



COMUNE DI CASTEL MAGGIORE (BO)

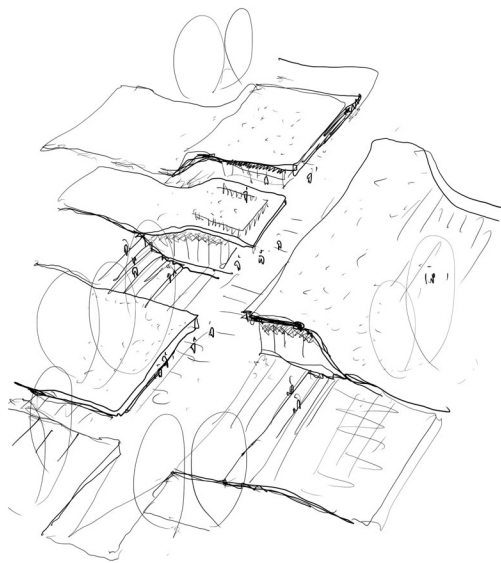
3° Settore LL.PP. e Ambiente

BIBLIOTECA E STRUTTURA POLIVALENTE CIG 775286281C – CUP G77H16000690004

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Geom. Lucia CAMPANA

Via Matteotti 10 - 40013_Castel Maggiore (BO)
mail: lavori.pubblici@comune.castel-maggiore.bo.it
pec: comune.castelmaggiore@cert.provincia.bo.it
T +39 0516386751



S.B.ARCH. Studio Bargone Architetti Associati 

15, via DEL COLLE DI MEZZO
I_00143 Roma (RM)
T +39 06 51981103, F +39 0742 357775
email: info@studiobargone.it
pec: federico.bargone@archiworldpec.it

Arch. **Federico BARGONE**
Arch. **Francesco BARTOLUCCI**
Arch. **Enrico AULETTA**
Ing. **Luigi LUCCIOLI**
Per. Ind. **Giorgio DEMOFONTI**
Ing. **Stefano ROSMANI**

OGGETTO:
PROGETTO DEFINITIVO/ESECUTIVO

DATA
Febbraio 2020

Allegato d1.0

Relazione di calcolo STRUTTURE: premessa

NOTE:

REV:

0. PREMESSA

Trattasi della realizzazione di biblioteca e struttura polivalente, da eseguirsi nel Comune di Castel Maggiore (BO). L'area su cui sorgerà il nuovo polo culturale è attualmente destinata a verde pubblico ed è localizzata dalle seguenti coordinate geografiche:

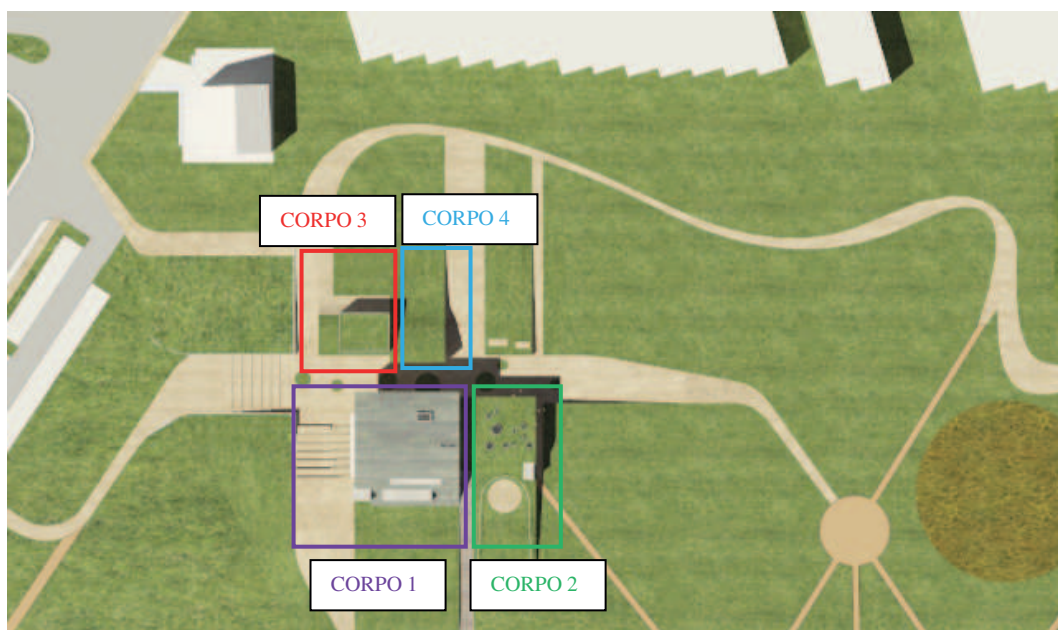
Latitudine: 44,581279° N

Longitudine: 11,357319° E

Secondo quanto riportato nel D.M. 17-01-2018, trattandosi di "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi" la Classe d'uso per le strutture è la III, con corrispondente coefficiente d'uso pari a 1,5.

