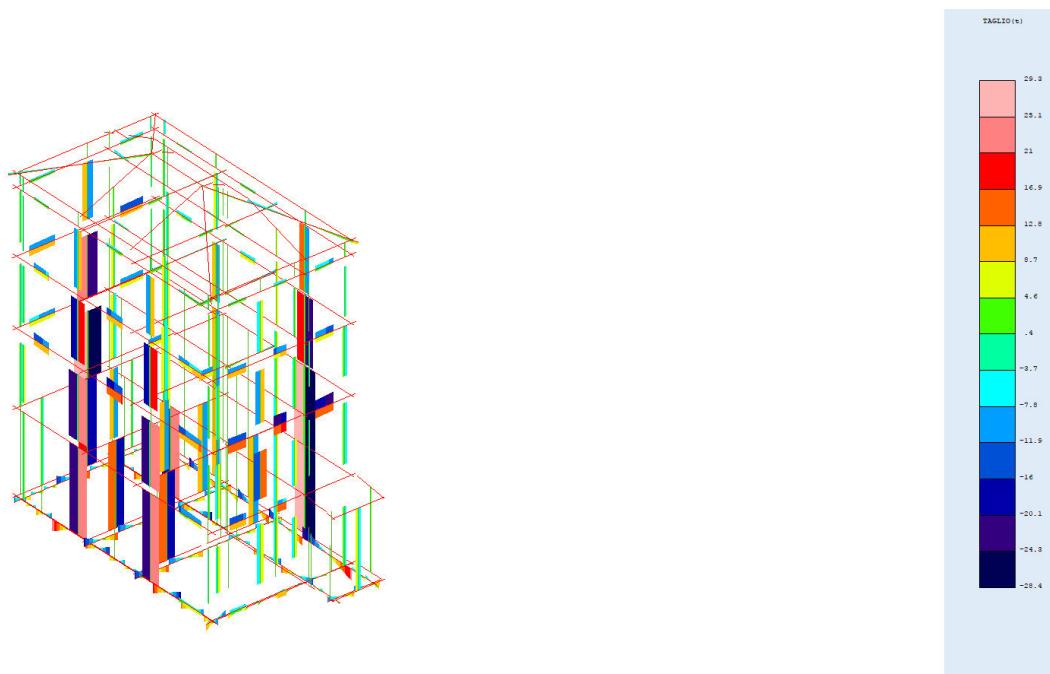
Modellazione 3D

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

VISUALIZZAZIONE RISULTATI:

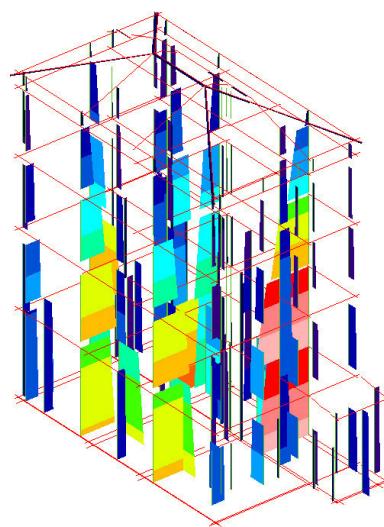


Risultati – momento flettente (Inviluppo)

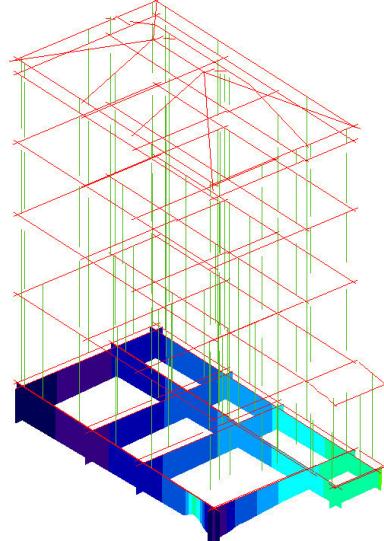


Risultati – taglio (Inviluppo)

