



*Comparto polifunzionale
di trattamento rifiuti
S. Agata Bolognese (BO)*

Domanda di Autorizzazione Unica per la costruzione e
l'esercizio di un impianto di produzione
energetica da fonte rinnovabile

D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 (art. 12) e s.m.i.; D.M. Sviluppo Economico 10/09/2010
e di Valutazione di Impatto Ambientale
(L.R. 9/99 e s.m.i.)

Documentazione integrativa I3
PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di produzione biometano

ELABORATO 51

Relazione tecnica - Opere sismiche
Allegato A DGR 1373/2011

Approvato	K. Gamberini		
Controllato	F. Crociati		
Redatto	A. Tosi F. Crociati		
Rev.	04	Data	30/11/2016
Cod. Doc.	CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Pagine	1 di 29

A circular professional stamp for the Province of Bologna. It contains the text: "INGEGNERE", "F. CROCIATI", "LAUREA IN INGEGNERIA", "N° 1917/A".

SOMMARIO

A	RELAZIONE DESCRITTIVA.....	4
A.2	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO.....	6
A.3	DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO	7
A.3.1	<i>Fabbricato bioossidazione in celle nuove: C27.....</i>	9
A.3.2	<i>Fabbricato bioossidazione in capannone esistente: C26.....</i>	10
A.3.3	<i>Fabbricato ricezione rifiuti: C22.1</i>	11
A.3.4	<i>Fabbricato filtro ricezione: C21</i>	11
A.3.5	<i>Realizzazione di nuova baraccatura perimetrale su capannone esistente: C25. 12</i>	
A.3.6	<i>Realizzazione di nuove baie di carico interne</i>	12
A.3.7	<i>Realizzazione di nuove cabine elettriche.....</i>	12
A.3.8	<i>Realizzazione di basamenti per stoccaggio percolato.</i>	12
A.3.9	<i>Struttura di sostegno per tubazioni impiantistiche.....</i>	12
A.3.10	<i>Struttura per protezione materiale stoccato: C29.....</i>	12
A.3.11	<i>Interventi privi di rilevanza ai fini sismici – IPRiPI</i>	13
A.4	CRITERI DI BASE PER LA PROGETTAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE	14
A.4.1	<i>VITA NOMINALE DELL' OPERA STRUTTURALE</i>	14
A.4.2	<i>VITA NOMINALE DELL' OPERA STRUTTURALE</i>	15
A.4.3	<i>PERIODO DI RIFERIMENTO PER L' AZIONE SISMICA</i>	16
A.5	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO	17
A.6	AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE	18
A.6.1	<i>Peso proprio delle strutture</i>	19
A.6.2	<i>Carico permanente non strutturale</i>	19
A.6.3	<i>Parametri per la definizione dell'azione sismica</i>	19
A.6.4	<i>Azione della neve</i>	21
A.6.5	<i>Azione del vento.....</i>	22
A.6.6	<i>Analisi dei principali carichi dei solai.....</i>	23
A.7	MODELLI NUMERICI	23
A.7.1	<i>Metodologia di modellazione ed analisi</i>	23
A.8	RELAZIONE SUI MATERIALI.....	24
A.9	SINTESI DELLE INDAGINI GEOLOGICHE EFFETTUATE	25

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	2 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A.9.1	Prima campagna di prove e classificazione dei terreni	25
A.9.2	Seconda campagna di prove e classificazione dei terreni.....	27
A.9.3	Indicazioni del sistema fondazionale adottato.....	28

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	3 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A RELAZIONE DESCRITTIVA**A.1 PREMESSA**

La presente relazione tratta la progettazione di alcune opere di nuova realizzazione e di intervento sulle strutture esistenti ubicate all' interno all'interno del comparto, ubicato in Via Albaresa nel Comune di S. Agata Bolognese (BO). Il complesso impiantistico risulta di proprietà della Società HERAmbiente S.p.a. con sede legale in viale Carlo Berti Pichat, 2/4 – 40127 Bologna.

L'area dell'impianto è situata nella bassa pianura bolognese, a circa 25 km di distanza in direzione Nord/Ovest dal Capoluogo provinciale e risulta così delimitata:

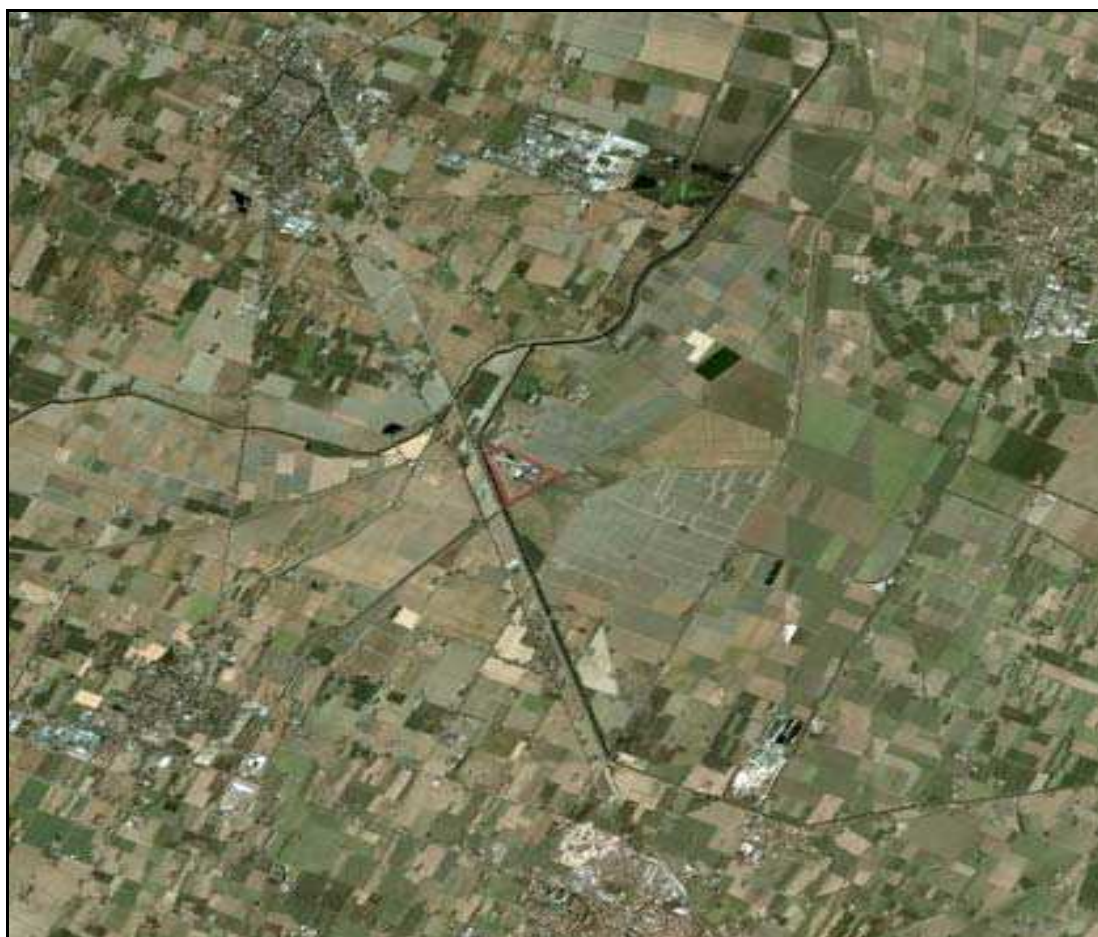
- Nord-Est: Via Romita;
- Nord-Ovest: Via Albaresa;
- Sud-Ovest: Collettore Acque Alte;
- Sud-Est: Scolo Gallego.

I centri abitati più vicini sono: Crocetta e Piolino a 1,5 km, Guisa Pepoli a 2,4 km, Amola a 2,7 km, Sant'Agata Bolognese a 3,6 km, Crevalcore a 4 km, San Giovanni in Persiceto a 4,8 km e Decima a 6 km. All'interno dell'impianto polifunzionale, nella sua porzione sud-occidentale e occidentale, per una superficie pari a circa 141.000 m² si colloca la discarica per rifiuti non pericolosi oggetto del presente Studio.