Il progetto per ora in fase definitiva prevede la realizzazione di 4 Corpi, disposti frontalmente a due a due. La distinzione dei Corpi è stata necessaria in fase di modellazione. Essendo infatti edifici dalle caratteristiche differenti gli uni dagli altri è stato necessario interporre dei giunti strutturali per consentire, in caso di sisma, la possibilità del libero spostamento, evitando pericolosi fenomeni di martellamento.

Nella figura di seguito riportata sono individuati i 4 Corpi studiati.



Il **Corpo 4** è ad un unico piano ed andrà ad ospitare la sala consiliare. Il solaio di copertura è curvo in Predalles; superiormente sarà presente una copertura in tetto verde. Strutturalmente è stato progettato a pareti sismoresistenti, in cui i pilastri hanno lo scopo di

resistere essenzialmente ai carichi gravitazionali ed i setti alle azioni orizzontali dovute al sisma. La muratura di tamponamento consta di blocchi in calcestruzzo cellulare di tipo Ytong.

Il **Corpo 3** è adiacente al Corpo 4 e risulta staccato da esso da un giunto strutturale. Tale edificio è in parte realizzato con solaio curvo ad un piano, mentre una parte è caratterizzata da un impalcato intermedio oltre alla copertura sommitale. Dal punto di vista strutturale anche tale corpo è stato realizzato in C.A. con setti e pilastri. Vista l'irregolarità in altezza si procederà con la disposizione di corpi irrigidenti della struttura posti in parti lungo il perimetro ed in parte in corrispondenza del blocco scala/ascensore. In esso saranno ospitate una sala polivalente al piano terra e sale commissioni/gruppi consiliari al piano primo.

Il **Corpo 2** ospita l'area bambini ed è caratterizzato da un piano terra ed un piano mezzanino, raggiungibile mediante una scala metallica. La copertura di tale corpo è in travetti e travi in legno inclinati con cappa collaborante. Dal retro è presente una scala in C.A. che consente l'accesso dall'esterno all'ultimo piano del Corpo 1. Anche in questo caso la struttura dell'edificio è realizzata in pilastri e setti con tamponamento in blocchi in calcestruzzo cellulare, opportunamente collegati alla struttura.

Il **Corpo 1** infine è l'unico tra gli edifici da costruire principalmente in acciaio, con travi e pilastri (da sottolineare l'utilizzo delle travi Vierendeel). Sono comunque presenti dei muri in C.A.. Il primo impalcato è in latero-cemento, mentre il secondo impalcato e la copertura sono in legno-clc. Tale edificio ospiterà la biblioteca. Le scale interne saranno necessariamente di tipo leggero, in acciaio con rivestimento in legno/acciaio o a discrezione del committente, comunque non collaboranti dal punto di vista sismico.

Fondamentale risulta l'organizzazione dell'impalcato rigido che dovrà essere in grado di distribuire l'azione sismica agli elementi preposti.

Le fondazioni saranno in parte di tipo continuo ed in parte saranno organizzate in plinti per garantire la struttura contro cedimenti differenziali. Dato l'elevato rischio di liquefazione riscontrato dalle prime analisi sono state realizzate delle fondazioni profonde, principalmente pali, finalizzate al superamento degli strati potenzialmente liquefacibili e al trasferimento dei carichi delle strutture in elevazione a strati di terreno profondi e stabili in

caso di sisma. Come riportato dalla relazione geologica per giungere a strati non soggetti a liquefazione i pali saranno di lunghezza di almeno 15 m.

Date le caratteristiche strutturali dei corpi è stato adottato per i corpi 2-3-4 un fattore di comportamento pari a 2,4, mentre per il corpo 1 non dissipativo è stato considerato un parametro pari a 1.