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

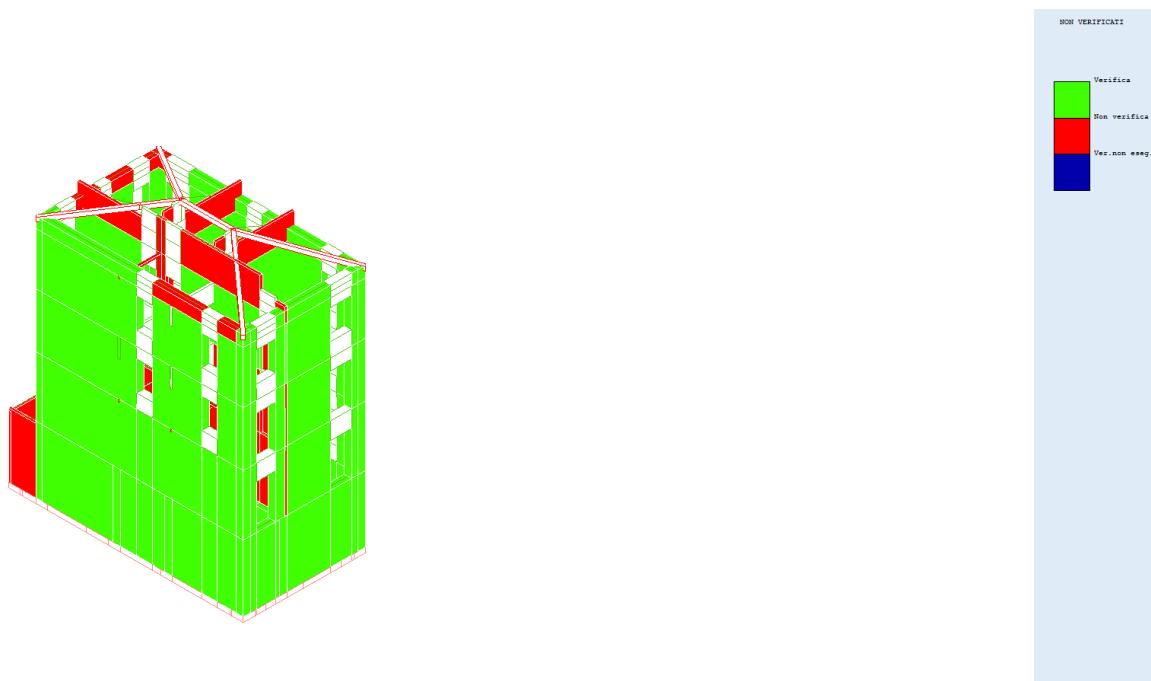


Risultati – sforzo normale (Inviluppo)

