



Regione Emilia-Romagna  
Provincia di Bologna  
Comune di Camugnano  
Comune di Castiglione dei Pepoli

PROGETTO DEFINITIVO

Nome progetto

"Eolico Camugnano"

Oggetto

Progetto per la realizzazione di un impianto eolico da 30 MW con sistema di accumulo da 8 MW e relative opere di connessione, da ubicarsi nei Comuni di Camugnano (BO) e Castiglione dei Pepoli (BO).

Titolo

Relazione di calcolo opere civili

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.R.L.  
Via della Chimica 103  
85100 Potenza (PZ)

Progettista:



SYNERGY S.R.L.  
Via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 - Castel Maggiore (BO)

Il professionista:  
Ing. Pierpaolo Semproli  
(c/o Teleios srl - progettista opere civili)

7					
6					
5					
4					
3					
2					
1					
0	08/03/2024	EMISSIONE	Ing. F. Fiorelli	Ing. P. Semproli	Ing. L. Malservisi
Rev.	Data	Motivo Revisione	Eseguito	Verificato	Approvato

Tipologia: RELAZIONE	Formato: A4	Foglio: -
Scala: -	File: SYN036.PD.RC.012_00	Tavola: N° SYN036.PD.RC.012

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## **Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### **SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
1.1	DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO .....	2
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>DATI GENERALI DI PROGETTO .....</b>	<b>7</b>
3.1	CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DEL SITO .....	7
3.1.1	VENTOSITA' .....	7
3.1.2	NEVE .....	7
3.2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....	8
3.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	8
3.3.1	ANALISI DEI RISCHI GEOMORFOLOGICI .....	12
3.3.2	PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO .....	14
<b>4</b>	<b>OPERE CIVILI SOTTOSOTTOSTAZIONE UTENTE.....</b>	<b>15</b>
4.1	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO .....	15
4.1.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLE STRUTTURE CIVILI.....	15
4.1.1.1	Calcestruzzo .....	15
4.1.1.2	COPRIFERRO.....	15
4.1.1.3	Acciaio.....	15
4.1.1.4	PROVE DI ACCETTAZIONE.....	16
4.2	SCAVI E MOVIMENTO TERRA.....	16
4.3	STRADE E PIAZZOLE.....	17
4.4	RECINZIONE ED ACCESSI .....	19
4.4.1	RECINZIONE.....	19
4.4.2	CANCELLI CARRAI E PEDONALI.....	20
4.5	SISTEMA DI ILLUMINAZIONE.....	22
4.6	EDIFICI, CABINATI E FONDAZIONI.....	23
<b>5</b>	<b>APPENDICE 1 – CALCOLO OPERE DI SCAVO .....</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione di calcolo inerente le opere civili previste nell'ambito del progetto per la realizzazione della sottostazione utente da ubicarsi nel Comune di Castiglione dei Pepoli (BO).

### 1.1 DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO

Il progetto generale descritto nella presente relazione nasce dalla volontà della Società Proponente di realizzare un impianto eolico onshore per la produzione di energia elettrica, ubicato nel territorio comunale di Camugnano (BO) e di Castiglione dei Pepoli (BO).

L'impianto, proposto dalla società Energia Pulita 3 S.r.l., sarà costituito da 7 aerogeneratori della potenza di 4,280 MW ciascuno, per una potenza complessiva di impianto di 30,0 MW. Da tali aerogeneratori, posti lungo una fascia di circa 4,5 km e compresi in un intervallo altimetrico di XXX m e collegati tra loro a costituire due sottocampi, l'energia elettrica prodotta verrà convogliata tramite un cavidotto interrato al punto di raccolta e consegna (sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT) e successivamente alla futura stazione elettrica Terna, prevista sempre nel territorio comunale di Castiglione dei Pepoli.

Il progetto è il risultato di una serie di studi che hanno preso in considerazione numerosi fattori, quali l'anemologia, l'orografia e l'accessibilità del sito, con lo scopo di massimizzare il rendimento dei singoli aerogeneratori e dell'impianto nel suo complesso, attraverso l'utilizzo di software appositi, nel rispetto della normativa vigente.



Il tipo di aerogeneratore previsto per l'impianto in oggetto (aerogeneratore di progetto) è un aerogeneratore ad asse orizzontale con rotore tripala e una potenza di 4,280 MW, le cui caratteristiche principali sono di seguito riportate:

- Rotore tripala a passo variabile, di diametro massimo pari a 163 m, posto sopravvento alla torre di sostegno, costituito da 3 pale generalmente in resina epossidica rinforzata con fibra di vetro e da mozzo rigido in acciaio;
- Navicella in carpenteria metallica con carenatura in vetroresina e lamiera, in cui sono collocati il generatore elettrico, il moltiplicatore di giri, il trasformatore bt/mt e le apparecchiature idrauliche ed elettriche di comando e controllo;
- Torre di sostegno tubolare troncoconica in acciaio, avente altezza fino all'asse del rotore pari a massimi 118 m;
- Altezza complessiva massima fuori terra dell'aerogeneratore pari a 199,5 m;
- Diametro massimo alla base del sostegno tubolare: 3,80 m;
- Area spazzata massima: 20876 mq.

La velocità del vento di avviamento (o velocità di cut-in) è la minima velocità alla quale la macchina inizia a ruotare ed è pari a 3,0 m/sec; una volta che la velocità del vento supera il valore corrispondente alla velocità di avviamento la potenza cresce al crescere della velocità del vento. La potenza cresce fino alla velocità nominale e poi si mantiene costante fino alla velocità di fuori servizio o di cut-out (26 m/sec); per ragioni di sicurezza, a partire dalla velocità nominale, la turbina si regola automaticamente e l'aerogeneratore fornirà la potenza nominale servendosi dei suoi meccanismi di controllo.

Le opere civili previste per la realizzazione del campo eolico sono di seguito elencate:

- Viabilità interna: è costituita da una serie di strade e di piste di accesso, in parte esistenti e in parte di nuova realizzazione, che consentono di raggiungere agevolmente tutte le postazioni in cui verranno collocati gli aerogeneratori. La progettazione stradale è stata svolta tenendo conto del fatto che la movimentazione dei pezzi componenti l'aerogeneratore e delle gru necessarie per il loro montaggio richiede una geometria stradale avente le seguenti caratteristiche minime:
  - Larghezza netta della pista      4,50 m

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

- Raggio minimo di curvatura      24,00 m
- Allargamento della pista in corrispondenza delle curve fino a 13 m totali
- Pendenza longitudinale massima      21%
- Raggio di curvatura minimo altimetrico    400,00 m

I rilevati stradali saranno realizzati utilizzando, per quanto possibile, il materiale presente in sito mediante stabilizzazione con calce per i rilevati e realizzazione di terre armate per il sostegno degli stessi. Dopo l'esecuzione della necessaria compattazione, verrà steso uno strato di geotessile, quindi verrà realizzata una fondazione in misto granulare dello spessore di 40 cm e infine uno strato superficiale di massicciata tipo a1-b d<30mm uni 10006 dello spessore di 20 cm.

- Piazzole provvisorie: sono state dimensionate per consentire il montaggio a terra del braccio della gru principale a mezzo di altre due gru di supporto. Una volta completate le fasi di montaggio degli aerogeneratori si provvederà a ripristinare le parti delle piazzole provvisorie non più necessarie ai fini dell'accesso alle zone più prossime all'aerogeneratore, che andranno a costituire le piazzole definitive. In alcuni casi il ripristino comporterà la rimozione delle opere realizzate con la reintroduzione dello stato ante-operam, in altri casi il ripristino prevederà il ricoprimento delle parti delle piazzole provvisorie non più necessarie con relativo rinverdimento. Anche per la realizzazione delle parti in rilevato delle piazzole provvisorie si privilegerà l'impiego di terreni provenienti dagli scavi stabilizzata con la calce e sostenuta, ove necessario, con la realizzazione di terre armate. La pavimentazione delle piazzole provvisorie sarà realizzata con le stesse modalità previste per le strade costituenti la viabilità.
- Piazzole definitive: saranno ricavate dalle piazzole provvisorie ripristinandone la parte non più necessaria in fase di esercizio; anche la pavimentazione delle piazzole provvisorie sarà costituita da uno strato di misto stabilizzato dello spessore minimo di 60 cm.
- Opere di attraversamento e deviazione dei corsi d'acqua minori: la realizzazione della viabilità interna e delle piazzole presenterà alcune interferenze con la rete idrografica di 2° ordine (rii) e in casi più frequenti con quelle di 3° ordine (impluvi) della zona di intervento. Si prevede pertanto di realizzare un sistema di fossi di guardia e di tombini in modo da garantire una corretta regimazione delle acque intercettate dalle nuove opere ed il loro corretto convogliamento nella rete idrografica esistente. Nei punti di intersezione delle nuove opere, i corsi d'acqua intercettati risultano caratterizzati da bacini di estensione limitata in quanto l'area d'intervento risulta situata in prossimità di una zona di crinale.
- Fondazioni degli aerogeneratori: le torri degli aerogeneratori saranno fissate ad un elemento circolare di base in acciaio, a sua volta annegato all'interno di una fondazione tronco- piramidale in conglomerato cementizio armato, progettata per resistere al peso proprio della struttura e alle sollecitazioni cinematiche provocate dai sismi e dal vento. Date le caratteristiche del terreno, la fondazione sarà del tipo su pali di grande diametro in calcestruzzo armato. La dimensione del plinto sarà circolare con diametro di 24,92m con n. 24 pali da 120cm e lunghezza 28m. L'altezza del plinto sarà variabile da 3,15m a 4,40m.
- Elettrodotti interrati: al di sotto della viabilità interna al parco correranno i cavi di media tensione che trasferiranno l'energia elettrica prodotta dagli aerogeneratori alla sottostazione mt/at e quindi alla rete elettrica nazionale. Lo scavo per l'alloggiamento del cavidotto, della profondità non inferiore a 1,20 m, sarà di larghezza variabile a seconda del numero di terne contenute; queste verranno collocate su uno strato di sabbia dello spessore di 10 cm, ricoperte con un ulteriore strato di sabbia di 30 cm, all'interno del quale troveranno posto anche il cavo in rame per la messa a terra, il cavo di comunicazione in fibra ottica per il sistema di controllo del parco e tegoli di protezione dei cavi o sistemi equivalenti. La restante porzione dello scavo sarà riempita con materiale arido, all'interno del quale sarà collocato il nastro segnalatore. Il percorso del cavidotto verso la sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT seguirà il tracciato di vecchie strade interpoderali e comunali con un minimo impatto sulla viabilità ordinaria e senza interferenze con le zone boschive.