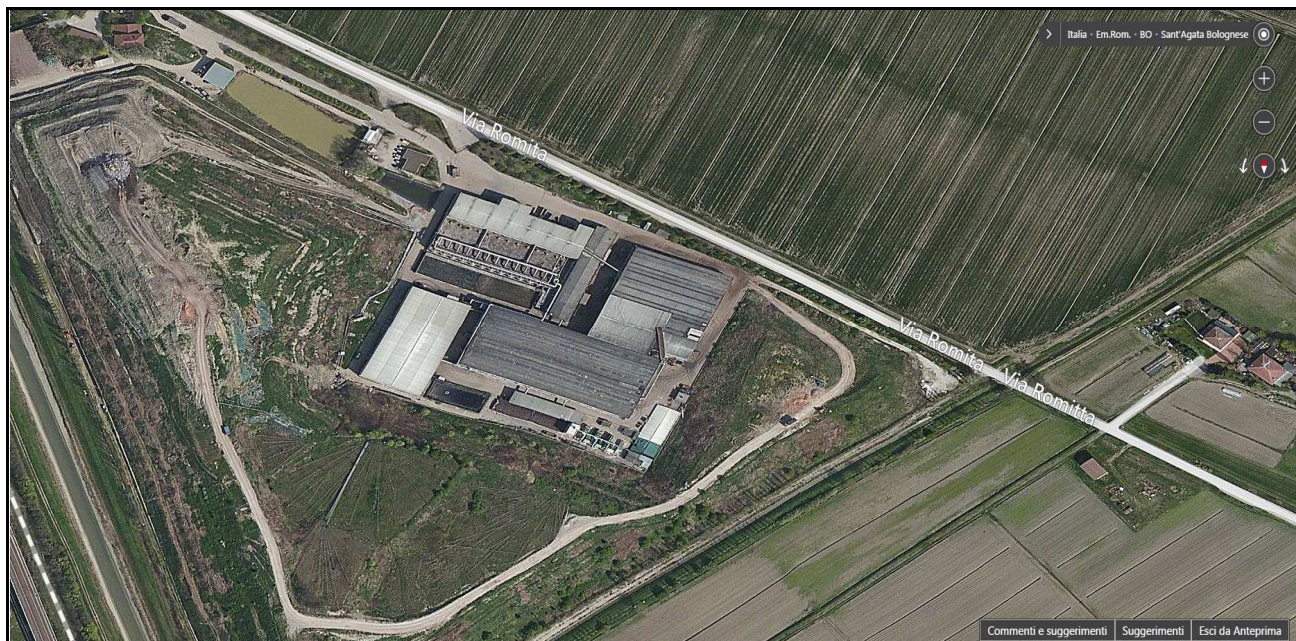
CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	4 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



Individuazione dell'area



CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	5 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

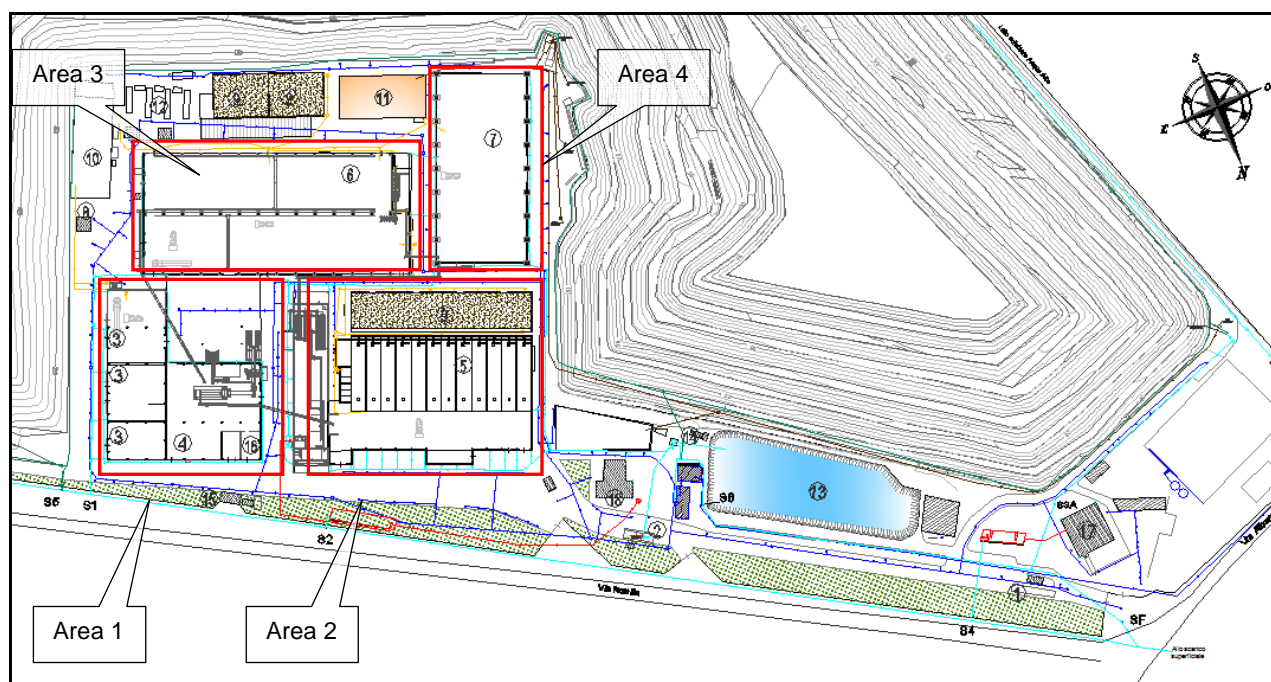


Ubicazione del sito HERAmbiente S.p.A.

A.2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Attualmente il comparto è costituito da una discarica chiusa, suddivisa in n.3 lotti, e da un impianto di compostaggio in attività. Nella sottostante figura viene riportato uno stralcio della planimetria dello stato di fatto dell'impianto rimandando, per un maggiore dettaglio nella consultazione, ai documenti di progetto specifici.

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	6 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



Planimetria dello stato di fatto

I fabbricati sono di seguito suddivisi per comodità di lettura in aree:

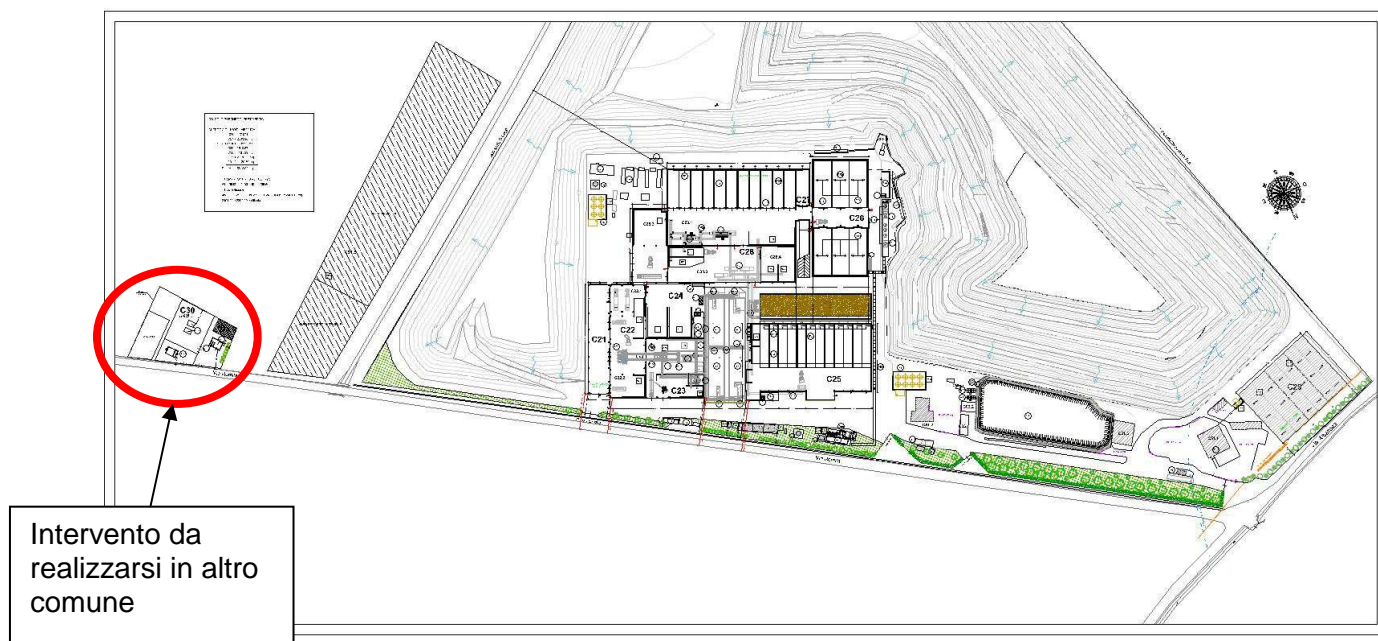
- Area 1 – Fabbricato di ricezione e trattamento del rifiuto in ingresso;
- Area 2 – Fabbricato per la lavorazione dei bio-cumuli;
- Area 3 – Fabbricato dove sono posizionate le celle di biossidazione accelerata;
- Area 4 – capannone di compostaggio.