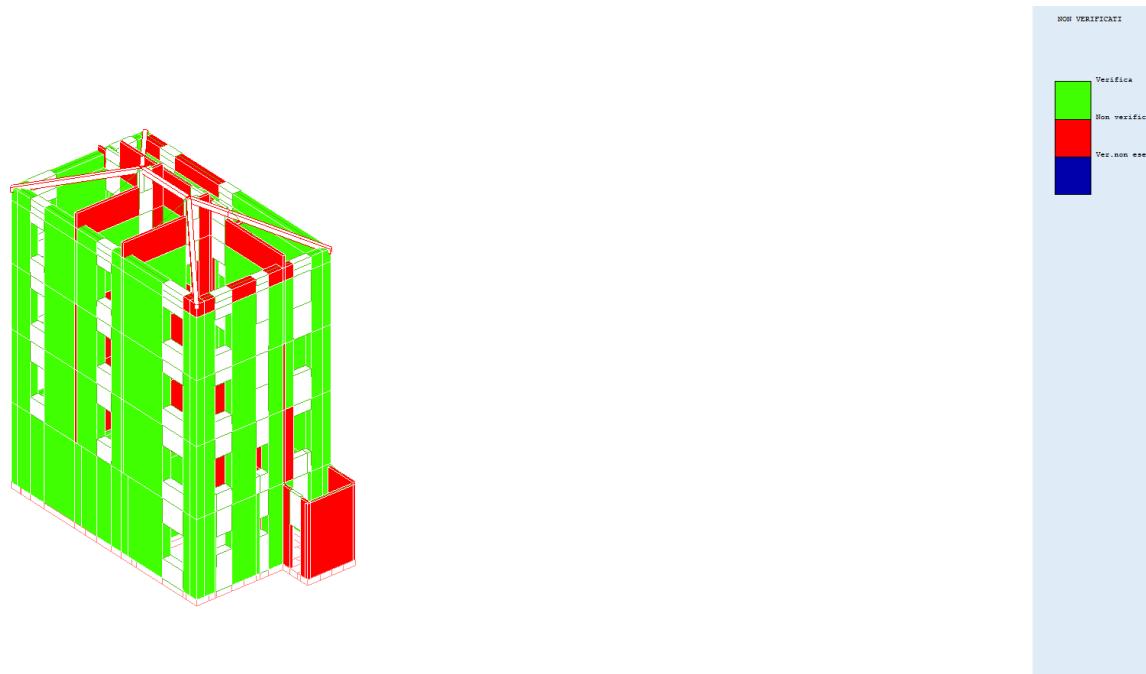


Risultati – pressione terreno

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.IIA, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti



Risultati – verifica maschi muratura



Risultati – verifica maschi muratura

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti



Risultati – verifica aste legno

9.5 RISULTATI ANALISI SVOLTE – STATO POST OPERAM

VALORE DI SICUREZZA STRUTTURALE

Lo stato POST - OPERAM opera ha un grado di sicurezza pari a **1,011 (101,10 %)** corrispondente alla push n. 25

Tabellina riassuntiva delle PushOver

| Numero PushOver | PgaSLO/Pga81% | PgaSLD/Pga63% | PgaSLV/Pga10% | PgaSLC/Pga5% |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 1 | 0 | 1.011 | 1.105 | 0 |
| 2 | 0 | 1.099 | 1.045 | 0 |
| 3 | 0 | 1.036 | 1.081 | 0 |
| 4 | 0 | 1.557 | 1.356 | 0 |
| 5 | 0 | 1.178 | 1.446 | 0 |
| 6 | 0 | 1.347 | 1.231 | 0 |
| 7 | 0 | 1.198 | 1.105 | 0 |
| 8 | 0 | 1.99 | 1.223 | 0 |
| 9 | 0 | 1.185 | 1.084 | 0 |
| 10 | 0 | 1.249 | 1.074 | 0 |
| 11 | 0 | 1.313 | 1.202 | 0 |
| 12 | 0 | 1.205 | 1.402 | 0 |
| 13 | 0 | 1.437 | 1.375 | 0 |
| 14 | 0 | 1.457 | 1.231 | 0 |
| 15 | 0 | 1.561 | 1.759 | 0 |
| 16 | 0 | 1.447 | 1.759 | 0 |
| 17 | 0 | 1.121 | 1.101 | 0 |
| 18 | 0 | 1.084 | 1.023 | 0 |
| 19 | 0 | 1.23 | 1.015 | 0 |
| 20 | 0 | 1.279 | 1.124 | 0 |
| 21 | 0 | 1.39 | 1.013 | 0 |
| 22 | 0 | 1.302 | 1.222 | 0 |
| 23 | 0 | 1.432 | 1.258 | 0 |
| 24 | 0 | 1.543 | 1.759 | 0 |
| 25 | 0 | 1.012 | 1.011 | 0 |
| 26 | 0 | 1.123 | 1.109 | 0 |
| 27 | 0 | 1.616 | 1.384 | 0 |
| 28 | 0 | 1.452 | 1.192 | 0 |
| 29 | 0 | 1.157 | 1.118 | 0 |
| 30 | 0 | 1.157 | 1.241 | 0 |
| 31 | 0 | 1.978 | 1.366 | 0 |
| 32 | 0 | 1.136 | 1.588 | 0 |
| Min. PgaSL/Pga% | 0 | 1.024 | 1.011 | 0 |