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)



**Relazione di calcolo opere civili  
sottostazione utente**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

- Sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT 30/132 kv: il collegamento alla RTN verrà realizzato mediante punto di raccolta ed elevazione 30/132 kv collegato in antenna a 132 kv alla futura stazione di smistamento a 132 kv della RTN nel comune di Castiglione dei Pepoli (BO) da inserire in entra-esce sulla linee a 132 kV “Ca’ di Landino -Grizzana”. La nuova sottostazione elettrica di trasformazione verrà realizzata in un’area attualmente agricola posta all’esterno dell’abitato di Castiglione dei Pepoli e lungo il tratto della strada comunale SP325; il profilo altimetrico del terreno porta a realizzare la superficie della nuova sottostazione elettrica di trasformazione con paratie di contenimento in pali di grande diametro e tiranti sub orizzontali. La disposizione sarà comunque in andamento con la superficie esistente e mitigata con l’inserimento di essenze arboree e sistemazioni a verde. L’accesso alla futura sottostazione elettrica di trasformazione, avverrà direttamente dalla strada comunale utilizzando un percorso interno esistente che sarà opportunamente adeguato.
- Futura stazione di smistamento rtn a 132 kv: è prevista nel comune di Castiglione dei Pepoli (BO) da inserire in entra-esce sulla linea a 132 kV “Ca’ di Landino -Grizzana”. La futura stazione terna verrà realizzata in una zona limitrofa alla sottostazione elettrica di trasformazione, ma con dimensioni maggiori connesse con il posizionamento delle apparecchiature elettromeccaniche e il collegamento alla rete elettrica esistente.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I progetti dovranno rispettare tutte le leggi e i regolamenti regionali e comunali in vigore. Di seguito è fornita una lista non esaustiva.

### Eurocodici

- UNI EN 1990 (serie) Eurocodice 0 – Criteri Generali di Progettazione Strutturale .
- UNI EN 1991 (serie) Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture
- UNI EN 1992 (serie) Eurocodice 2 – Progettazione delle Strutture in Calcestruzzo
- UNI EN 1993 (serie) Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture di acciaio.
- UNI EN 1994 (serie) Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo.
- UNI EN 1997 (serie) Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica.
- UNI EN 1998 (serie) Eurocodice 8 –Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
- UNI EN 1999 (serie) Eurocodice 9 – Progettazione delle strutture di alluminio.

### Altri documenti

Esistono inoltre documenti (Istruzioni CNR) che non hanno valore di normativa, anche se in qualche caso i decreti ministeriali fanno espressamente riferimento ad essi:

- CNR 10022/84 Costruzioni di profilati di acciaio formati a freddo;
- CNR 10011/97 Costruzioni in acciaio. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- CNR 10024/86 Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.
- CNR-DT 207/2008, "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni".



Eventuali normative non elencate, se mandatorie per la progettazione del sistema possono essere referenziate.

### Legislazione e normativa nazionale in ambito Civile e Strutturale

- Decreto Ministeriale Infrastrutture 17 gennaio 2018 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni”, di seguito NTC-2018;
- Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 “Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Legge 5.11.1971 N° 1086 - (norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica);
- CNR-UNI 10021- 85 - (Strutture di acciaio per apparecchi di sollevamento. Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione).



### Legislazione e normativa nazionale in ambito di Ambiente, Salute e Sicurezza sul lavoro

- D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e s.m.i. Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro.
- Decreto del ministero dello sviluppo economico 22 gennaio 2008, n. 37 Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del

<p><b>Progettazione:</b></p>  <p>via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)</p>	<p><b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b></p>	<p><b>Committente:</b></p>  <p>ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)</p>
--	--	---

2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.

- D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011: "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto legge 31 maggio 2010, n.78 convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n.122"
- DLgs 152/06 e ss.mm.ii. Testo Unico Ambientale.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

### 3 DATI GENERALI DI PROGETTO

#### 3.1 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA DEL SITO

##### 3.1.1 VENTOSITA'

Ai fini del calcolo delle azioni verranno assunti i dati in accordo al D.M. 17 gennaio 2018.

Zona	2
Velocità caratteristica	25 m/s
Altitudine di riferimento	< 750 m.s.l.m
Classe di rugosità di terreno	D
Categoria di esposizione	III
Coefficiente di topografia	1.0
Coefficiente dinamico	1.0
Coefficiente di attrito	0.01
Pressione cinetica di riferimento $q_b$	390.63 N/m <sup>2</sup>
Coefficiente di pressione $c_p$	Determinato in funzione della struttura
Tempo di ritorno	50 anni
Coefficiente di esposizione $C_e$	Per la sua determinazione si sono considerati i seguenti parametri: $k_r = 0.20$ ; $z_0 = 0.10\text{m}$ e $z_{\min} = 5.0\text{ m}$

##### 3.1.2 NEVE

L'azione è definita in accordo al DM 17 gennaio 2018.

Zona	I-Mediterranea
Carico neve al suolo $q_{sk}$	2.69 kN/m <sup>2</sup> ( $a_s = 600\text{m}$ )
Coefficiente di esposizione	1.0
Coefficiente di forma	0.8
Coefficiente termico	1.0



**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo opere civili  
sottostazione utente**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 3.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

La classificazione sismica attualmente in vigore nella regione Emilia Romagna è quella richiamata nell'aggiornamento della DGR n. 146 del 06 Febbraio 2023.

In tale contesto, il Comune di Camugnano risulta ricadere in zona sismica 3 (sismicità bassa), corrispondente ad un valore di azione sismica utile (c.d. 'Ag') per la progettazione strutturale (espresso in termini di accelerazione massima su roccia con una probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni) compreso tra 0.05g e 0.15g.

Sulla base dell'ubicazione del lotto di intervento, della classe d'uso delle opere in progetto e della loro tipologia, della categoria di sottosuolo in oggetto e della categoria topografica del sito, devono essere calcolati i coefficienti sismici caratteristici per l'intervento in esame come indicati in tabella:

Categoria del suolo	C
Categoria topografica	T2
Classe d'uso dell'opera	IV
Vita nominale dell'opera	≥ 100 anni

### 3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le informazioni geotecniche preliminari sono state desunte dal documento "Relazione geologica", redatta a cura del Dott. Geol. R. Carbonella.

In tale documento vengono individuati all'interno del comune di Camugnano n°7 siti idonei per la realizzazione dell'impianto eolico, uno per ciascun aerogeneratore WTG previsto in progetto. Per tali aree:

- vengono raccolte tutte le informazioni geotecniche e geologiche bibliografiche;
- sulla base dei dati di cui sopra, unitamente a conoscenze dirette del geologo incaricato, vengono descritti i modelli geologici delle diverse aree e dei principali rischi geomorfologici ad esse connesse.

**Visto il livello di progettazione e di autorizzazione del progetto in oggetto non è consentita l'esecuzione di indagini geologiche e geognostiche in sito.**

**Pertanto la relazione geologica, sulla base della quale è stato redatto il presente documento, fa principalmente riferimento a studi di carattere bibliografico e cartografico.**

**In sede esecutiva la caratterizzazione sia geologica che geotecnica dovrà essere sviluppata sulla scorta dell'esecuzione di specifiche e adatte campagne di indagine geognostica.**

Le aree di interesse individuate, indeterminate nel proseguo con le sigle CMN\_1 ÷ CMN\_7 sono riportate nell'estratto cartografico che segue.

Progettazione:



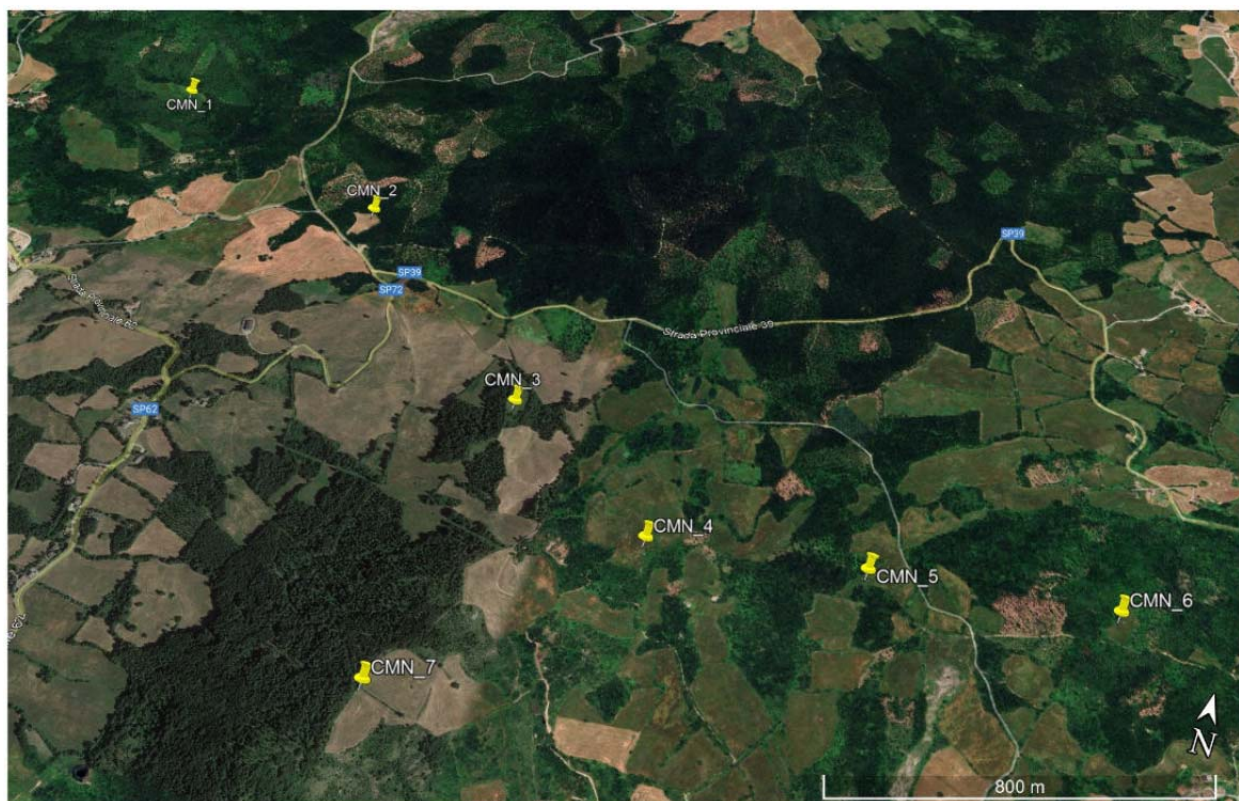
via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo opere civili  
sottostazione utente**

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)



*Ortofoto ubicazione aree di interesse (CMN\_1 ÷ CMN\_7)*

Il contesto geologico è riassunto nella tabella che segue.