Oltre ai fabbricati, l'impianto di compostaggio è costituito anche da una vasca per la raccolta del percolato, un impianto con le vasche di prima pioggia, e n. 3 biofiltri, con relativi impianti di aspirazione. All'interno dell'area dell'impianto di compostaggio è inoltre presente la vasca di raccolta del percolato relativo alla discarica.

A.3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI PROGETTO

L'intervento di progetto prevede la modifica di alcuni edifici esistenti e la realizzazione di nuovi edifici per il trattamento dei rifiuti e di volumi tecnici a servizio dell'impianto di compostaggio, oltre ad un ampliamento per la realizzazione dell'area di stoccaggio del gas. Nell'immagine seguente si riporta uno stralcio della planimetria dello stato di progetto rimandando, per un maggiore dettaglio nella consultazione degli elaborati specifici.

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	7 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



Planimetria dello stato di progetto

Dal punto di vista della progettazione strutturale le opere inserite nel progetto sono rappresentate sia da edifici di nuova realizzazione che da interventi su capannoni esistenti e più specificatamente:

- Nuovi corpi che andranno ad ampliare l' impianto
- Demolizione e ricostruzione di capannoni esistenti
- Adeguamento funzionale di capannoni esistenti
- Nuove strutture di sostegno per impianti

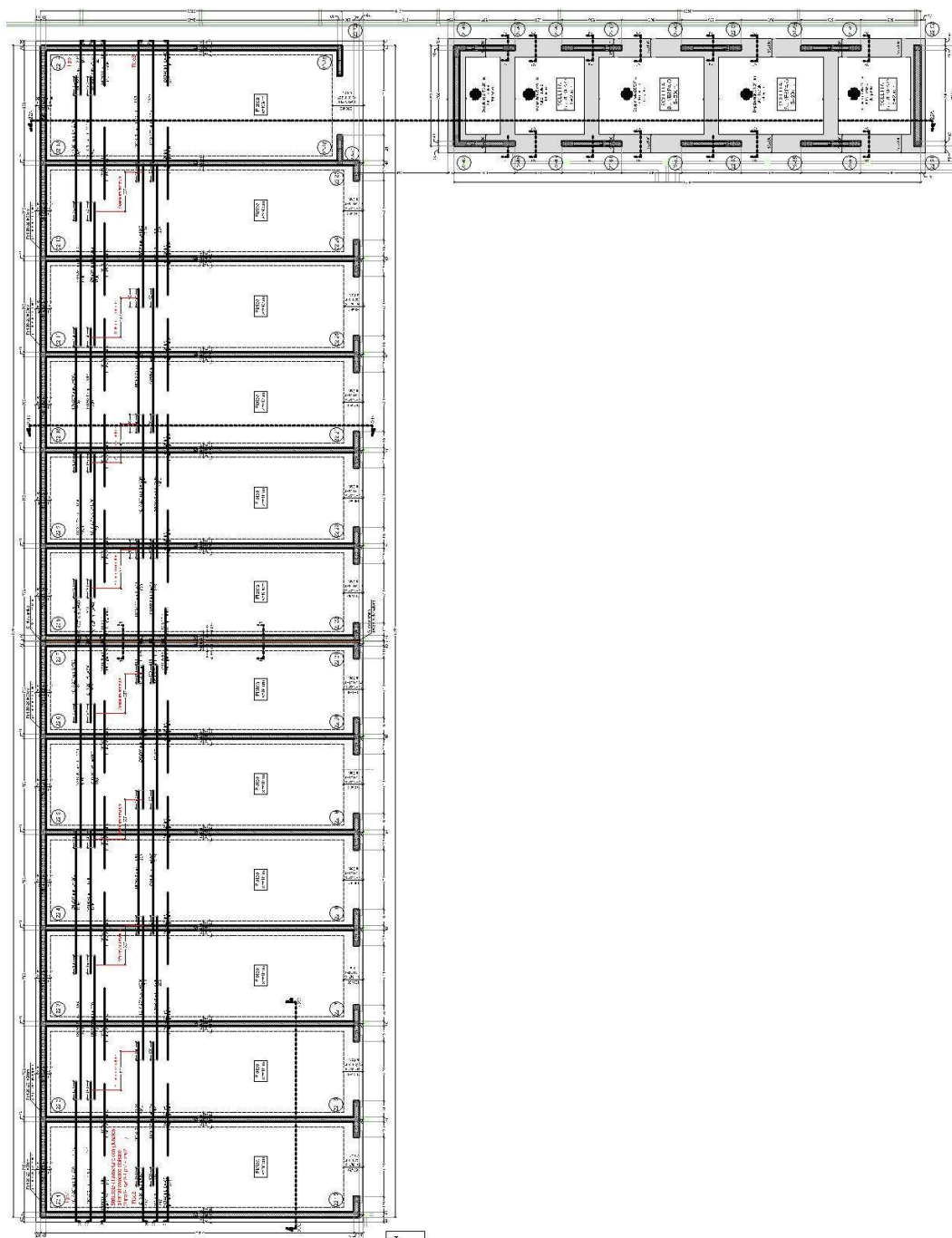
Le opere descritte verranno realizzate mediante interventi per fasi; ogni fase che costituisce il progetto sarà caratterizzata da un tipo di intervento su un edificio esistente o di nuova realizzazione, regolarizzato da un titolo edilizio ed un deposito sismico specifici per quella determinata fase di intervento. Tale modalità di progettazione permetterà la realizzazione dell' intervento per step.

Di seguito vengono elencate le fasi di intervento e la descrizione sommaria delle opere realizzate all' interno di esse; tali fasi definiscono esclusivamente le opere che verranno realizzate all' interno di esse, senza necessariamente alcun legame che definisca un ordine temporale delle lavorazioni.