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.IIa, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

TABELLINA RIASSUNTIVA DELLE % MASSA ECCITATA

Il numero dei modi di vibrare considerato (12) ha permesso di mobilitare le seguenti percentuali delle masse della struttura, per le varie direzioni:

| DIREZIONE | % MASSA |
|-----------|-----------------|
| X | 100 |
| Y | 100 |
| Z | NON SELEZIONATA |

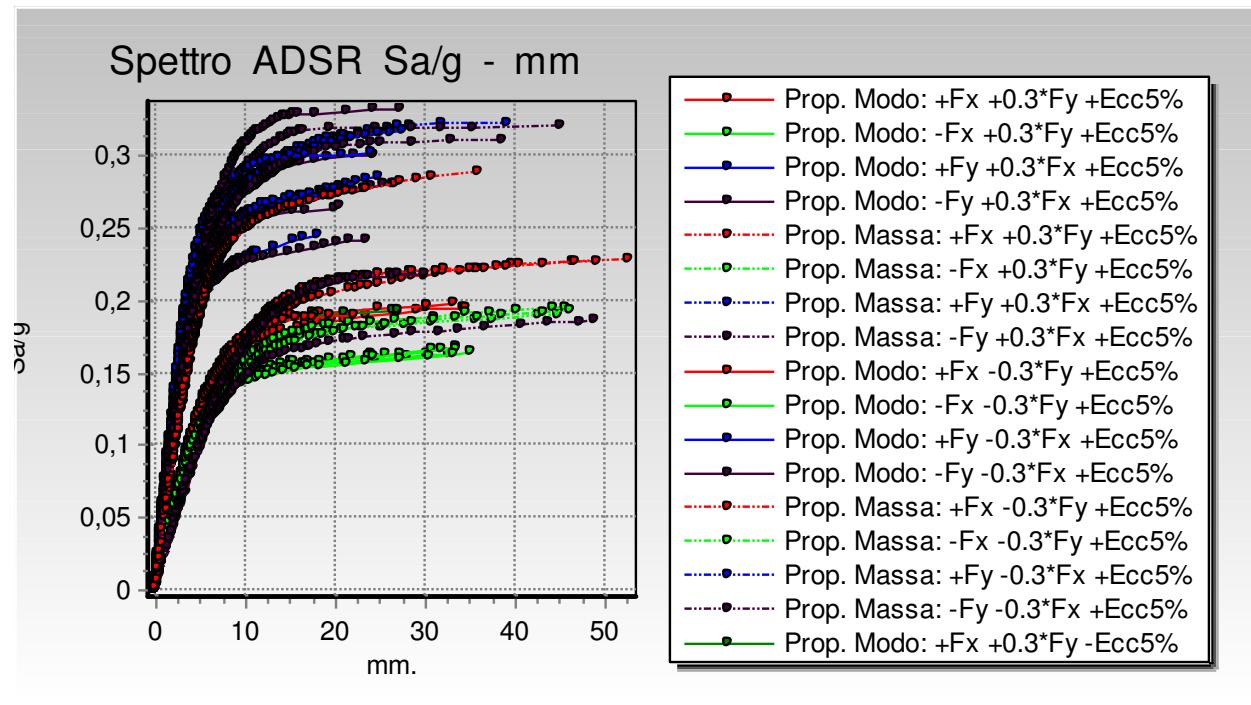
TABELLINA RIASSUNTIVA VERIFICHE MURATURE

| Tipo Verifica | Non Verif/Totale | Coeff. Sicur. Minimi | STATUS |
|-----------------------|------------------|----------------------|------------|
| Maschi – Statiche | 0 su 144 | | VERIFICATO |
| Maschi – Sisma Ortog. | 0 su 144 | 2.78 | VERIFICATO |
| Meccanismi Locali | 0 su 5 | 8.38 | VERIFICATO |