Sito	Contesto geologico e unità affiorante	
	Unità	Descrizione
CMN_1	a3- Detrito di versante s.l.	Accumulo costituito da materiale a tessitura eterogenea prevalentemente fine, pelitico e/o sabbioso con inclusi lapidei. Al di sotto la formazione arenacea di Camugnano.
CMN_2	AVTa- Argille varicolori (Litofacies Argillitica)	Formazione prevalentemente costituita da argille e argilliti
CMN_3	AVTa- Argille varicolori (Litofacies Argillitica)	Formazione prevalentemente costituita da argille e argilliti
CMN_4	AVTa- CAU Formazione di Camugnano	In Corrispondenza di un limite tettonico che coinvolge le argille varicolori e la formazione di Camugnano. CAU: Formazione eterogenea costituita da due litofacies principali: alternanze arenaceo-pelitiche e da arenarie
CMN_5	AVC Unità argilloso-calcareo (Argille scagliose) Deposito frana quiescente per colamento fango	Struttura di blocchi litici in matrice argillosa, facenti riferimento all'unità delle argille Policrome
CMN_6	AVC Unità argilloso-calcareo (Argille scagliose)	Struttura di blocchi litici in matrice argillosa, facenti riferimento all'unità delle argille Policrome
CMN_7	APAA- Argille a Palombini (Litofacies Argillitica)	Formazione prevalentemente costituita da argille e argilliti



**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

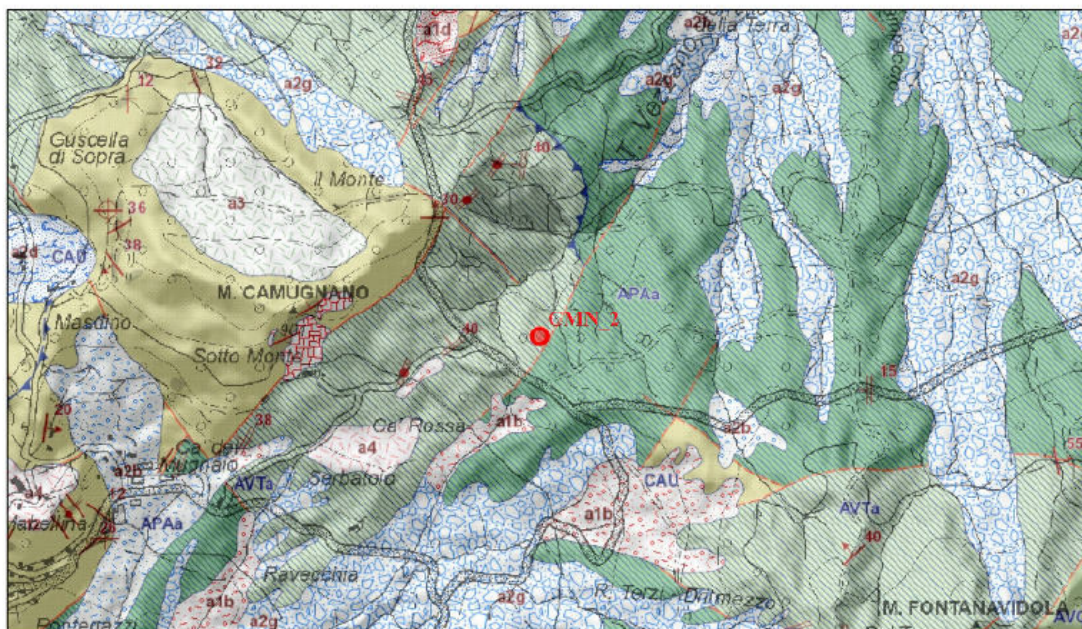
**Relazione di calcolo opere civili  
sottostazione utente**

**Committente:**

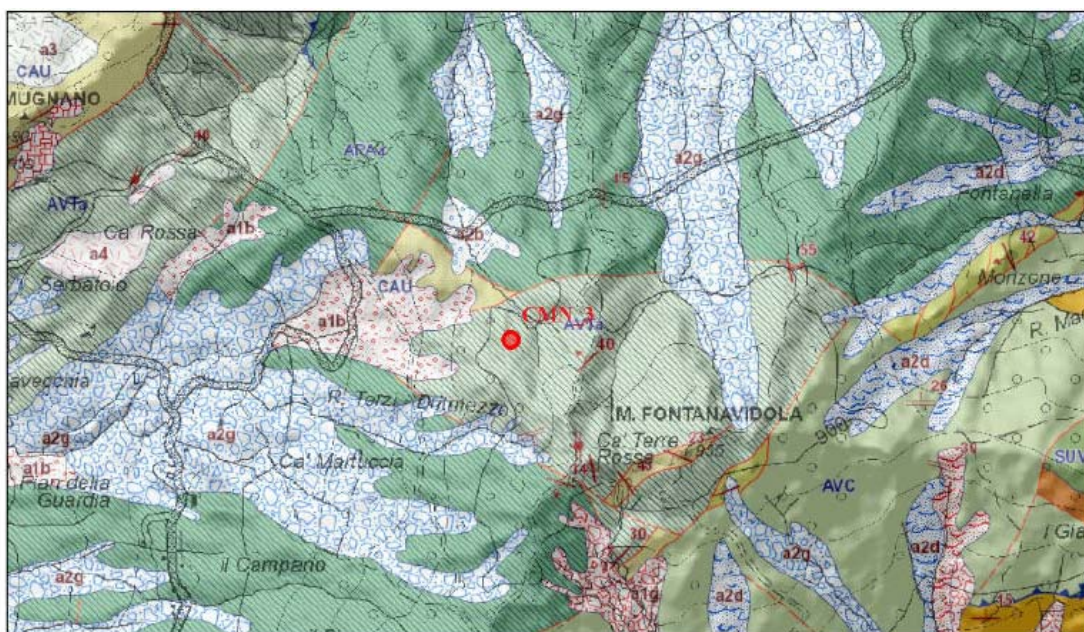


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

Si riportano alcuni estratti della cartografia geologica.



CMN\_2: Carta geologica: AVTa – Argille Varicolori Grizzana Morandi (Litofacies argillitica)



CMN\_3: Carta geologica: AVTa – Argille Varicolori Grizzana Morandi (Litofacies argillitica)



**Progettazione:**



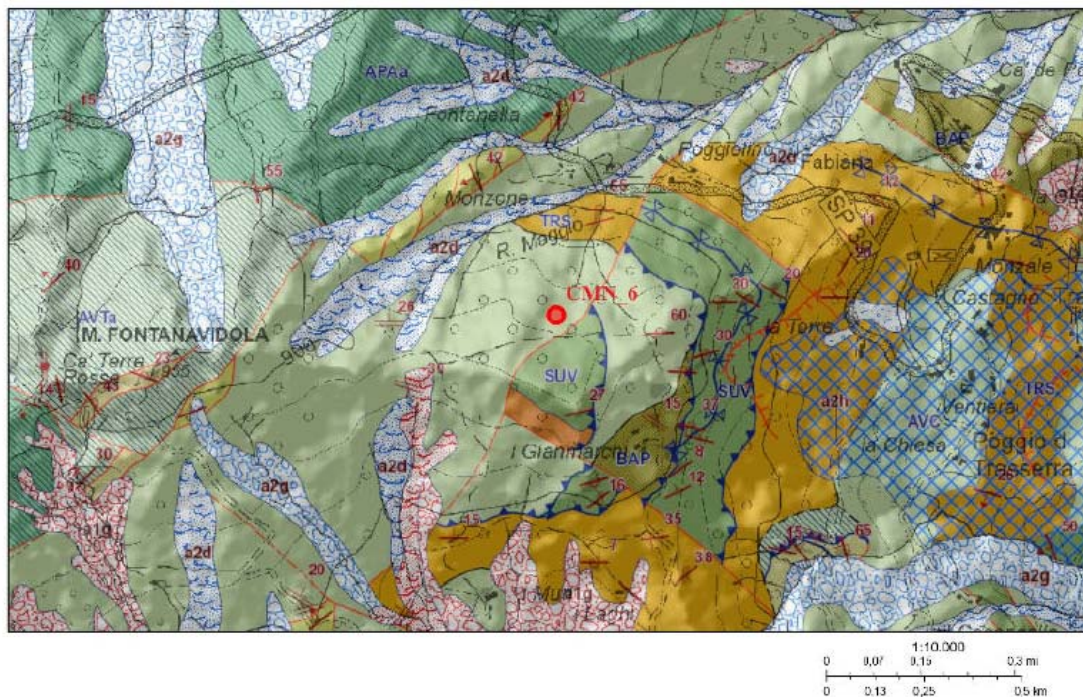
via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo opere civili  
sottostazione utente**

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)



CMN\_6: Unità argilloso-calcareia (c.d. "Argille Scagliose")