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	8 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A.3.1 Fabbricato biossidazione in celle nuove: C27

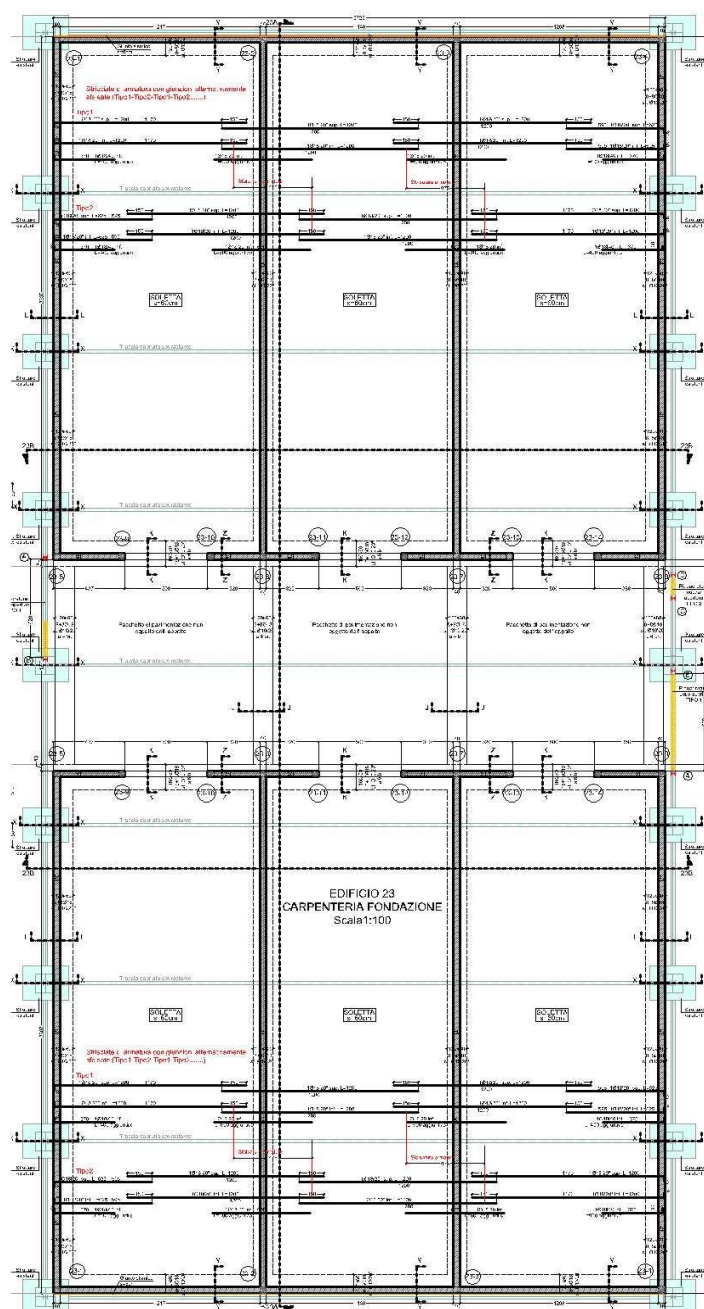
Realizzazione di un complesso di nuove celle di biossidazione in adiacenza ad un capannone esistente, con nuovo biofiltro posizionato sulle coperture delle celle stesse a cui si accede mediante una nuova rampa carrabile. Tutte le strutture sono impostate su una platea di fondazione e realizzate mediante muri e solette in c.c.a.



CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	9 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A.3.2 Fabbricato biossificazione in capannone esistente: C26

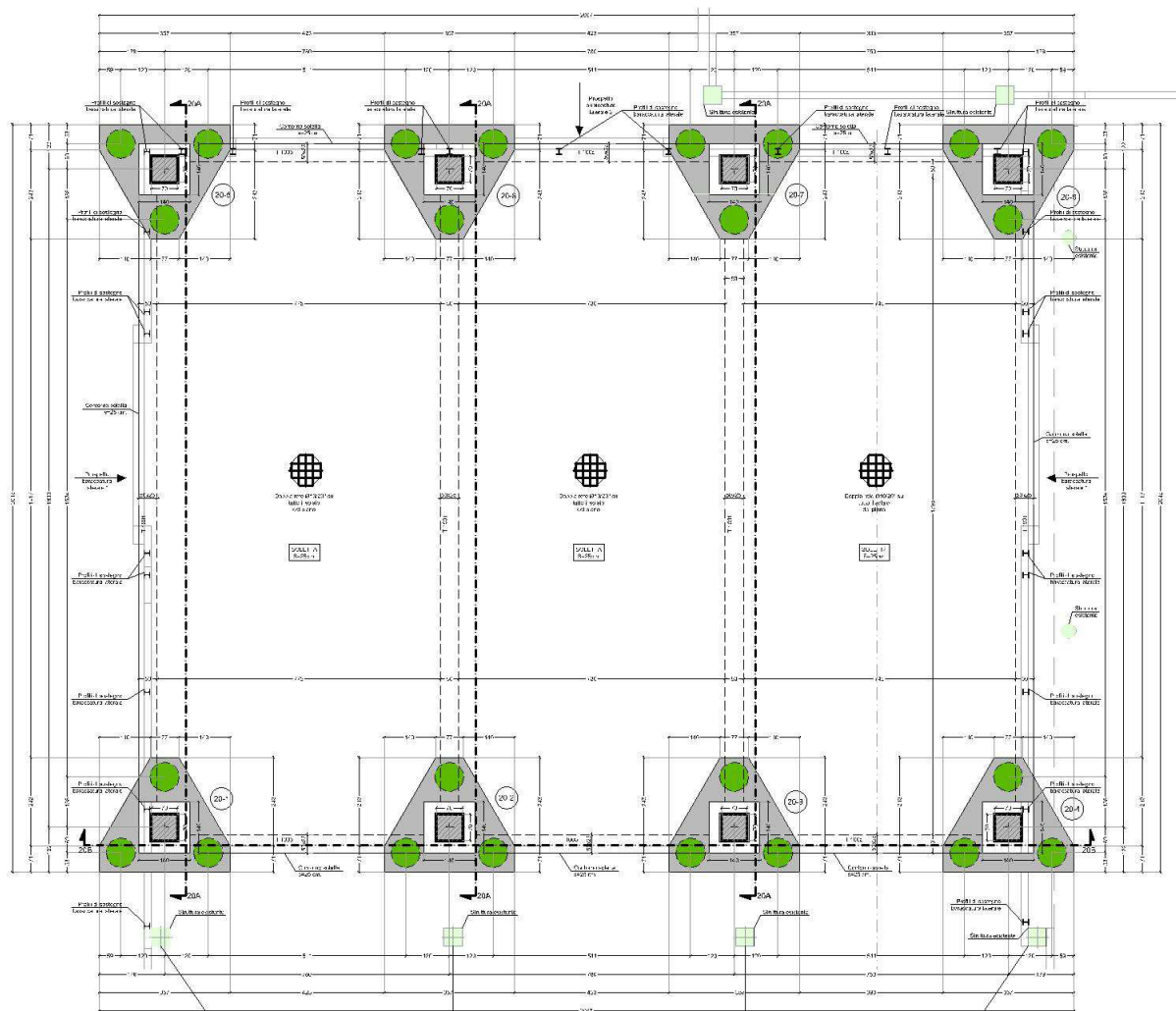
Realizzazione di nuove celle di biossificazione realizzate all' interno di un capannone esistente in struttura metallica ed impostato su plinti di fondazione. Le strutture delle nuove celle sono costituite da due blocchi impostati su di una platea di fondazione indipendente dai plinti esistenti e realizzati mediante muri e solette in c.c.a. Tra i due corpi una struttura metallica in appoggio permetterà di realizzare un controsoffitto a protezione delle strutture esistenti nei confronti del fuoco.



CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	10 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A.3.3 Fabbricato ricezione rifiuti: C22.1

Demolizione e ricostruzione di un capannone esistente in adiacenza ad altri esistenti (Edificio C22.1). Il nuovo capannone viene impostato su plinti di fondazione realizzati su pali ed è realizzato mediante pilastri prefabbricati in c.c.a. sui quali sono impostate le capriate metalliche di copertura.



A.3.4 Fabbricato filtro ricezione: C21

Realizzazione di un nuovo capannone in struttura prefabbricata come filtro al capannone esistente. Il nuovo capannone viene impostato su plinti di fondazione realizzati su pali ed è realizzato mediante pilastri prefabbricati in c.c.a. sui quali sono impostate le capriate metalliche di copertura.

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	11 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A.3.5 Realizzazione di nuova baraccatura perimetrale su capannone esistente: C25.