Per i tamponamenti, come richiesto da normativa, sono state predisposte determinate prescrizioni ed in particolare:

- Nei corsi di malta applicare ad una distanza massima di 50 cm un traliccio piano in acciaio;
- Il collegamento dei blocchi alla struttura portante avverrà mediante tondo metallico a passo 50 cm tramite scanalatura ricavata direttamente all'interno del blocco e sigillatura mediante materiale comprimibile;
- Ogni 3 m predisporre un blocco canaletta riempito con armatura e calcestruzzo;
- Ai lati dei pilastri e di tutte le aperture e comunque a passo inferiore ai 3 m, predisporre un blocco speciale con armatura annegata.

Per quanto riguarda invece gli altri elementi non strutturali, quali controsoffitti e vetrate, non avendo ancora definito il fornitore, non sono ancora stati studiati i collegamenti in questa fase definitiva. Durante il progetto esecutivo sarà cura del progettista strutturale definire anche tali aspetti, assieme ai tecnici impiantisti.

Internamente la pavimentazione poggiante su igloo è stato deciso con la Committenza di non realizzarla su pali.

Di seguito è riportata la relazione di calcolo per ogni corpo nella quale sono indicate le caratteristiche dei materiali impiegati. Si è proceduto con la descrizione dei solai e le analisi dei carichi sulla base del § 2.6 del D.M. 17-01-2018, quindi le verifiche di travi, pilastri, setti, solai e delle principali fondazioni progettate, come previsto per la fase di progettazione definitiva. Nella fase esecutiva verranno esplicitati tutti gli elementi necessari per la cantierizzazione.

Segue il riassunto di quanto riportato nella relazione geologica.

0.1 Relazione Geologica

Bisogna innanzitutto sottolineare come l'area interessata all'intervento ricada in una zona caratterizzata da due distinte criticità sismo-geologiche.

La parte più settentrionale, come risulta dagli elaborati di microzonazione sismica comunale, risulta soggetta ad amplificazioni stratigrafiche ed elevati cedimenti post sisma.

La parte più meridionale invece risulta essere caratterizzata da un alto indice di probabilità di manifestazione di fenomeni di Liquefazione accompagnati da cedimenti significativi.

Già all'interno della Variante al RUE n.10/2018 veniva riportato:

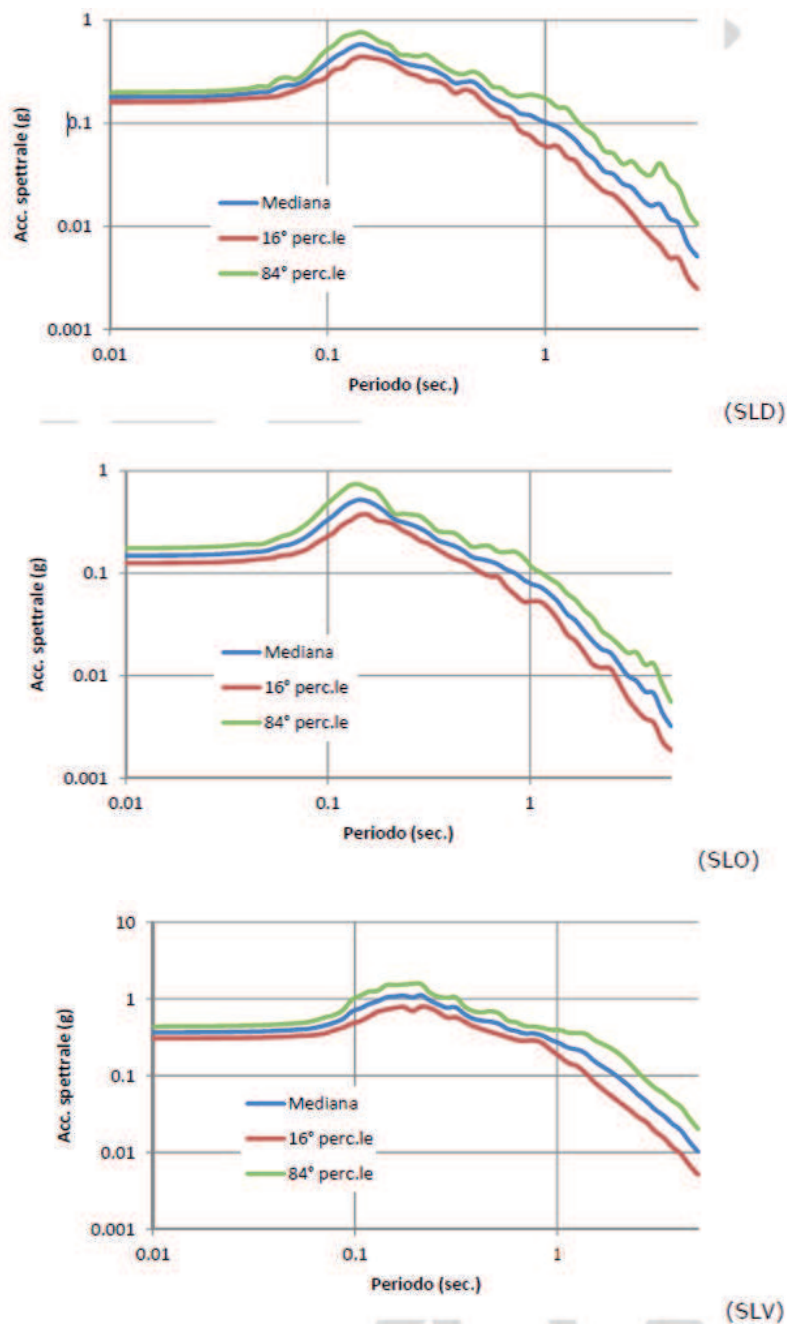
"I risultati ottenuti nello studio geologico, geotecnico e sismico effettuato per la presente Variante di RUE, hanno consentito di giudicare positiva la fattibilità della Variante stessa, con la prescrizione che in fase attuativa, siano condotte ulteriori indagini geognostiche (CPTU e un sondaggio a carotaggio continuo) nel sedime del nuovo edificio pubblico destinato a biblioteca. Le CPTU serviranno ad identificare i livelli con parametri geotecnici più scadenti ed in particolare quelli sabbiosi su cui verificare l'eventuale potenziale di liquefazione. In corrispondenza dei livelli coesivi a scarsa consistenza, dovranno essere prelevati campioni da destinare a prove di laboratorio geotecnico, per valutare l'entità dei cedimenti sia in campo statico che dinamico"