TABELLINA RIASSUNTIVA PORTANZA

| | VALORE | STATUS |
|--------------------------------------|--------|------------|
| Sigma Terreno Massima (kg/cmq) | 3.34 | |
| Coeff. di Sicurezza Portanza Globale | 1.02 | VERIFICATO |
| Coeff. di Sicurezza Scorrimento | 1.44 | VERIFICATO |
| Cedimento Elastico Massimo (cm) | 1.28 | |
| Cedimento Edometrico Massimo (cm) | 1.09 | |

INVILUPPO CURVE DI CAPACITA':



SCHEMI DI CALCOLO:

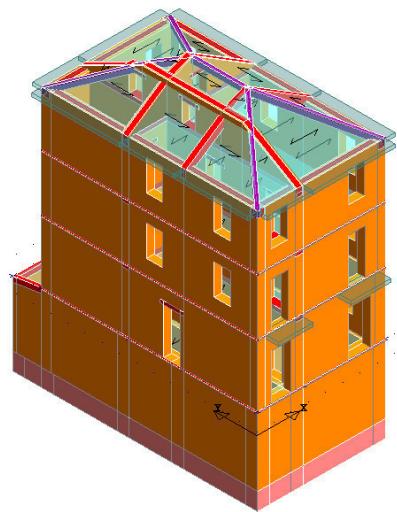


Modellazione 3D

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti



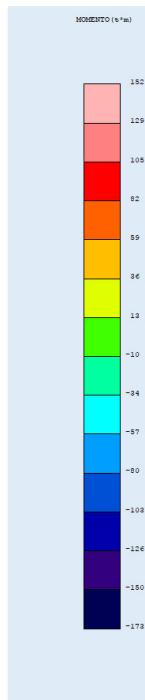
Modellazione 3D



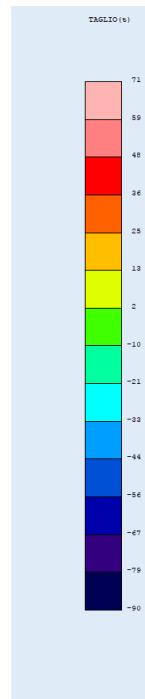
Modellazione 3D

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.IIA, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

VISUALIZZAZIONE RISULTATI:

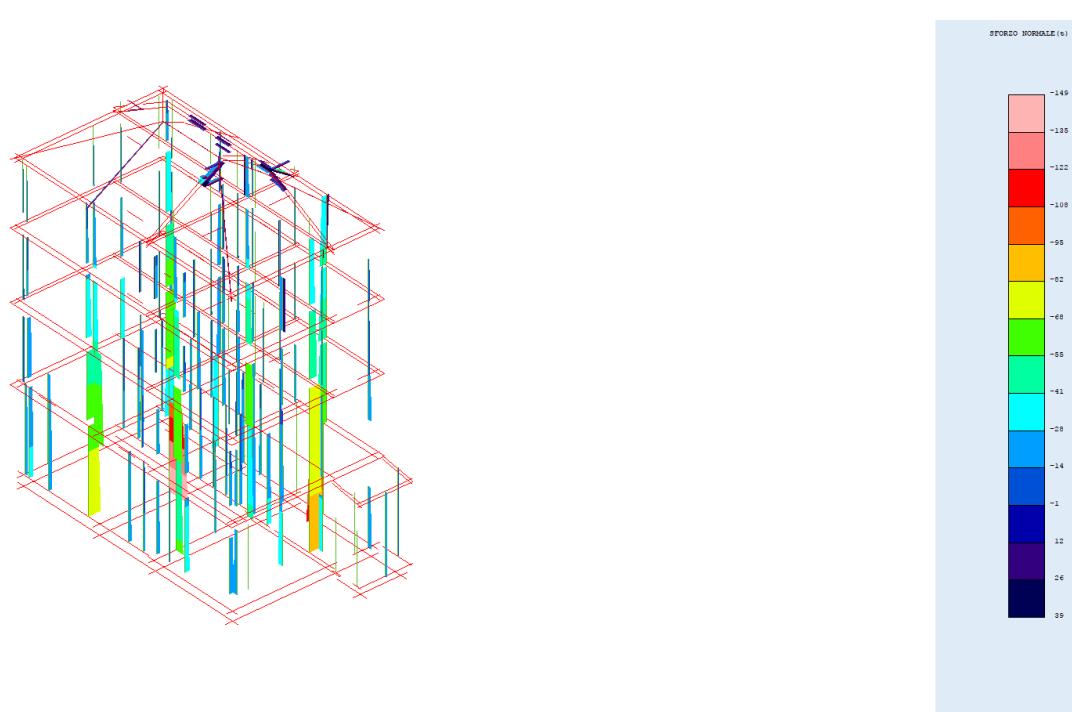


Risultati – momento flettente (Inviluppo)

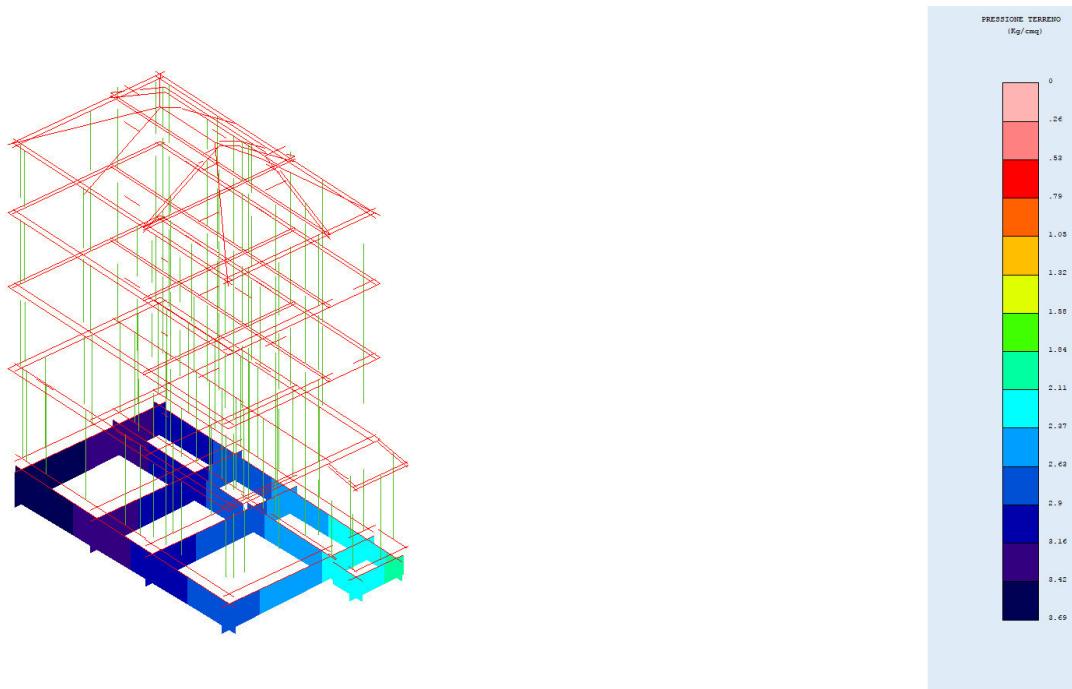


Risultati – taglio (Inviluppo)

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

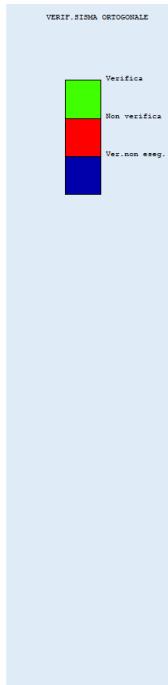


Risultati – sforzo normale (Inviluppo)