Realizzazione di una porzione di parete perimetrale su capannone esistente in struttura metallica tamponato mediante pannelli sandwich perimetralmente sui restanti lati non oggetto di intervento. In corrispondenza del capannone confinante previsto a progetto in demolizione, tale tamponatura è assente; si prevede di andare a completare la baraccatura perimetrale mediante una nuova struttura metallica sempre con pannelli sandwich a chiusura del perimetro del capannone che rimarrebbe aperto a seguito della demolizione di quello adiacente.

A.3.6 Realizzazione di nuove baie di carico interne

Realizzazione di nuovi muri in c.c.a. all' interno dei capannoni per la creazione di baie di carico per il materiale stoccato all' interno; i nuovi muri sono fondati su proprie solette di fondazione e sono completamente indipendenti dal sistema strutturale del capannone che li ospita. In alcune situazioni essi assolvono anche la funzione di base di appoggio per i macchinari che costituiscono i nastri trasportatori del materiale all' interno dei capannoni.

A.3.7 Realizzazione di nuove cabine elettriche

Realizzazione di nuove strutture prefabbricate per l' alloggiamento di cabine elettriche in diverse posizioni all' interno del comparto.

A.3.8 Realizzazione di basamenti per stoccaggio percolato.

Realizzazione di basamenti per stoccaggio serbatoi di contenimento percolato. Tali basamenti vengono realizzati mediante una soletta di fondazione posizionata con estradosso al di sotto del piano di campagna, e dotata di muretti di contenimento perimetrale nei confronti di eventuali fuoriuscite di percolato.

A.3.9 Struttura di sostegno per tubazioni impiantistiche.

Struttura metallica per il sostegno di tubazioni impiantistiche.

A.3.10 Struttura per protezione materiale stoccato: C29.

Tendostruttura metallica e relativa fondazione per lo stoccaggio del materiale e la protezione nei confronti degli agenti atmosferici. La struttura verrà impostata su di una platea di fondazione e sarà dotata di muri perimetrali in c.c.a.

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	12 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A.3.11 Interventi privi di rilevanza ai fini sismici – IPRiPI

Oltre agli interventi elencati in precedenza vengono realizzati una serie di interventi di minore entità che sono classificabili come interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici ai sensi della L.R. N. 19 del 2008 e della D.G.R. 687/2011. Tali interventi sono di seguito elencati.

1. Box officina, magazzino aria compressa : A.6.1_Realizzazione di rampe, solette, pavimentazioni appoggiate a terra. (L0), allegato 1 della D.G.R. 687/2011).
2. Soletta scrubber : A.6.1_Realizzazione di rampe, solette, pavimentazioni appoggiate a terra. (L0), allegato 1 della D.G.R. 687/2011).
3. Soletta upgrading : A.6.1_Realizzazione di rampe, solette, pavimentazioni appoggiate a terra. (L0), allegato 1 della D.G.R. 687/2011).
4. Soletta torcia : A.6.1_Realizzazione di rampe, solette, pavimentazioni appoggiate a terra. (L0), allegato 1 della D.G.R. 687/2011).
5. Attraversamento provvisorio canale consorziale : A.5.2_Opere strutturali destinate a svolgere funzioni provvisoriale, temporanee e di cantiere, di qualunque tipologia e materiale, per le quali trovano applicazione le norme di sicurezza specifiche (L1).
6. Manufatti impiantistici interrati : A.2.6_Piccoli attraversamenti, tombinamenti su fossi, fognature, condotte interrate, realizzati con manufatti scatolari aventi dimensioni nette interne (larghezza e altezza o diametro in caso di sezioni circolari) $\leq 2,50$ m. (L1).
7. Macchine ed organi di macchine (nastri trasportatori, strumentazione meccanica, carroponete) : A.4.7_Macchine, organi di macchine, congegni, strumenti, apparecchi e meccanismi di qualsiasi tipo e per qualsiasi funzione e quanto altro non attiene alle costruzioni edilizie, comprese le parti accessorie e complementari al loro funzionamento, quali scalette, ballatoi e ponti di servizio, organi di collegamento fra macchinari (L0).

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	13 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A.4 CRITERI DI BASE PER LA PROGETTAZIONE SISMICA DELLE STRUTTURE

La progettazione della struttura è stata eseguita con riferimento alla Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 (NTC 2008).

Le verifiche sono state eseguite con il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite. Questo metodo si basa sulla valutazione della sicurezza in termini di probabilità di crisi della struttura, la quale deve risultare minore di una probabilità di riferimento prevista dalla norma. Le incertezze che si riscontrano nello studio derivano da come vengono valutate le caratteristiche resistenti e sollecitanti e dal modello adottato per il calcolo.

La determinazione delle sollecitazioni a cui è sottoposta la struttura, per effetto del peso proprio e delle altre azioni agenti dovute ai carichi permanenti ed accidentali, è stata effettuata con i metodi classici della Scienza delle Costruzioni. Più precisamente, sono state ritenute valide le ipotesi di base della teoria tecnica della trave per quanto riguarda gli elementi prismatici (travi e pilastri) che costituiscono i telai; si è proceduto in base a considerazioni di equilibrio nei casi in cui questo era possibile (elementi isostatici).

Le analisi vengono effettuate per lo Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV) sia in condizioni sismiche che per lo Stato Limite di Danno (SLD) e per lo Stato Limite di Esercizio (SLE). In particolare, nella condizione eccezionale per sisma, lo SLV consiste nel verificare che, sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto, la struttura, pur subendo danni gravi, mantenga una residua resistenza e rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali e l'intera capacità portante nei confronti dei carichi verticali. Lo SLD verifica, invece, che la costruzione, nel suo complesso, compresi gli impianti, non subisca danni gravi a seguito di eventi sismici che abbiano una probabilità di accadimento minore rispetto allo SLV. Le sollecitazioni dovute all'azione sismica sono state valutate mediante analisi dinamica modale lineare, secondo quanto prescritto dalle norme.

A.4.1 VITA NOMINALE DELL' OPERA STRUTTURALE

Il D.M. 2008, al punto 2.4.1, individua la vita nominale di un' opera strutturale sulla base del tipo di costruzione. La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	14 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

quale è destinata. La vita nominale individuata per la progettazione dell'opera in esame è di 50 anni, in accordo con quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 per le opere ordinarie.

TIPI DI COSTRUZIONE		VN (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100

A.4.2 VITA NOMINALE DELL' OPERA STRUTTURALE

Il D.M. 2008, al punto 2.4.2, suddivide le costruzioni in classi d'uso, in presenza di azione sismica, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso. In presenza di azioni simiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono divise in classi d'uso così definite (§ 2.4.2 NTC 08).

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	15 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

La struttura viene classificata in classe II.

Inoltre si precisa a seguito del parere richiesto direttamente all' Ufficio Sismico della Regione Emilia Romagna che:

Ai sensi dell'art. 11, comma 2, della L.R.19/008, sono sempre soggetti a preventiva autorizzazione sismica, anche se ricadenti in Comuni a bassa sismicità:

“... ”

c) gli interventi relativi ad edifici di interesse strategico e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché relativi agli edifici e alle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso..”

Nello specifico tali interventi sono stati disciplinati dalla D.G.R. 2 novembre 2009, n. 1661, "Approvazione elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso".

In particolare, per il caso in esame, si deve fare riferimento al punto B2.3 - STRUTTURE CON ATTIVITA' PERICOLOSE PER L'AMBIENTE, ove sono previsti i seguenti interventi:

B2.3.1 - Stabilimenti a rischio di incidente rilevante ai sensi del D.Lgs n. 334 del 17 agosto 1999, individuati nei piani provinciali di protezione civile.

B2.3.2 - Altre strutture individuate nei piani provinciali di protezione civile (quali discariche, inceneritori, impianti di trattamento delle acque reflue) il cui collasso può determinare gravi conseguenze in termini di danni ambientali.