Vista l'ipotesi di collocazione dell'edificio tra le due indagini CPTU fatte in occasione della Variante RUE, dove una evidenziava un indice di pericolosità alla liquefazione di circa 10 mentre l'altra di circa 4 (dovuto essenzialmente a livelli limo sabbiosi presenti nei primi 5m di profondità), sono state eseguite nuove CPTU in corrispondenza della sagoma dell'edificio così da meglio verificare la presenza di livelli predisponenti la liquefazione, nonché rimodellare la risposta sismica locale ed i parametri di amplificazione locale.

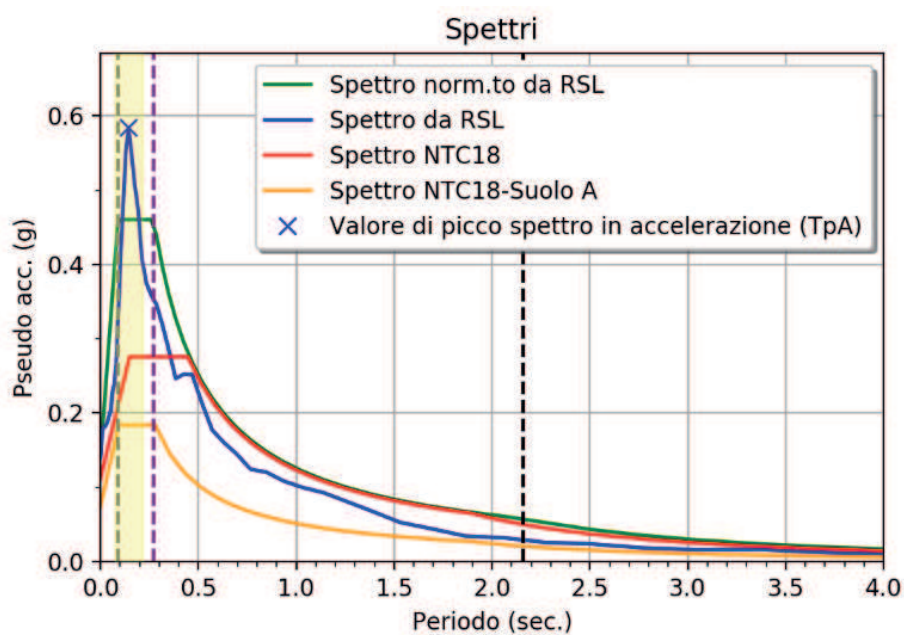