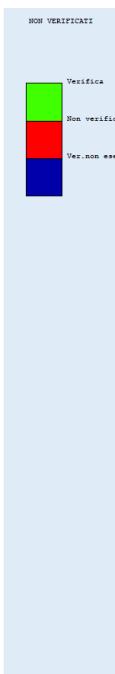


Risultati – pressione terreno

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti

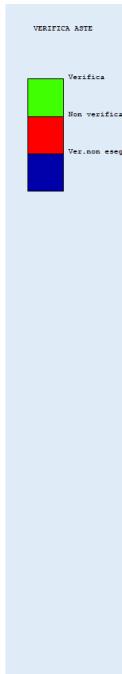


Risultati – verifica maschi muratura



Risultati – verifica maschi muratura

Ripristino dell'agibilità dell'edificio, (ex Molino) di proprietà del Comune di Palmiano sito in Piazza Umberto I, identificato al N.C.E.U. del Comune di Palmiano, al FG. 11, P.la, n. 12, danneggiato e reso inagibile a seguito del sisma del 2016 e seguenti



Risultati – verifica elementi principali in legno

10 CONCLUSIONI

PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO ai sensi del cap. 8.4.3 del DM 17/01/18

Di seguito si riportano i valori risultanti dall'analisi non lineare statica (Push over) sia per lo stato ANTE-OPERAM che per lo stato POST-OPERAM

PgaSLV/Pga10% ANTE OPERAM = 0,141 (14,10 %)

PgaSLV/Pga10% POST OPERAM = 1,011 (101,10 %)

Visto che gli interventi di “*Adeguamento Sismico*” ai sensi del § 8.4.3 del DM 17 gennaio 2018 e relativa circolare devono garantire un indice di sicurezza sismico maggiore del valore unitario $\zeta_E \geq 1,0$, essendo il valore dell’indice di rischio sismico post-operam ≥ 1 l’intervento di adeguamento sismico conseguito risulta essere efficace.

11 CRITERI DI AFFIDABILITÀ ED ACCETTABILITÀ

11.1 AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO UTILIZZATI

(ai sensi del §C10.2 delle NTC18):

Origine e Caratteristiche dei codici di calcolo

| | |
|-------------|------------|
| Produttore | S.T.S. srl |
| Titolo | CDSWin |
| Versione | Rel. 2022 |
| Nro Licenza | 34991 |

Ragione sociale completa del produttore del software:

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

Via Tre Torri n°11 – Complesso Tre Torri

95030 Sant'Agata li Battiati (CT).

Affidabilità dei codici utilizzati

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all' indirizzo:

<http://www.stsweb.it/area-utenti/test-validazione.html>

Informazioni sull'elaborazione

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello generato;
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate;
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento;
- Controlli sulle verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata;
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti;
- Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all'autodiagnostica automatica.

11.2 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglienti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Sono state inoltre individuate un numero di travi ritenute significative e, per tali elementi, è stata effettuata una apposita verifica a flessione e taglio.

Le sollecitazioni agli SLU, derivanti dai carichi verticali, degli elementi strutturali più significativi risultano coerenti con i risultati di calcoli semplificati (utilizzando gli schemi statici di travi semplicemente appoggiate, telai piani...), mentre per quanto riguarda l'analisi sismica è stato fatto un controllo relativamente al calcolo delle masse sismiche, dei tagli di piano e delle rigidezze di piano, nonché dei massimi spostamenti, confrontando i risultati del software con quelli ottenuti da analisi lineari statiche su telai piani.

Si sono infine eseguite le verifiche di tali travi con metodologie semplificate e, confrontandole con le analoghe verifiche prodotte in automatico dal programma, si è potuto riscontrare la congruenza di tali risultati con i valori riportati dal software.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.