In base alle informazioni comunicate si precisa che la struttura non ricade nei punti sopra citati e che pertanto la pratica è soggetta a procedura di deposito sismico.

A.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L' AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	16 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

per il coefficiente d'uso CU (§ 2.4.3 NTC 08): $VR = VN \cdot CU$. Il valore del coefficiente d'uso è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab 2.4.II NTC 08:

Classi d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Il periodo di riferimento per il fabbricato in esame vale $VR = 50 \cdot 1 = 50$ anni.

A.5 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

I criteri di progettazione, dimensionamento e verifica sono conformi alle seguenti direttive:

- D.M. 14.1.2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”.

In mancanza di una precisa indicazione delle NTC 2008, e rifacendosi al capitolo 1 delle medesime norme che riporta *“....per quanto non espressamente specificato nel presente documento ci si può riferire a normative di comprovata validità In particolare quelle fornite dagli Eurocodici con le relative Appendici Nazionali che costituiscono indicazioni di comprovata validità e forniscono il sistematico supporto applicativo alle presenti norme.”*

- UNI EN 1991 – EC1 – “Azioni sulle strutture”
- UNI EN 1992 – EC2 – “Progettazione delle strutture in calcestruzzo”
- UNI EN 1993 – EC3 – “Progettazione delle strutture in acciaio”
- UNI EN 1997 – EC7 – “Progettazione geotecnica”
- UNI EN 1998 – EC8 – “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica”
- UNI EN 206-1/2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI EN 11104/2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	17 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- UNI 9503/2007 – “Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi d'acciaio”.
- D.M. 16.02.07 – “Classificazione e resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione”.
- Norme Tecniche C.N.R. n. 10011-85 del 18/4/1985 - Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.

A.6 AZIONI DI PROGETTO SULLA COSTRUZIONE

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali seguono il Metodo Semi-Probabilistico agli Stati Limite. Le condizioni elementari di carico vengono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU) e Stato Limite di Esercizio (SLE).

La normativa fondamentale a cui far riferimento per la preventiva determinazione dei carichi è il D.M. 14 Gennaio 2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Il Testo Unico ha l'obiettivo di identificare in modo chiaro i livelli di sicurezza e le prestazioni delle costruzioni, unifica sia le norme relative al comportamento e resistenza dei materiali e delle strutture, sia quelle relative alla definizione delle azioni e dei loro effetti sulle strutture stesse. La valutazione della resistenza e delle azioni può essere così sviluppata in maniera coerente ed armonica, da costituire un sistema completo in cui possa raggiungere significatività, coerenza ed affidabilità, la valutazione della sicurezza delle costruzioni ai fini della Pubblica incolumità.

Le condizioni elementari di carico considerate nella progettazione della struttura in esame sono le seguenti:

- peso proprio delle strutture;
- carichi permanenti non strutturali;
- neve;
- vento;
- azione sismica;

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	18 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

- carichi accidentali

A.6.1 *Peso proprio delle strutture*

Il P.P. viene definito in funzione delle dimensioni degli elementi strutturali e del peso specifico del materiale:

$$\gamma_{\text{cls}} = 25.00 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{acciaio}} = 78.50 \text{ kN/m}^3$$

A.6.2 *Carico permanente non strutturale*

Il peso proprio degli elementi non strutturali viene valutato in modo indipendente e nominalmente applicato alla struttura. Nell'analisi sismica, i sovraccarichi permanenti sono considerati masse applicate agli elementi strutturali e partecipanti alla massa totale dell'opera.

A.6.3 *Parametri per la definizione dell'azione sismica*

Per le strutture oggetto di verifica, si è optato per assumere per la definizione dell'azione sismica di riferimento una vita nominale **$V_N = 50$ anni**, così come previsto al punto 2.4.1 del D.M. 14/01/2008 per "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale". Ai sensi del punto 2.4.2 del D.M. 14/01/2008, si adotta quale classe d'uso del nuovo fabbricato, la **Classe II** "costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti".

Il periodo di riferimento per la definizione dell'azione sismica si assume pertanto pari a **$V_R = V_N \times C_U = 50$ anni**, con $C_U = 1.0$ per strutture di classe d'uso II.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Nel D.M. 14 gennaio 2008 la definizione della pericolosità sismica è fatta mediante un approccio "sito dipendente", a differenza delle norme precedenti (D.M. 16 gennaio 1996 e D.M. 15 settembre 2005/Ordinanza PCM 3431) per le quali si utilizza un criterio "zona dipendente".

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	19 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

Le forme spettrali sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T_C^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

Al fine di ottenere prime indicazioni sulle caratteristiche del terreno si è presa visione della Relazione geologica e sismica, a firma Dott. Geol. Valeriano Franchi, a cui si rimanda per maggiori approfondimenti.

Tale documento riporta i risultati di un'ampia campagna di indagini e prove: sulla base dell'indagine eseguita è possibile far rientrare l'area indagata nella categoria di **suolo di fondazione tipo C** “*depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, caratterizzati da valori V_s compresi tra 180 e 360 m/s*”, mentre per quanto concerne l'ambito topografico, l'area investigata può rientrare nel caso della **classe T1** “*superficie pianeggiante*”.

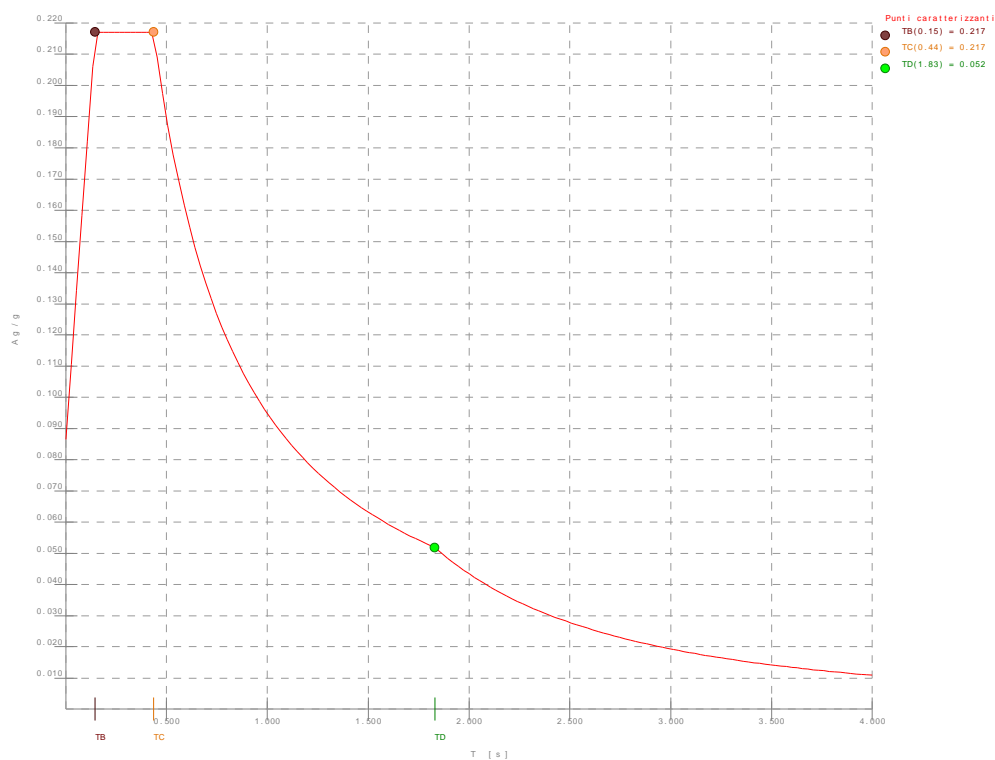
- Zona sismica: zona 2
- Sito di costruzione: Santagata bolognese LON. 11.13420 LAT. 44.66480
- Contenuto tra ID reticolo: 16061 16062 15839 15840