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente

**Committente:**

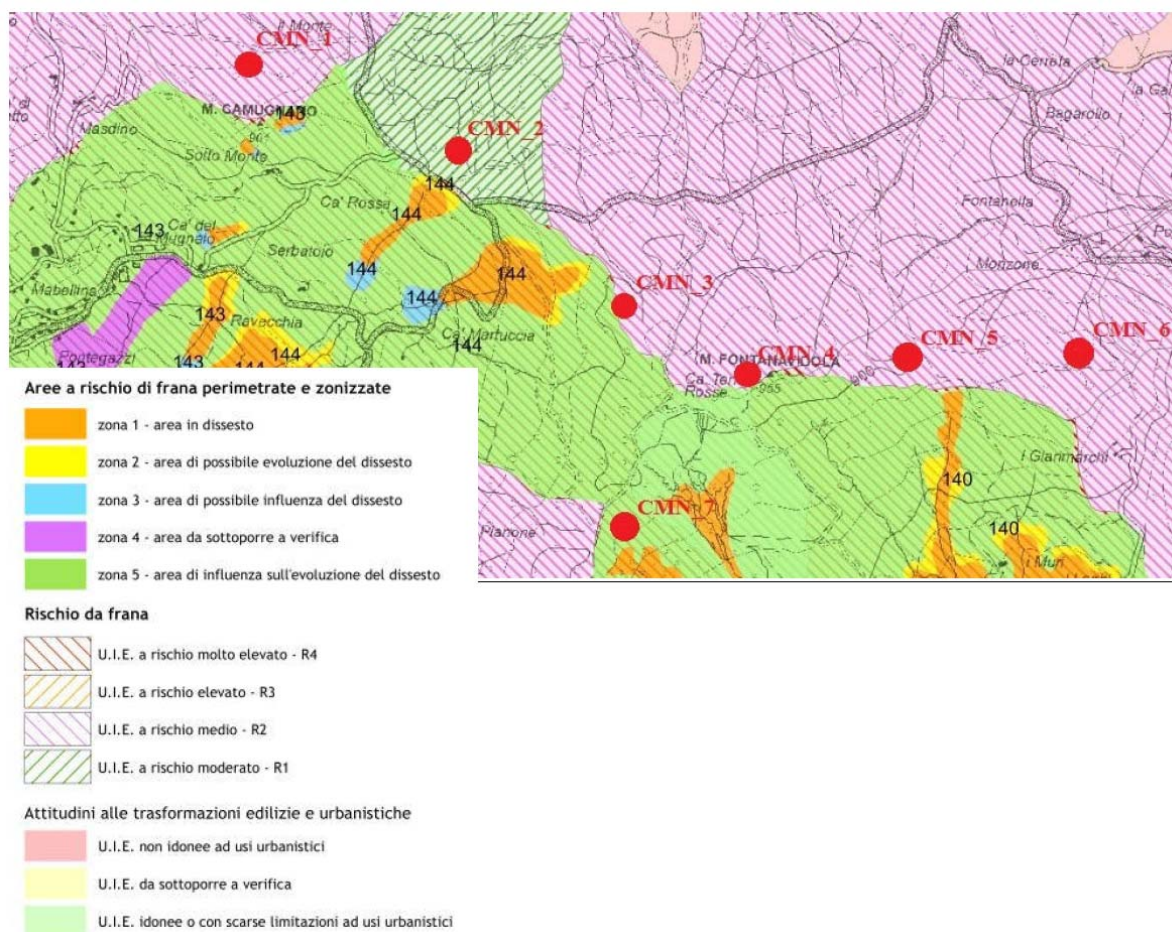


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 3.3.1 ANALISI DEI RISCHI GEOMORFOLOGICI

In accordo con gli estratti cartografici riportati in stralcio, si evidenziano di seguito per tutti i siti in esame i rischi idraulici, rischi da frana e assetti dei versanti.

Sito	Rischio di frana
CMN_1	Rischio medio R2
CMN_2	Rischio moderato R1
CMN_3	Rischio medio R2
CMN_4	Rischio medio R2
CMN_5	Rischio medio R2
CMN_6	Rischio medio R2
CMN_7	Area di influenza sull'evoluzione del dissesto





**Progettazione:**

via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

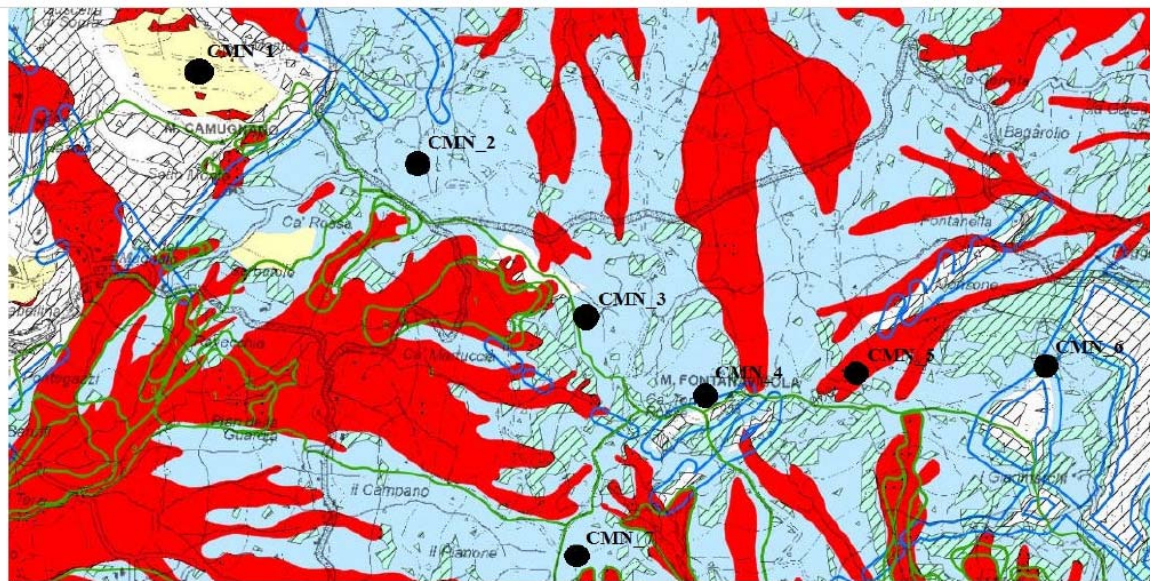
## Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente

**Committente:**

ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

Dall'analisi della cartografia relativa alla suscettibilità agli effetti locali, si riscontra quanto segue.



Sito	Substrato	Spessore coltre	Incl. sup. topografica
CMN_1	Corpi detritici a granulometria mista	H > 3m	i < 15°
CMN_2	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°
CMN_3	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°
CMN_4	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°
CMN_5	Zona di attenzione per instabilità versante	H > 3m	i < 15°
CMN_6	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°
CMN_7	Substrato non rigido affiorante. Substrato pelito poco consolidato e alterato	H < 3 m	i < 15°



### RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO (Art. 28)

#### Aree suscettibili di effetti locali

- S - Substrato rigido affiorante/subaffiorante  
Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m).  
Inclinazione del pendio i<15°
- SP - Substrato rigido affiorante/subaffiorante 15° < i < 50°  
Substrato lapideo o ben cementato, affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3m).  
Inclinazione del pendio 15° < i < 50°
- N - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante  
Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante  
(spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio i<15°
- NP - Substrato non rigido affiorante/subaffiorante 15° < i < 50°  
Substrato prevalentemente pelitico o poco consolidato o alterato o fratturato, affiorante o sub-affiorante  
(spessore delle coperture H<3m). Inclinazione del pendio 15° < i < 50°
- AV - Detriti s.l. i < 15°  
Corpi detritici di varia origine (alluvionale, eluvio-colluviale, coltri di alterazione, ecc.), generalmente a  
granulometria mista. spessore della coltre H<3m. Inclinazione della superficie topografica i<15°
- B - Depositi di margine appenninico-padano  
Depositi prevalentemente grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose) di conide alluvionale, di  
spessore H<3m, sepolti (profondità >3m da p.c.) e depositi di interconide
- C - Sedimenti prevalentemente fini di pianura  
Depositi coesivi prevalenti (limi, limi argillosi, argille)
- P50 - Substrato affiorante/subaffiorante i > 50°  
Substrato affiorante o sub-affiorante (spessore delle coperture H<3 m). Inclinazione del pendio i > 50°
- F - Zone di attenzione per instabilità di versante i > 15°  
Corpi di frana (attiva, quiescente e stabilizzata). Spessore della coltre H<3m. Inclinazione della superficie  
topografica i > 15°

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

### 3.3.2 PARAMETRI GEOTECNICI DEL SITO

La tipologia strutturale in progetto è classificata in categoria 3, con vita nominale pari a 100 anni, e classe d'uso IV.

I parametri che definiscono la pericolosità sismica di base del sito di intervento, in accordo con la zonizzazione sismogenetica riportata nelle Norme NTC2018, sono i seguenti:

	Tr	ag	F0	T*c
SLO	120	0.109	2.455	0.279
SLD	201	0.133	2.452	0.282
SLV	1898	0.273	2.463	0.316
SLC	2475	0.294	2.522	0.320



Si è considerato:

Opere con livelli prestazioni elevate      Vita nominale  $\geq 100$  anni      § 2.4.1 NTC 2018

Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti      Classe d'uso IV      § 2.4.2 NTC 2018

Coefficiente d'uso       $C_u = 2.0$       § 2.4.3 NTC 2018

Si è inoltre considerata una superficie topografica (T2) ed un sottosuolo di categoria C.

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

## 4 OPERE CIVILI SOTTOSOTTOSTAZIONE UTENTE

### 4.1 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO

Qualsiasi struttura, metallica o in calcestruzzo, dovrà essere dimensionata secondo le normative vigenti e tenendo in considerazioni le caratteristiche del luogo di installazione.

Ai fini delle verifiche secondo Norme Tecniche (DM 17.01.2018 e ss.mm.ii.), si considerino i seguenti parametri. Il Committente ha comunque l'obbligo di tenere in giusta considerazione ogni dato, informazione e documento di cui sia in possesso o venga in possesso che giustifichi delle assunzioni maggiormente cautelative ai fini della salvaguardia e del funzionamento dell'impianto.