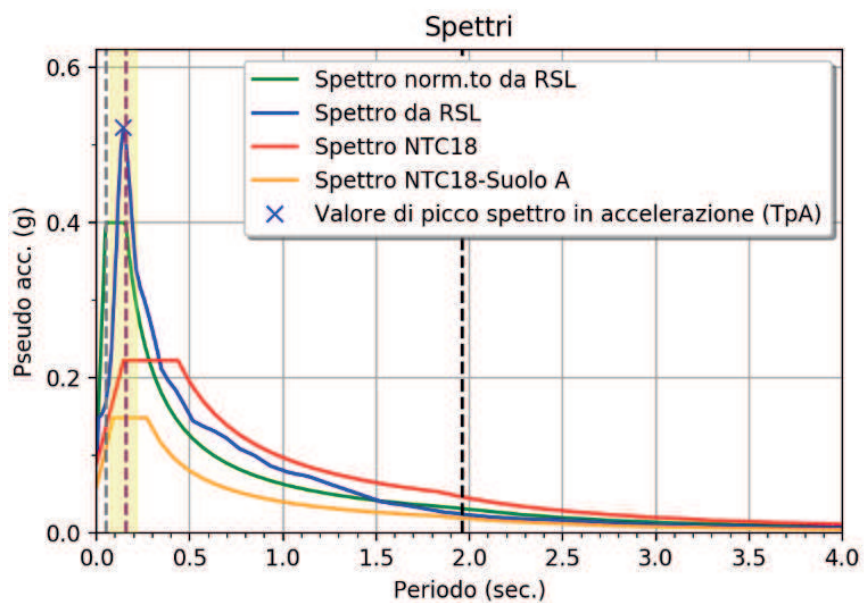
L'analisi è stata condotta per i tre stati limite: SLO, SLD e SLV. Il moto di riferimento prescelto, per ognuna delle tre analisi, è costituito dalle componenti orizzontali di 7 accelerogrammi naturali selezionati tramite il codice di calcolo Rexel v. 3.54 e scalati alle rispettive PGA di riferimento.

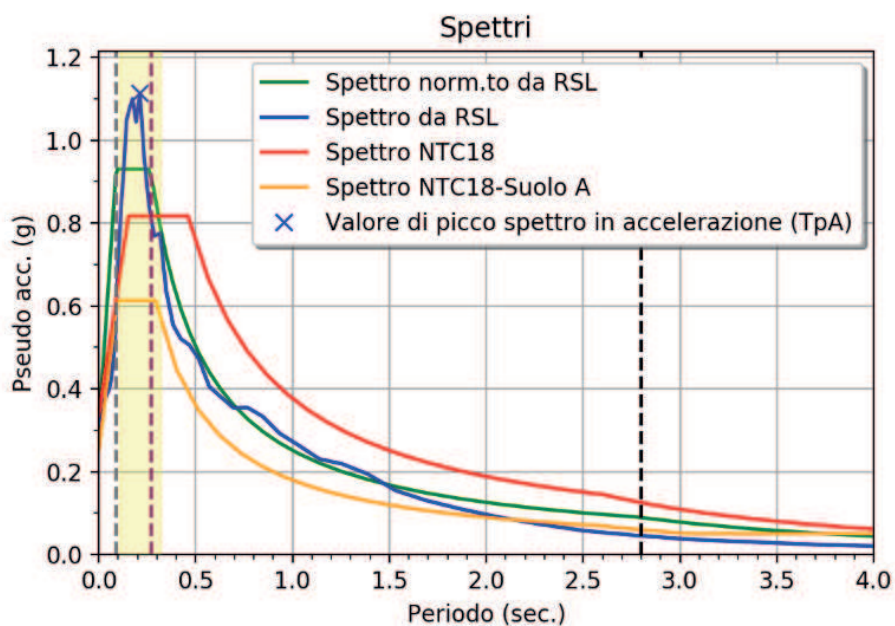
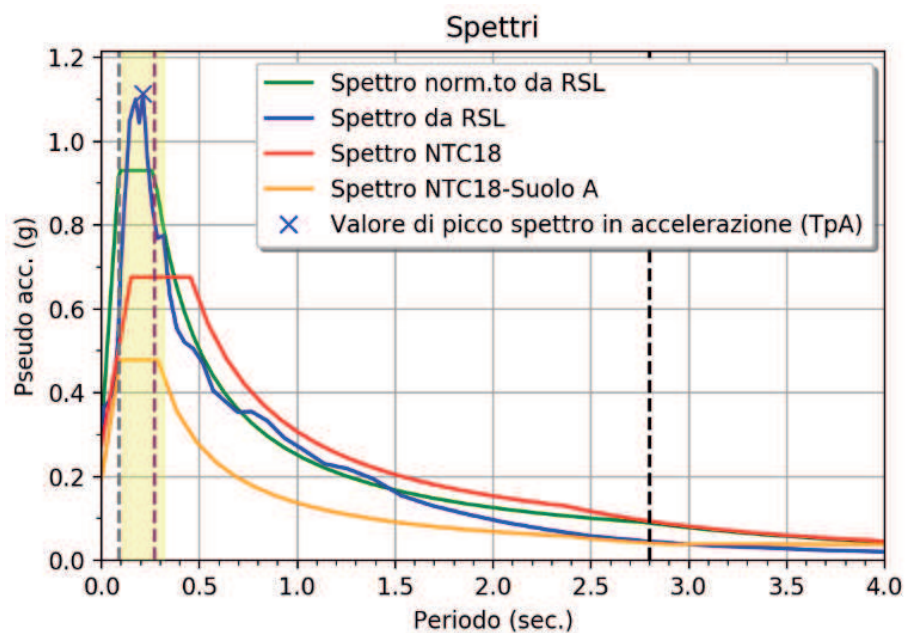
Allo scopo di ottenere una stima buona dello spettro di risposta, si è deciso di adottare lo spettro di risposta corrispondente al 50° percentile (linea blu) della popolazione di spettri