TCC	T_R	A_g	F_0	T_C^*	S_s	C_c
SLD	50	0.0577	2.51	0.27	1.50	1.62
SLV	475	0.1587	2.59	0.27	1.45	1.62

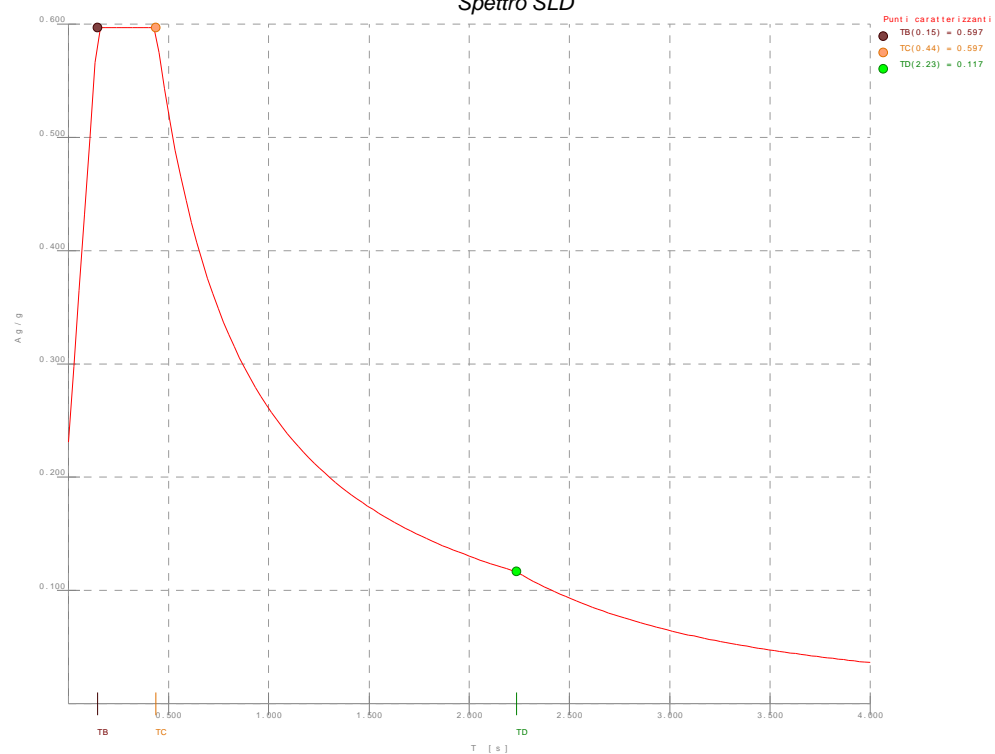
- SL Esercizio: SLO-Pvr no, SLD-Pvr 63.00

- SL Ultimi: SLV-Pvr 10.00, SLC-Pvr no

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	20 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	



Spettro SLD



Spettro SLV

A.6.4 Azione della neve

Normativa di riferimento:

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	21 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Area di ubicazione dell'edificio: Area 1 mediterranea

Altitudine sul livello del mare: 10 <m>

Tipologia di copertura: Ad una falda

Pressione della neve $p_s = \mu_1 \cdot q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t$

Parametri d'input ed intermedi:

Categoria del coefficiente d'esposizione: Normale

C_e (Coefficiente d'esposizione): 1

C_t (Coefficiente termico): 1

Angolo d'inclinazione della falda: 1 <grad>

μ_1 (Coefficiente di forma della copertura): 0.80

Carichi agenti:

q_{sk} (Valore di riferimento del carico neve al suolo): 150.00 <daN/mq>

q_{ss} (Carico provocato dalla neve sulle coperture): 120.00 <daN/mq>

A.6.5 Azione del vento

Normativa di riferimento:

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008 e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Area di ubicazione dell'edificio: Area 2

Emilia Romagna

Tempo di ritorno 50 <anni>

Altitudine sul livello del mare: 21 <m>

Altezza dell'edificio: 12 <m>

Parametri derivati dall'area di ubicazione (tab. 3.3.I):

$V_{b,0}$ (Velocità media del vento): 25 <m/s>

a_0 (Altitudine media): 750 <m>

K_a : 0.015 <1/s>

Velocità di riferimento: 25 <m/s>

Classificazione della costruzione: Pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate o curve

Categoria di esposizione del sito: II

Parametri derivati dalla categoria di esposizione del sito (tab. 3.3.II):

k_r : 0.19 <m>

z_0 : 0.05 <m>

z_{min} : 4 <m>

Classe di rugosità del terreno: D

Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mari, laghi, ...)

Angolo alfa: 1.00 <grad>

Pressione del vento = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$

q_b (Pressione cinetica di riferimento): 39.06 <daN/mq>

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	22 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

ct (Coefficiente topografico): 1.00
ce (Coefficiente di esposizione): 2.47
cd (Coefficiente dinamico): 1.00

Tipologia di superficie:

Una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale

Coefficiente di forma o aerodinamico interno cpi: 0.20

Coefficienti di forma o aerodinamici esterni cpe:

sopravento: 0.80 sopravento su falda: -0.40 sottovento su falda: -0.40 sottovento: -0.40

Pressione interna: 19.29 <daN/mq>

Pressioni esterne: sopravento: 77.17 <daN/mq> sopravento su falda: -38.58 <daN/mq> sottovento su falda: -38.58 <daN/mq> sottovento: -38.58 <daN/mq>

A.6.6 *Analisi dei principali carichi dei solai*

Si rimanda per completezza alle relazioni relative ad ogni singolo corpo.

A.7 MODELLI NUMERICI

La modellazione della struttura in c.a. in elevazione e la rielaborazione dei risultati del calcolo sono stati effettuati con il software **ModeSt ver. 8.9**, prodotto da Tecnisoft s.a.s. (Prato). La struttura è stata calcolata utilizzando come solutore agli elementi finiti "Xfinest", prodotto da Ce.A.S. S.r.l. – Milano.

A.7.1 *Metodologia di modellazione ed analisi*

La risoluzione della struttura avviene mediante una analisi F.E.M., attraverso l'assemblaggio delle matrici di rigidezza associate ai vari tipi di elementi finiti a comportamento meccanico predefinito e governato da specifica teoria associata alla formulazione matematico-numerica dell'elemento. Per descrivere il comportamento elastico degli elementi monodimensionali (tipo travi e pilastri) si utilizzano elementi finiti del tipo "beam" la cui definizione della matrice di rigidezza dell'elemento deriva dalla teoria di Timoshenko per le travi, ove si considera anche il contributo della rigidezza tagliante.

A seguito dell'intersezione geometrica dei vari elementi si vengono a creare nodi rigidi che vengono adeguatamente schematizzati mediante l'inserimento di link a comportamento rigido.

Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è stato possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi compositivi, considerando l'effettivo contributo alla rigidezza complessiva del sistema

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	23 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

fornito da ciascun componente elementare. I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

In particolare, per le strutture in esame, per l'analisi del loro comportamento in caso di evento sismico si è proceduto a compiere una analisi sismica dinamica secondo quanto prescritto al Cap.7 del D.M. 14/01/2008.

A.8 RELAZIONE SUI MATERIALI

Si prevede l'utilizzo dei seguenti materiali per uso strutturale:

MATERIALE	SPECIFICHE TECNICHE
Calcestruzzo magro per sottofondazioni	Classe di resistenza C12/15
Calcestruzzo per strutture di fondazione	<ul style="list-style-type: none">- Classe di resistenza C28/35- Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206 – UNI 11104): XC2- Dimensione massima degli aggregati $d = 25$ mm- Classe di consistenza S4 / S5- Rapporto acqua/cemento < 0.55- Minimo contenuto di cemento > 320 kg/mc
Calcestruzzo per muri e solette	<ul style="list-style-type: none">- Classe di resistenza C35/45- Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206 – UNI 11104): XC4 XA3- Dimensione massima degli aggregati $d = 20$ mm- Classe di consistenza S5- Rapporto acqua/cemento < 0.45- Minimo contenuto di cemento > 360 kg/mc
Acciaio in barre per c.a. e reti elettrosaldate	Acciaio tipo B450C
Ancorante bicomponente per inghisaggio barre	Adesivo ibrido bicomponente ad indurimento rapido ad elevata capacità di carico tipo HILTI HIT-HY200A o similare di altro produttore con caratteristiche tecniche equivalenti

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	24 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A.9 SINTESI DELLE INDAGINI GEOLOGICHE EFFETTUATE

Sono state condotte due distinte campagne di prove in occasione delle due fasi di progettazione Definitiva ed Esecutiva. Più precisamente:

1. Una prima campagna di prove effettuata in occasione della redazione della prima relazione geologica per il Progetto Definitivo in data 12/06/2012 ad opera del Dott. Geol. Ronzani Giovanni.
2. Una seconda campagna di prove molto più approfondita effettuata in occasione della redazione della relazione geologica finale redatta per il Progetto Esecutivo dal Dott. Geol. Valeriano Franchi in data 23/11/2015.