#### 4.1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DELLE STRUTTURE CIVILI

##### 4.1.1.1 CALCESTRUZZO

Per le opere in c.a. è previsto l'uso dei seguenti calcestruzzi:

	Classe di resistenza C fck/Rck (MPa )	Classe di esposizione ambientale	Classe di consistenza
Tutte le opera in CA.	C 32/40	XC2-XC4	S4

A tale classe di esposizione corrispondono le seguenti proprietà:

- rapporto massimo a/c pari a 0.45 ;
- contenuto minimo di cemento pari a 340 kg/m<sup>3</sup>.

##### 4.1.1.2 COPRIFERRO

Si considerano i seguenti valori di copriferro:

- Calcestruzzo gettato contro il terreno e permanentemente a contatto con esso 75mm
- Calcestruzzo a contatto con il terreno o con acqua 50 mm
- Calcestruzzo non a contatto con il terreno o con acqua 40 mm.

##### 4.1.1.3 ACCIAIO

###### Acciaio per calcestruzzo armato

Tipo di acciaio: B450C

Peso specifico:  $\gamma = 78.50 \text{ kN/m}^3$



Modulo di elasticità:  $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

Tensione caratteristica di snervamento:  $f_{yk} > 450 \text{ N/mm}^2$

Tensione di snervamento di progetto ( $\gamma_s = 1,15$ ):  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391 \text{ N/mm}^2$

Massima tensione di esercizio:  $\sigma_s = 0,8 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2$



<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

#### 4.1.1.4 PROVE DI ACCETTAZIONE

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova saranno corrispondenti alle seguenti norme nonché alle Norme Tecniche applicabili.

Acciaio strutturale	UNI EN ISO 377, UNI 552, UNI EN 10002-1, UNI EN 10045 -1
Acciaio di armatura	UNI EN ISO 15630-1
Calcestruzzo	EN 206-1, EN 12350, EN 12390

#### 4.2 SCAVI E MOVIMENTO TERRA

Le attività di movimento terra sono di seguito elencate:

##### AREA SOTTOSTAZIONE UTENTE

- Realizzazione del piano di posa : si prevede la realizzazione del piano di posa su cui realizzare la sottostazione in oggetto, tramite le necessarie opere di scavi e riporti.
- Realizzazione di cavidotti interrati.
- Scavo per realizzare il piano di posa delle fondazioni degli elementi costruttivi presenti all'interno dell'area della sottostazione Utente, quali: fondazioni apparecchiature elettriche Stallo, fondazioni apparecchiature elettriche Stallo "comune", fondazioni edificio tecnologico contenente locali tecnici, uffici, magazzino e locale comune produttori.
- Scavo per realizzare il piano di posa della fondazione della recinzione perimetrale.

Le terre di risulta saranno gestite massimizzandone il riutilizzo in sito o conferiti ad impianti autorizzati per il trattamento.

#### 4.3 STRADE E PIAZZOLE

La realizzazione della sottostazione Utente implica la necessità del trasporto e messa in opera di apparecchiature che possono assumere anche dimensioni e pesi considerevoli. Il sito è stato scelto anche in funzione delle caratteristiche di transitabilità della viabilità di accesso.

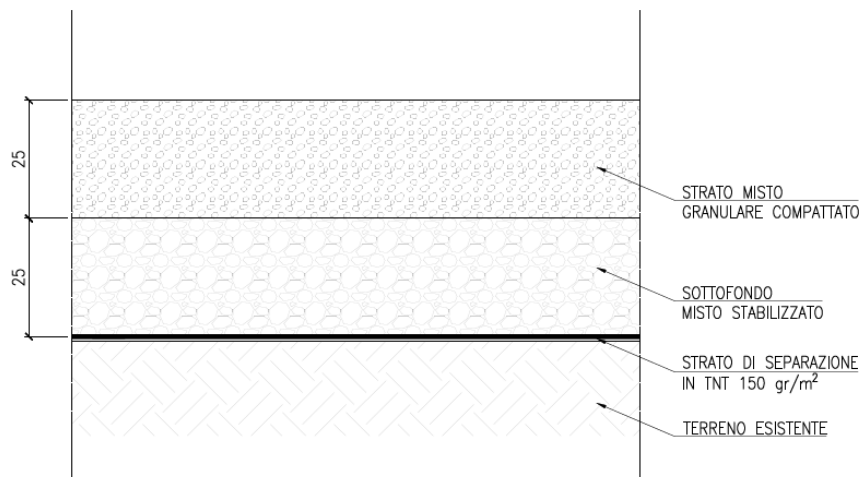
L'edificio e le apparecchiature elettriche deve quindi essere circondato da piazzali e viabilità adeguate, sia in termini dimensionali, che per raggio di curva e portanza.

I piazzali verranno effettivamente impiegati durante la fase di messa in opera, tuttavia è possibile che eventuali necessità manutentive straordinarie implichino la sostituzione di parti significative dell'impianto (in termini di adeguamento tecnologico, vista la durata prevista dell'impianto stesso) che necessitino di spazi adeguati alle operazioni di movimentazione dei carichi. Risulta quindi di fondamentale importanza la capacità portante dei piazzali, così come degli allacciamenti viari, nonché la scelta della pavimentazione. Questa infatti dovrà garantire adeguata resistenza alla forza esercitata dai mezzi durante le operazioni di trasporto e messa in opera. Si è resa quindi necessaria la scelta di utilizzare pavimentazioni idonee per le porzioni del piazzale oggetto di transito; queste saranno costituite da uno strato di sottofondo misto stabilizzato (spessore 25cm) e uno strato di misto granulare stabilizzato (spessore 25cm).

La viabilità interna al sito dovrà essere opportunamente regolarizzata e sistemata mediante le seguenti operazioni:

- livellamento
- posa separatore granulometrico
- formazione sottofondo in misto stabilizzato con spessore di circa 25 cm
- formazione di uno strato superficiale di misto granulare stabilizzato di circa 25 cm.

PARTICOLARE PACCHETTO  
 PIAZZALE SOTTOSTAZIONE UTENTE  
 1:10



**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo opere civili  
sottostazione utente**

**Committente:**

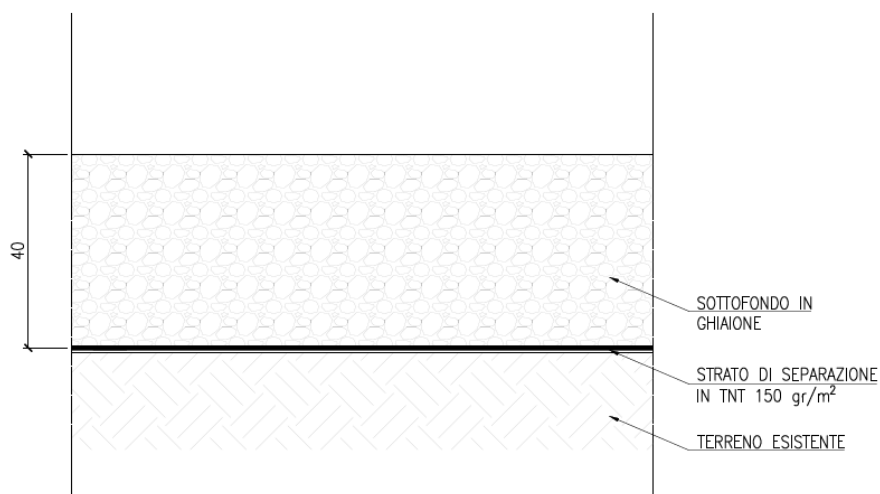


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

La superficie interna al sito relativa, alle aree degli stalli AT, dovrà essere opportunamente regolarizzata e sistemata mediante le seguenti operazioni:

- livellamento
- posa separatore granulometrico
- formazione sottofondo in misto stabilizzato con spessore di circa 25 cm
- formazione di uno strato superficiale di misto granulare stabilizzato di circa 25 cm.

**PARTICOLARE PACCHETTO  
AREE STALLO AT  
1:10**



Si rimanda alla documentazione dedicata per maggiori dettagli.

Documentazione di riferimento	Numero documento
SU-Planimetria e particolari accessi recinzione strade illuminazione	SYN036.PD.DP.017

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente

**Committente:**



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### 4.4 RECINZIONE ED ACCESSI