restituita dall'analisi. Seguono dei grafici che riportano la variazione dell'accelerazione spettrale con il periodo.



Di seguito si riportano gli spettri in funzione dello stato limite considerato al 50° percentile. Si sottolinea che lo spettro da adottare è quello normalizzato da RSL (più gravoso rispetto a quello ipotizzato da normativa), raffigurato con la curva verde, a cui è stato poi applicato il relativo fattore di struttura.

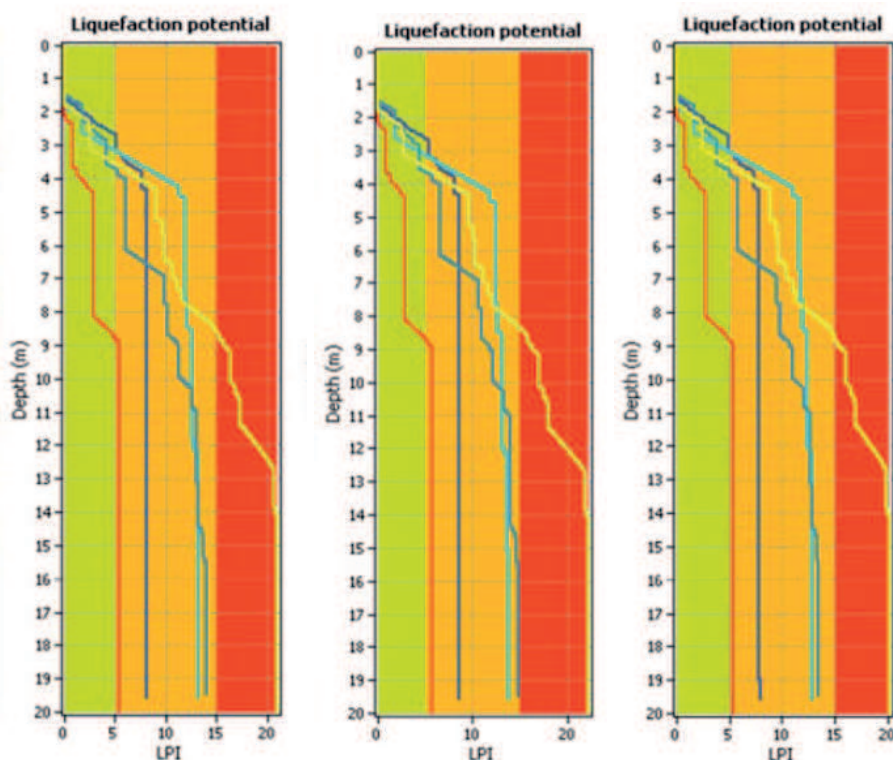




L'analisi di risposta sismica locale effettuata ha permesso di ricostruire il profilo del CSR (Rapporto di Sforzo Ciclico – Cyclic Stress Ratio) con la profondità. Il rapporto esprime lo stato di sforzo indotto dal sisma nel terreno e costituisce un parametro molto importante per il calcolo dell'Indice di Potenziale Liquefazione (IPL) poiché quantifica lo sforzo indotto dal sisma nel terreno.