Si riporta di seguito una sintesi dei risultati raggiunti.

A.9.1 *Prima campagna di prove e classificazione dei terreni*

Sono state redatte:

1. N. 2 prove penetrometriche statiche tipo CPT spinte fino ad una profondità di 10/30m dal p.c., con rilevazione della quota del livello falda.
2. Indagine MASW, REMI e HVSR per la determinazione della Vs 30 per la classificazione del suolo.

L'analisi dei risultati ha permesso di individuare la seguente stratigrafia:

Strato 1

Nel sottosuolo, dopo uno strato di alcuni decimetri costituito da terreno alterato di superficie, in parte di riporto per l'impostazione di condotte di pertinenza dell'impianto e sino alla profondità di ca. 3 metri, sono presenti terreni di natura prevalentemente argillosa di media e di bassa consistenza (in genere 8Kg/cmq <Rp < 20 Kg/cmq). A questi è possibile attribuire i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	25 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Parametri non drenati

Densità naturale del terreno (γ_{nk})	1,85 t/m ³	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito (ϕ_k)	0°	0°
Coesione (C_{uk})	0,40-0.60 Kg/cm ²	40-60 KPa
Modulo Elastico (E_k)	50-70 Kg/cm ²	5,0-7,0 MPa

Parametri drenati

Densità naturale del terreno (γ_{nk})	1,85 t/m ³	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito (ϕ'_k)	19°–21°	19°–21°
Coesione (c'_k)	0,0 - 0,1 Kg/cm ²	0-10 KPa
Modulo Elastico (E_k)	50-70 Kg/cm ²	5,0-7,0 MPa

Strato 2

A partire da ca. 3 metri e sino a circa 17–18 m dal p.c. si riscontra la presenza di terreni di natura prevalentemente argillosa, argilloso limosa e localmente limoso sabbiosa, di medio buona consistenza (in genere 20 Kg/cm²<Rp<30 Kg/cm²). A questi è possibile attribuire i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

Parametri non drenati

Densità naturale del terreno (γ_{nk})	1,85 t/m ³	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito (ϕ_k)	0°	0°
Coesione (C_{uk})	0,70-1.00 Kg/cm ²	70-100 KPa
Modulo Elastico (E_k)	70-80 Kg/cm ²	7,0-8,0 MPa

Parametri drenati

Densità naturale del terreno (γ_{nk})	1,85 t/m ³	18,5 KN/m ³
Angolo di attrito (ϕ'_k)	20°–25°	20°–25°
Coesione (c'_k)	0,0 - 0,1 Kg/cm ²	0-10 KPa
Modulo Elastico (E_k)	70-80 Kg/cm ²	7,0-8,0 MPa

In approfondimento, a partire da circa 17 – 18m si riscontra un significativo incremento delle resistenze (con valori di Rp in genere > 30 Kg/cm²) e con natura dei terreni che rimane prevalentemente coesiva, di tipo argilloso. Entro questi si è individuata la presenza di uno strato di sabbie dense compreso tra le profondità di -25m e -28,5m dal p.c.

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	26 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Categoria del suolo di fondazione

La stratigrafia e le caratteristiche geotecniche dei terreni in esame sono riportate nella relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Ronzani Giovanni. Sulla base di questi dati ne risulta che la classe indicata nella normativa sismica di riferimento entro cui ascrivere il suolo di fondazione è la seguente:

- C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

A.9.2 Seconda campagna di prove e classificazione dei terreni

Sono state redatte:

1. N. 17 prove penetrometriche statiche di cui 15 con punta meccanica e 2 con piezocono. Delle prime 15, 8 sono state estese fino a 30m dal p.c. e 7 fino a 10m; le restanti 2 sono CPTU estese fino a 30m.
2. N. 4 sondaggi a carotaggio continuo con profondità tra 2.7 e 10m.
3. Indagine MASW per la determinazione della Vs 30 per la classificazione del suolo.

Si rimanda alla relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Valeriano Franchi per i valori dettagliati di ogni singola prova penetrometrica.

Categoria del suolo di fondazione

Per la caratterizzazione sismica del terreno è stata eseguita una campagna a simica attiva, con 3 array MASW, su terreno naturale all'interno dell'area di studio, la quale ha restituito valori medi di Vs30 pari a 253 m/s, 224 m/s e 220 m/s, che permettendo di confermare al terreno in esame la categoria C:

"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	27 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

A.9.3 Indicazioni del sistema fondazionale adottato

Dallo studio eseguito emerge come l'area si collochi in una zona a debolissima inclinazione topografica, che permette uno sviluppo edilizio senza particolari problemi, con presenza di terreni a comportamento visco-plastico (argille, argille limose), con un unico strato sabbioso compreso tra 21 e 24 m.

Le prove effettuate hanno evidenziato la presenza di terreni con caratteristiche di resistenza meccanica mediocri (cu pari a 0,4, 0,6 kg/cm²) nei primi 4-5 m dal piano campagna, tendenti ad ottimi con il progressivo aumentare della profondità. Il livello sabbioso mostra una densità relativa bassa, variabile dal 30% al 50% ed angolo di attrito pari a 30-34°.

I valori di Rp medio hanno messo in evidenza un andamento piuttosto omogeneo su tutta l'area: in generale, già oltre i primi 3 m dal p.d.c. le prove mostrano valori di resistenza discreti, che aumentano, tranne qualche breve interruzione, con la profondità, in particolare nei livelli con maggior percentuale di limi rispetto alle argille.

La soggiacenza della falda più superficiale, in base a quanto è stato rilevato nel QC del PSC di Terre d'Acqua, si attesta intorno a -2 m dal p.d.c.

Gli edifici sono sostanzialmente raggruppabili in due tipologie strutturali caratterizzate da scelte sul sistema fondazionale dettate oltre che dall'entità del carico trasmesso al terreno su cui vengono impostati, anche dalla vicinanza alle strutture esistenti limitrofe.

In sintesi i sistemi fondazionali adottati sono raggruppabili in due distinte tipologie:

1. Per gli edifici a struttura scatolare, i muri delle nuove baie di carico interne e le solette destinate a realizzare le aree di deposito, caratterizzati da una uniforme distribuzione dei carichi sul terreno di fondazione verrà realizzata una platea di fondazione di spessore variabile da 40 a 60 cm, approfondita mediante magrone fino a raggiungere gli strati dotati di migliori caratteristiche portanti.
2. Per i nuovi capannoni prefabbricati, costituiti da strutture intelaiate e coperture in acciaio, verranno realizzate fondazioni su plinti impostati su pali di fondazione approfonditi fino alla profondità idonea ai carichi provenienti dalle sovrastanti strutture. Tale sistema fondazionale permetterà anche di non andare ad interferire con le fondazioni degli edifici esistenti limitrofi.

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	28 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	

Si rimanda agli elaborati specifici redatti per ogni singolo edificio per il calcolo, il dimensionamento e la verifica degli elementi di fondazione specifici.

CO 01 BO AE 00 D1 RT 51.00	Relazione tecnica – Opere sismiche	04	30/11/2016	29 di 29
Cod.	Descrizione	Rev.	Data	