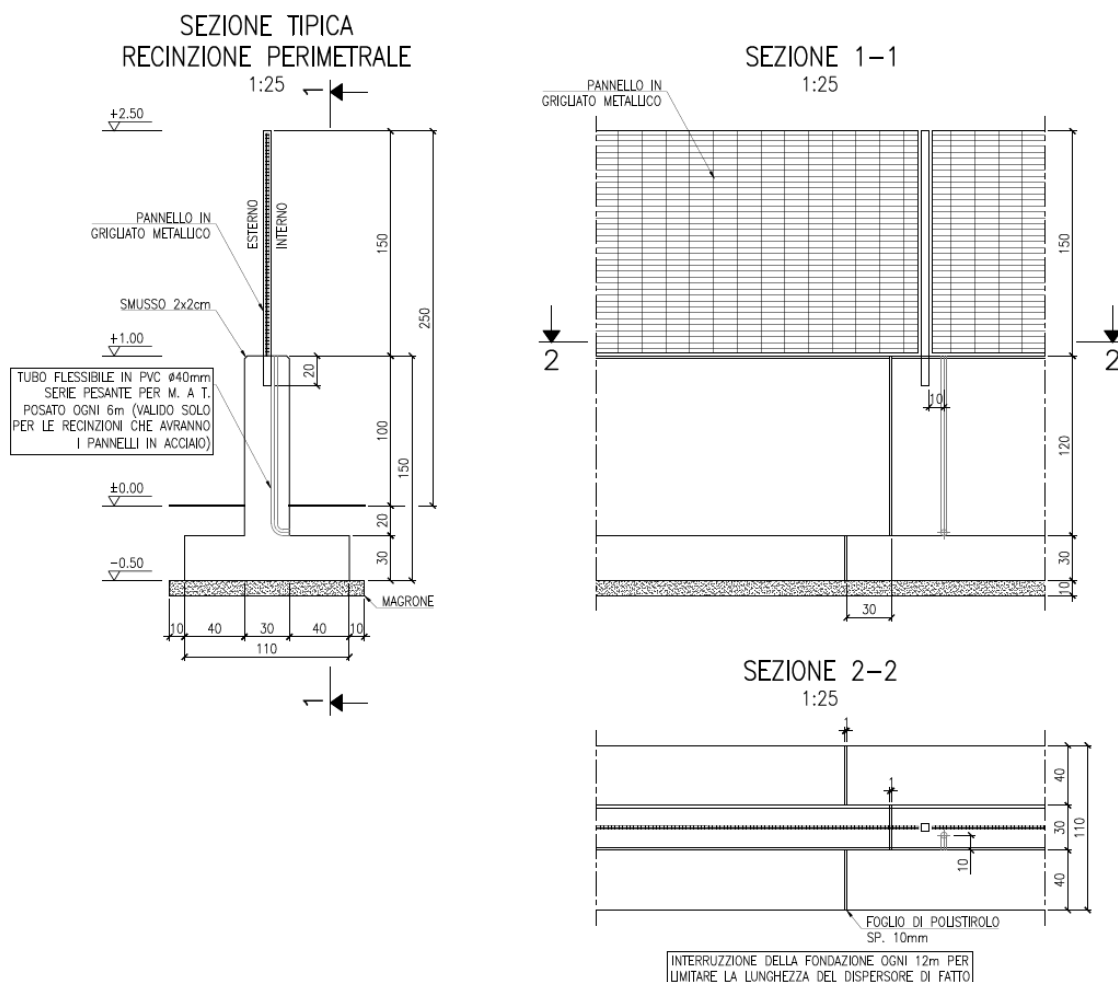
#### 4.4.1 RECINZIONE

Per motivi di sicurezza, il perimetro dei piazzali dovrà essere provvisto di una adeguata recinzione atta ad evitare che l'area venga praticata da soggetti non qualificati. Infatti la presenza di alta e media tensione, apparecchiature in aria, nonché della presenza di significativi campi elettromagnetici può creare situazioni di rischio.

La recinzione proposta deve anche avere funzioni di adeguata resistenza antisfondamento, per cui si rende necessaria la realizzazione di una basamento in c.c.a. con altezza fuori terra di 100 cm.

Il basamento in c.c.a. sarà sovrastato dalla recinzione metallica di tipo modulare, con altezza di 150 cm, con aspetto geometrico, in grado di richiamare l'impatto tecnologico-funzionale degli edifici. Anche la recinzione potrà essere interessata dall'impiego di verniciature con i cromatismi ritenuti più idonei al contesto.

Nella figura seguente è riportata il tipologico della recinzione in progetto.



Per maggiori dettagli e l'ubicazione si rimanda alla documentazione riportata di seguito.

Documentazione di riferimento	Numero documento
SU-Planimetria e particolari accessi recinzione strade illuminazione	SYN036.PD.DP.017

Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente

Committente:



ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

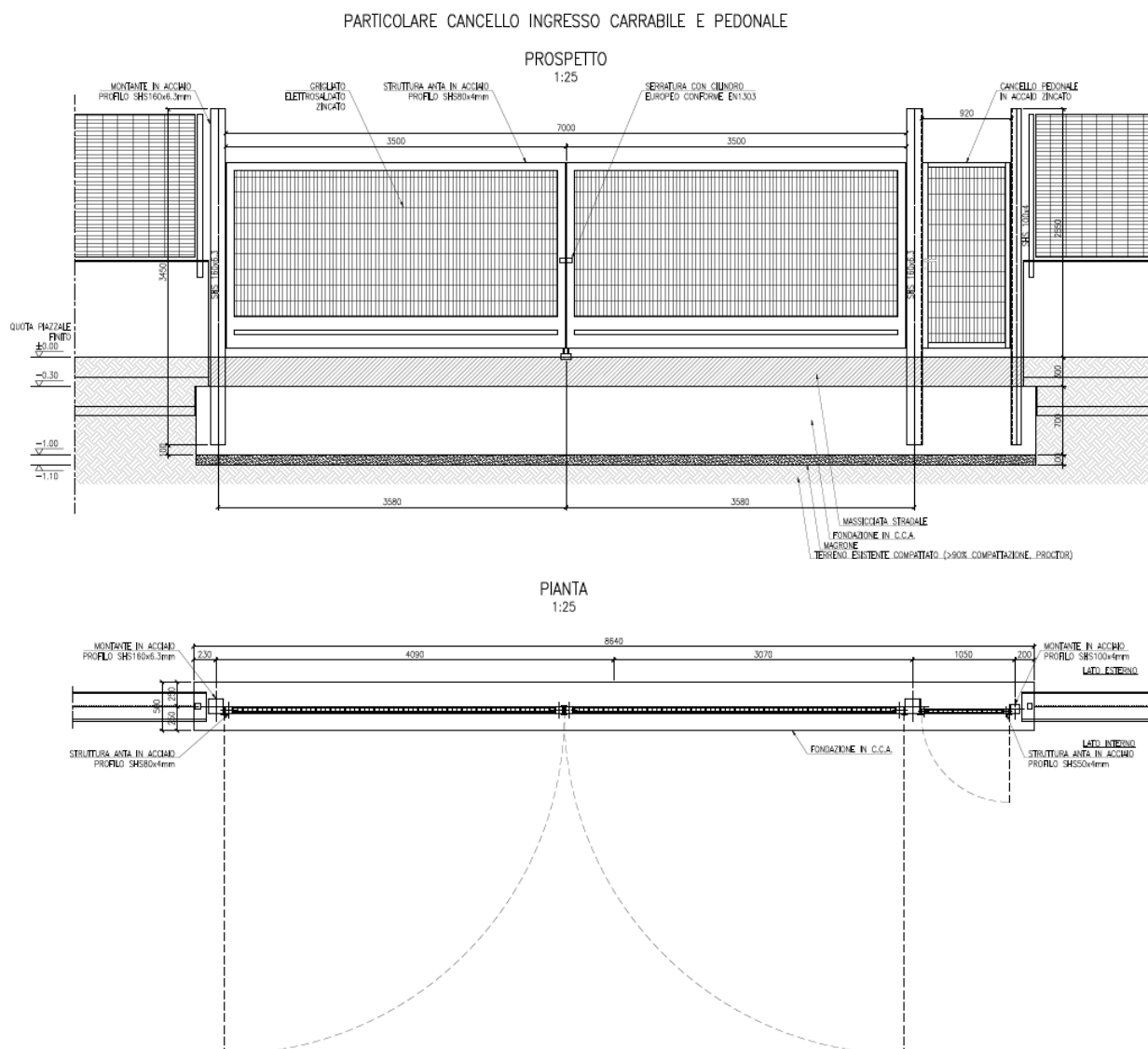
### 4.4.2 CANCELLI CARRAI E PEDONALI



E' prevista l'installazione di n. 3 cancelli carrai di accesso all'impianto. I cancelli presentano due ante azionate manualmente, con serratura rispondente alla norma EN 1303-2005 (cilindro europeo). I cancelli devono presentare il marchio CE.

La struttura è realizzata con profilati metallici a sezione quadrata con lato di dimensione pari a 160 mm. Il materiale utilizzato sarà del tipo S235 JR UNI EN 10025:2005, rifinito mediante zincatura a caldo rispondente alla norma UNI EN ISO 1461:1999 e verniciato con polveri poliestere secondo le norme UNI EN ISO 146:1999.

E' prevista l'installazione di n. 1 cancello pedonale. Il cancello pedonale, anche esso ad azionamento manuale e con serratura rispondente della norma EN 1303-2005. Il materiale utilizzato per la realizzazione del cancello pedonale sarà del tipo S235 JR UNI EN 10025:2005, rifinito mediante zincatura a caldo secondo le norme UNI EN ISO 146:1999.

Le immagini mostrano il tipologico del cancello di accesso e cancello pedonale.



<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

Per la geometria e l'ubicazione dei cancelli di accesso e dei cancelli pedonali si rimanda alla documentazione riportata di seguito.

Documentazione di riferimento	Numero documento
SU-Planimetria e particolari accessi recinzione strade illuminazione	SYN036.PD.DP.017

**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo opere civili  
sottostazione utente**

**Committente:**

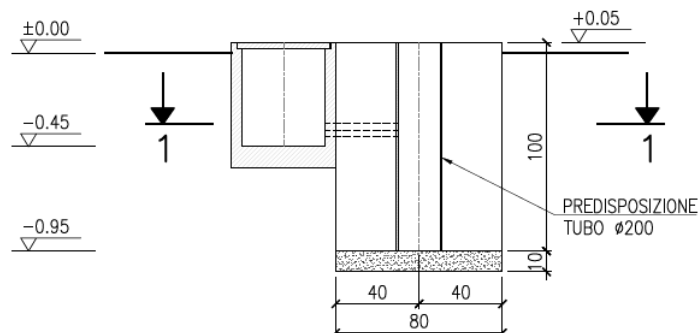


ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

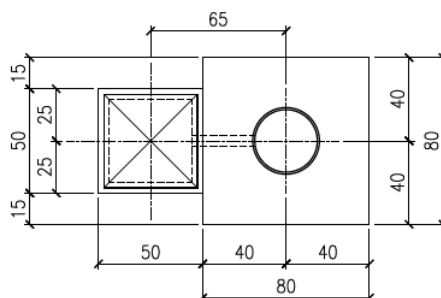
**4.5 SISTEMA DI ILLUMINAZIONE**

Il sistema di illuminazione e relativo supporto sarà montato su plinto di fondazione in c.c.a.. Le sezioni di scavo sono attese nella misura media di circa 80cm larghezza, 80cm lunghezza e 100cm profondità.

**TIPOLOGICO PLINTO FONDAZIONE  
SUPPORTO ILLUMINAZIONE**  
1:25





**SEZIONE 1-1**  
1:25



Si rimanda alla documentazione dedicata per maggiori dettagli.

Documentazione di riferimento	Numero documento
SU-Planimetria e particolari accessi recinzione strade illuminazione	SYN036.PD.DP.017

<b>Progettazione:</b>  via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)	<b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b>	<b>Committente:</b>  ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)
---	---	---

#### 4.6 EDIFICI, CABINATI E FONDAZIONI

Il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione della opera. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi.

Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione deve essere regolarizzato e protetto con conglomerato cementizio magro o altro materiale idoneo eventualmente indicato dal direttore dei lavori.