Data la presenza di alcuni livelli con miscele sabbiose scarsamente addensate nei primi 20 m dal piano campagna, come evidenziato dalle indagini penetrometriche eseguite e come ipotizzato dalla microzonazione sismica comunale (almeno per il settore centro-meridionale dell'area), si è eseguita una verifica di suscettività a liquefazione in caso di evento sismico su tutte le verticali penetrometriche.

Come è possibile constatare dalle immagini che seguono il potenziale di liquefazione tende a stabilizzarsi sempre ad una profondità di almeno 12 m dal piano campagna. Per tali motivi i pali di fondazione vengono portati sempre almeno a tale profondità.



Potenziale liquefazione in relazione alla profondità

Per la classificazione sismica dei terreni sono stati utilizzati i dati ricavati da una prova penetrometrica con cono sismico. Seguendo le indicazioni fornite dal D.M. 17-01-2018, la classificazione del sito va effettuata sulla base del $V_{s,30}$, ovvero la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità.

La $V_{s,30}$ ottenuta (207 m/s) è compresa tra 180 m/s e 360 m/s. I litotipi riscontrati nel sottosuolo sono costituiti da rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, in cui le proprietà meccaniche

migliorano con l'aumentare della profondità. Il caso in esame pertanto rientra come sottosuolo di categoria C. Per quanto riguarda le condizioni topografiche, il sito in esame appartiene alla categoria **T1**.

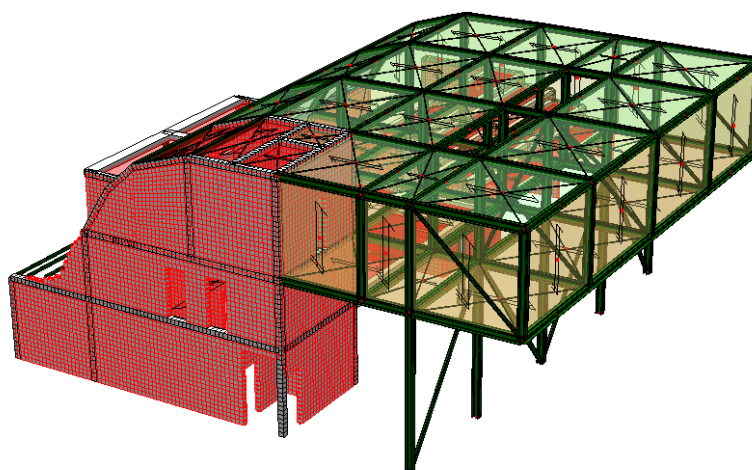
0.2 Analisi sismica

La modellazione degli edifici sono state eseguite sfruttando l'utilizzo di elementi beam per i pilastri e le travi esistenti, l'utilizzo di elementi solaio per simulare i carichi provenienti dai solai e delle tamponature esterne e di elementi shell per i muri in C.A. debolmente armati (muri controterra di notevole lunghezza, per cui non ha senso armarli come elementi duttili).

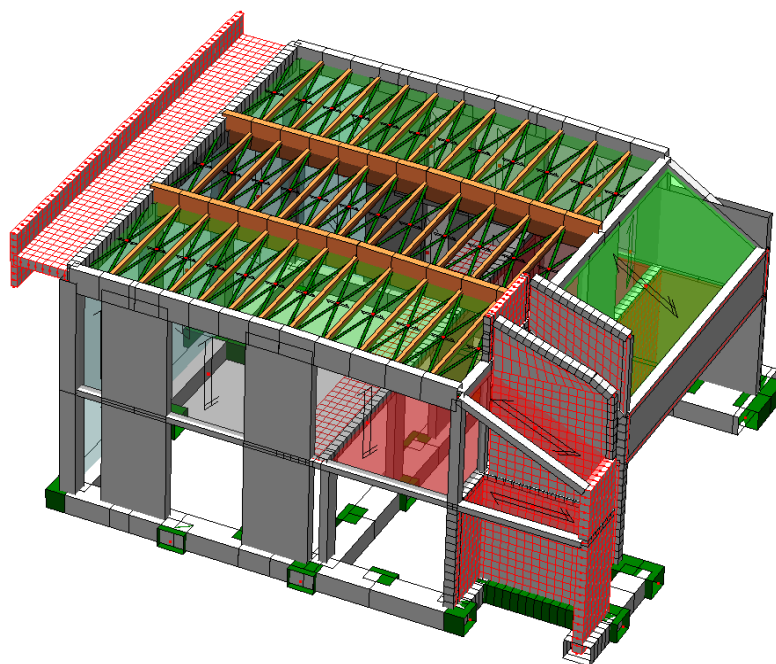
Per i Corpi 2, 3 e 4 Il fattore di comportamento utilizzato è pari a $q=q_0 \alpha_w/\alpha_1 K_R = 2,4$, per edifici a pareti non accoppiate e non regolari in altezza. Le travi sono state trattate come elementi strutturali secondari e verificate secondo quanto riportato nel Cap.4 del D.M. 2018. È stata dunque svolta una analisi dinamica lineare con fattore di struttura $q=2,4$. Come consentito dalla normativa vigente la rigidità delle strutture è stata considerata al 50% per prendere in considerazione la fessurazione degli elementi in caso di evento sismico.