A servizio della sottostazione Utente sono stati previsti:

- n. 1 Stallo composto da: trasformatore, scaricatore, TA, interruttore, TV, sezionatore
- n.1 edificio con locali tecnici e un locale in comune tra i produttori
- n.1 Stallo in comune composto da: sezionatore e cavo AT, TV, sezionatore, interruttore, TA e sezionatore
- n.7 castelli per i collegamenti aerei
- n.2 Stalli a disposizione di altri produttori (non oggetto della presente progettazione e degli elaborati relativi)

Le fondazione prevista, per tutte le apparecchiature elettriche presenti, sarà di tipo superficiale in c.c.a..

Nello specifico la fondazione di supporto al trasformatore sarà corredata anche di una vasca, al fine di garantire la raccolta olio del trasformatore in caso di perdita. La vasca sarà realizzata mediante muretti in c.c.a. uscenti dalla platea di fondazione.

Le fondazioni previste per i rimanenti componenti dello stallo consisteranno in platee superficiali in c.c.a. indipendenti l'una dall'altra, con ringrossi estradossati per creare i punti di appoggio delle varie apparecchiature.

La fondazione che sorreggerà i vari castelletti sarà realizzata mediante un plinto in c.c.a.

Infine l'edificio ospitante locali tecnici, un ufficio, un magazzino, uno spogliatoio e un locale comune ai produttori, sarà realizzato ex-novo ad un piano fuori terra.



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

## Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente

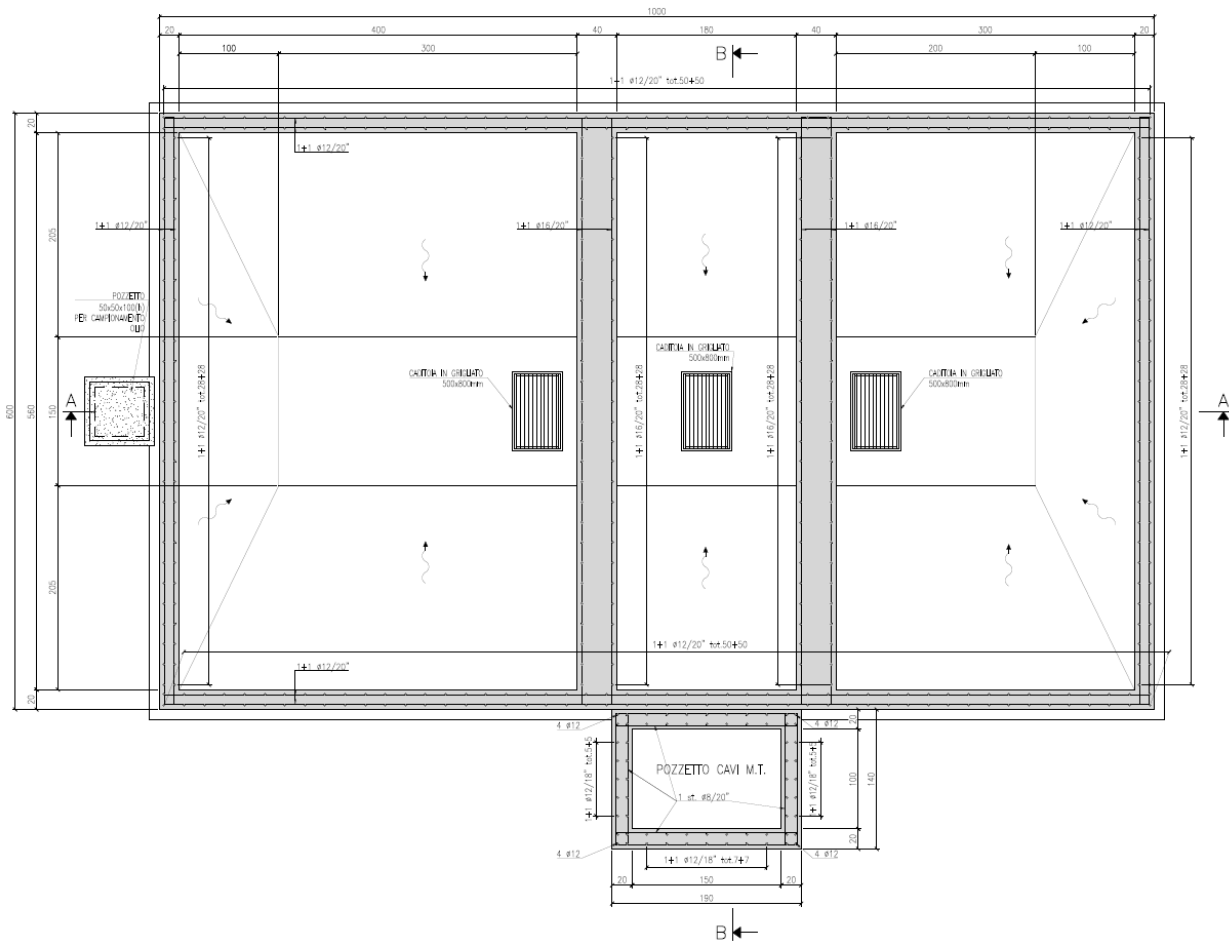
Committente:



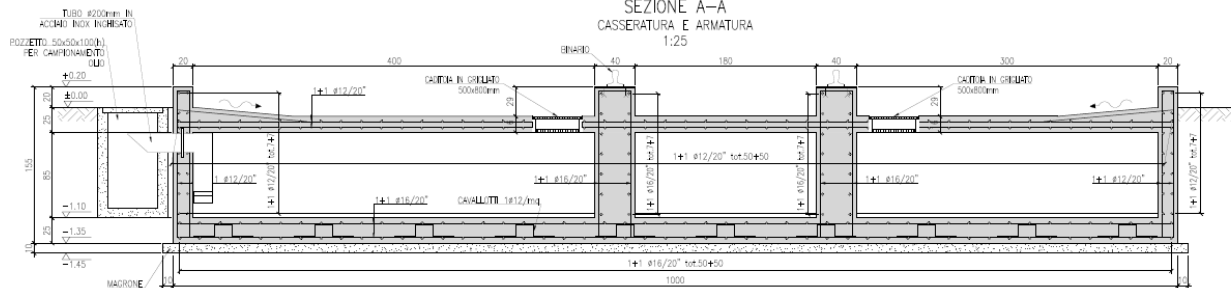
ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### VASCA TRASFORMATORE

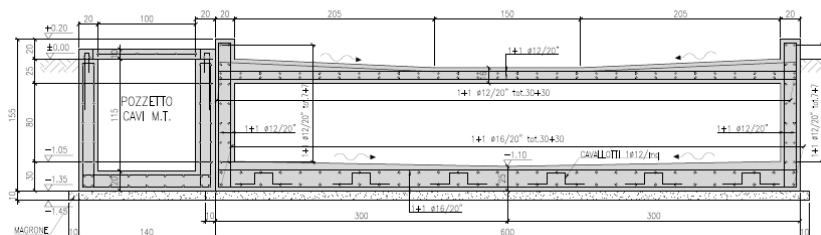
PIANTA  
CASSERATURA E ARMATURA  
1:25



SEZIONE A-A  
CASSERATURA E ARMATURA  
1:25



SEZIONE B-B  
CASSERATURA E ARMATURA  
1:25



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo opere civili  
sottostazione utente**

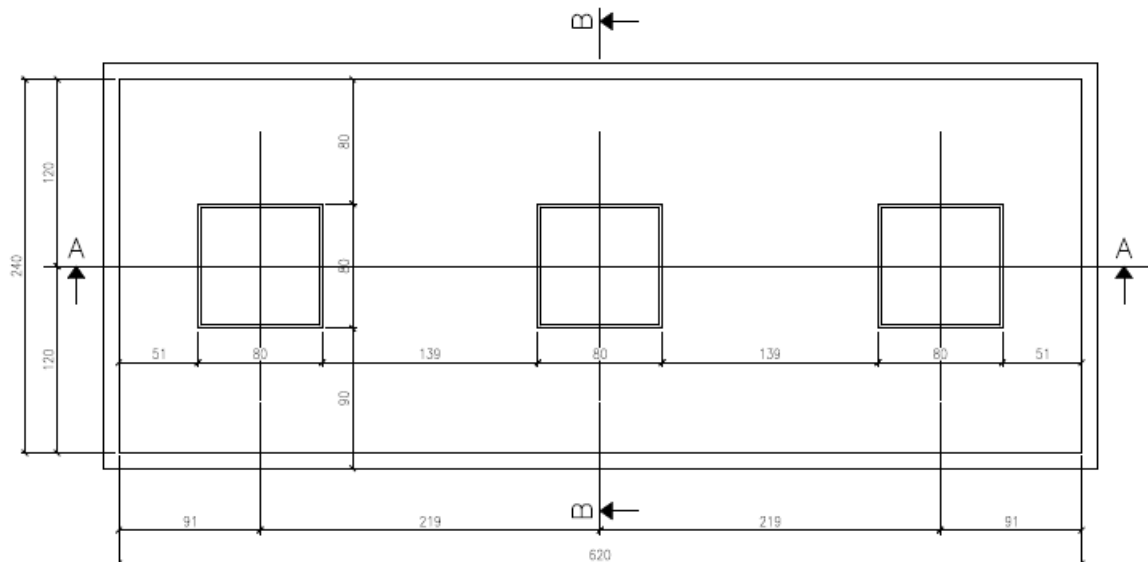
Committente:



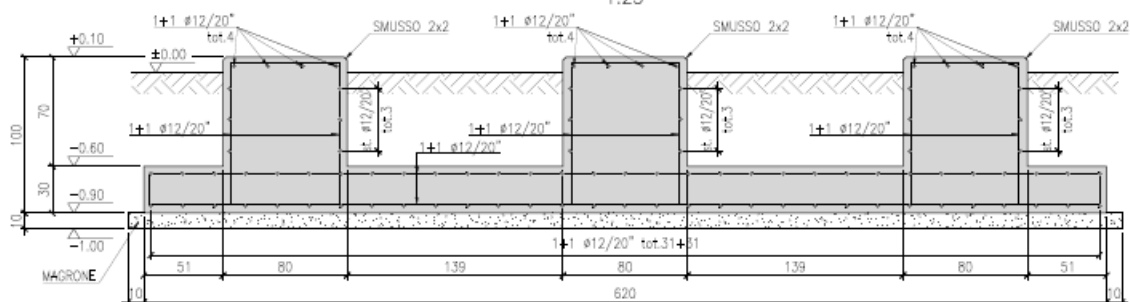
ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**TIPOLOGICO FONDAZIONE SCARICATORE, TA, INTERRUETTORE, TV**

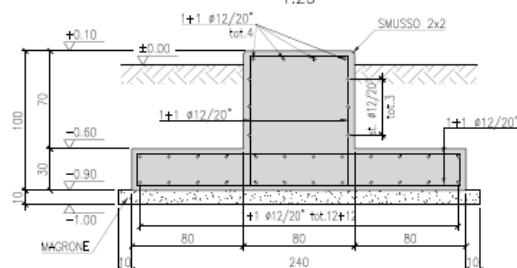
PIANTA  
CASSERATURA  
1:25



SEZIONE A-A  
CASSERATURA E ARMATURA  
1:25



SEZIONE B-B  
CASSERATURA E ARMATURA  
1:25



Progettazione:



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

**Relazione di calcolo opere civili  
sottostazione utente**

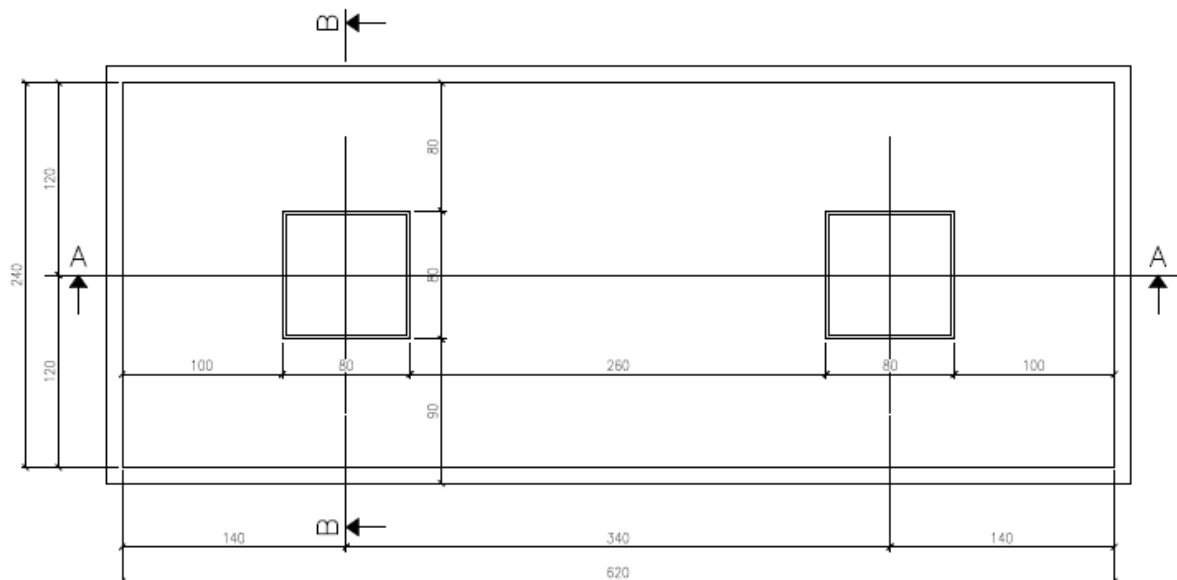
Committente:



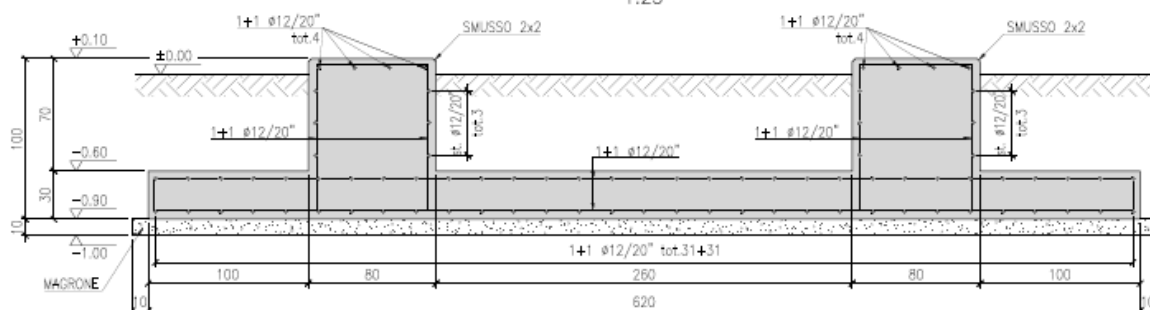
ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

**TIPOLOGICO FONDAZIONE SEZIONATORE**

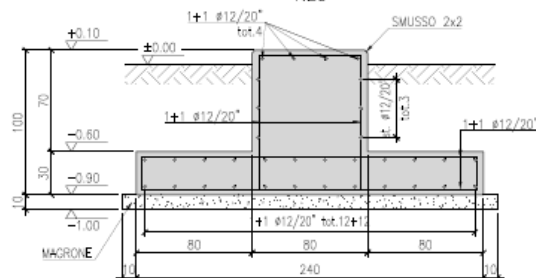
PIANTA  
CASSERATURA  
1:25



SEZIONE A-A  
CASSERATURA E ARMATURA  
1:25



SEZIONE B-B  
CASSERATURA E ARMATURA  
1:25





**Progettazione:**



via Clodoveo Bonazzi, 2  
40013 Castel Maggiore (BO)

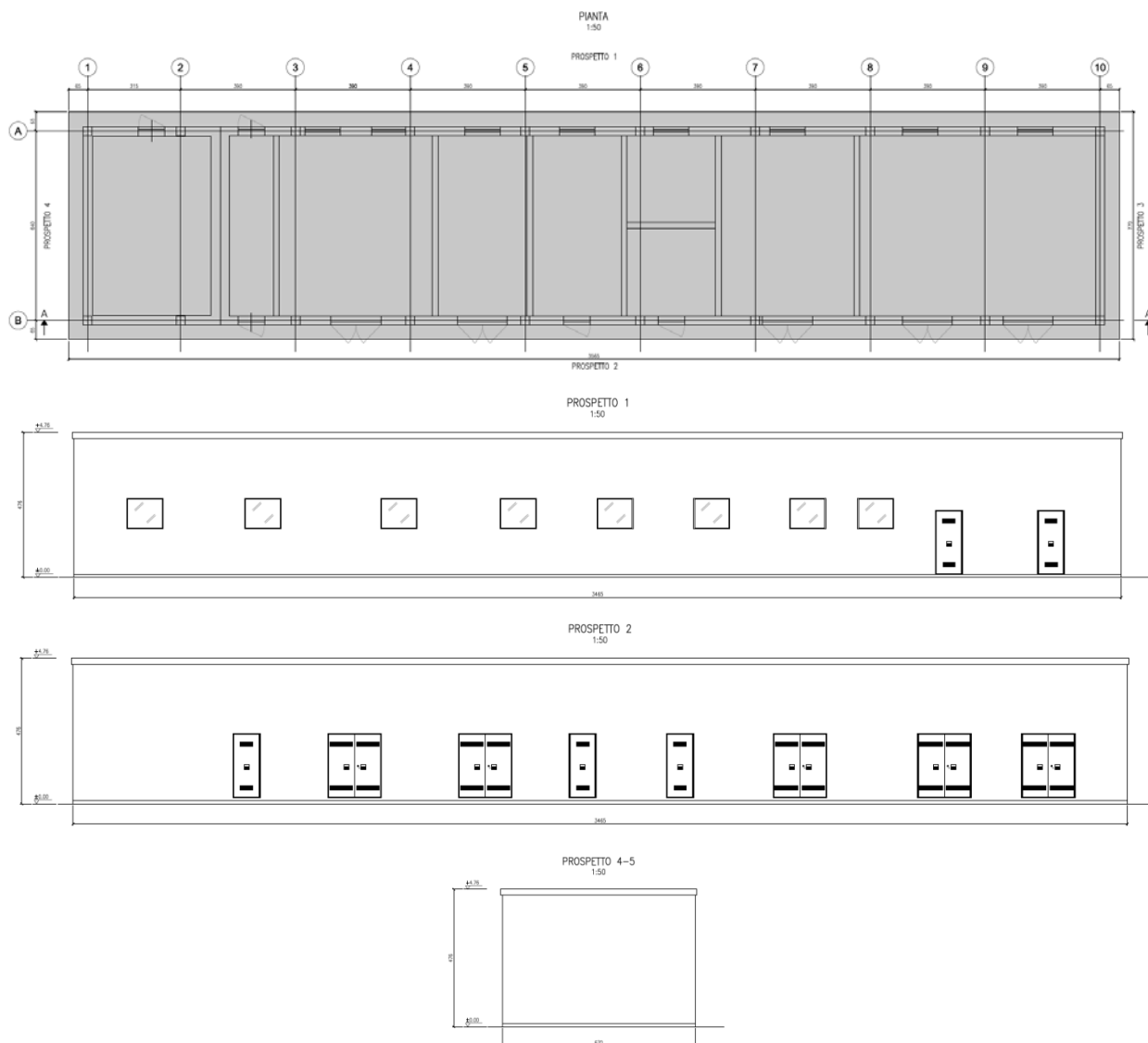
## Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente

**Committente:**





ENERGIA PULITA TRE S.r.l.  
via della Chimica, 103  
85100 Potenza (PZ)

### LOCALI TECNICI



Per i dettagli si rimanda ai seguenti documenti di riferimento:

Documentazione di riferimento	Numero documento
SU-Casseratura e armature fondazioni	SYN036.PD.DT.016

<p><b>Progettazione:</b></p>  <p>via Clodoveo Bonazzi, 2 40013 Castel Maggiore (BO)</p>	<p><b>Relazione di calcolo opere civili sottostazione utente</b></p>	<p><b>Committente:</b></p>  <p>ENERGIA PULITA TRE S.r.l. via della Chimica, 103 85100 Potenza (PZ)</p>
--	--	---

## 5 APPENDICE 1 – CALCOLO OPERE DI SCAVO