Discorso a parte vale invece per il Corpo 1, che è stato progettato come struttura non dissipativa e quindi fattore di comportamento unitario.

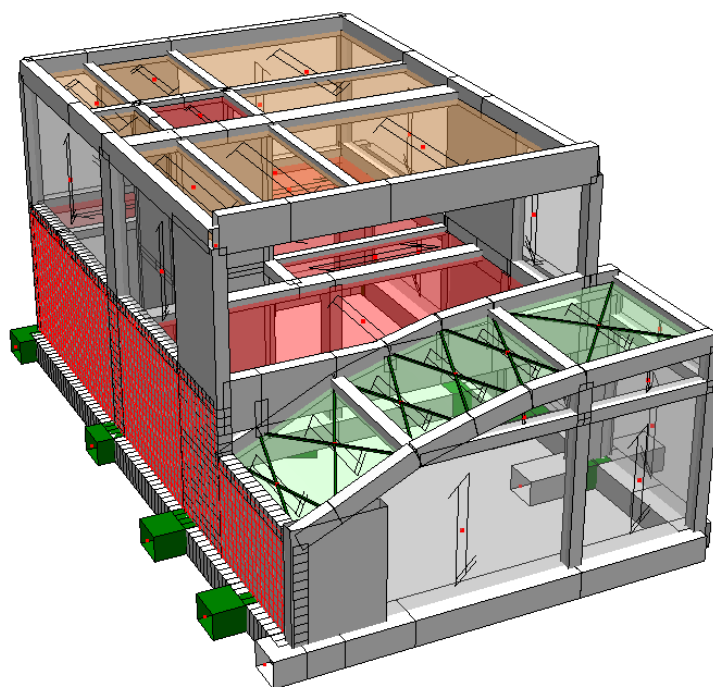
Seguono le immagini che raffigurano i modelli degli edifici.



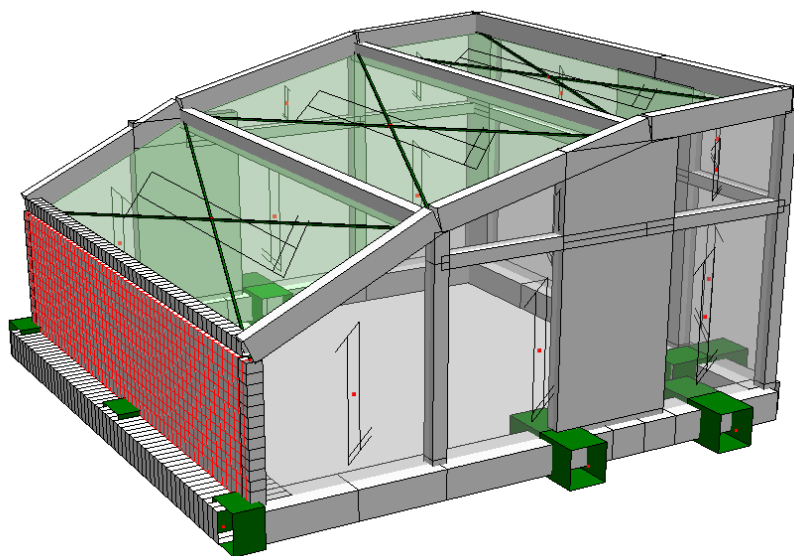
Modellazione Corpo 1



Modellazione Corpo 2



Modellazione Corpo 3



Modellazione Corpo 4