

Linee a 132 kV a Semplice Terna

“La Casella – Broni – Arena Po”
T. 153

Intervento di potenziamento e riassetto della rete a 132 kV tra gli impianti di La Casella e Castelnuovo previsto dal piano di sviluppo della rete di trasmissione nazionale nei Comuni di Arena Po, Castel San Giovanni e Sarmato in provincia di Pavia e Piacenza.

Progetto definitivo

Relazione geologica preliminare

GEOLINE
MEASUREMENTS
Via Solferino, 8 - 26012 Castelleone (CR)
Tel. 0374 579888 - Fax 0374 358358
C.F.: DND SNT 58R16 C153N - P.IVA: 01485420192
geoline.castelleone@gmail.com

Unità Progettazione Realizzazione Impianti.
Il Responsabile
(P. ZANNI)



Storia delle revisioni

Rev. 00	del 30/01/2016	Prima emissione
---------	----------------	-----------------

Uso Pubblico

Elaborato	Verificato	Approvato
Geoline Dott. G. Bassi	F. Pedrinazzi DTNO-UPRI-Team Linee	P. Zanni DTNO-UPRI

Indice

Premessa.....	3
Caratteristiche geologiche - geomorfologiche	6
Inquadramento idrogeologico	8
Azione sismica: analisi prove indirette	11
Considerazioni conclusive	19

Premessa

E' in progetto, nei Comuni di nei Comuni di Arena Po in provincia di Pavia, Castel San Giovanni e Sarmato in Provincia di Piacenza, la sostituzione di parte della linea T. 153, nel tratto compreso fra la centrale elettrica "La Casella" nel comune di Sarmato e la stazione elettrica di Arena Po.

I Comuni in esame sono inseriti, da Regione Lombardia¹, in Zona sismica 3 a media sismicità².

La presente relazione è finalizzata a descrivere le caratteristiche geologiche geomorfologiche ed idrogeologiche del territorio in esame, attraversato dalla traccia della nuova linea aerea e per la sua redazione sono state utilizzate le seguenti norme di riferimento:

Disposizioni Europee e Nazionali:

- D.M. 11.3.88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Decreto Ministeriale 14.01.2008, Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circ. 2 febbraio 2009.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale, Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- Eurocodice 8 (1998), Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture, Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997), Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali - UNI
- Eurocodice 7.2 (2002), Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- Eurocodice 7.3 (2002), Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove

¹ D.G.R. 7.11.03 N. 7/14964.

² D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129

norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

Disposizioni Regionali:

- L.R. 12/05, Criteri attuativi, Componente geologica, idrogeologica e sismica, DGR 30.11.11 n. 9/2616, All. 5.
- Regione Lombardia, Giunta Regionale, Direzione Generale Sicurezza, Polizia Locale e Protezione Civile “Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all’art. 2, commi 3 e 4 della O.P.C.M. 20.3.03 n. 3274, in attuazione della D.G.R. 7.11.03 n. 14964.

Ubicazione intervento ed opere attraversate:

Il nuovo assetto di rete interferirà con:

Comune di Sarmato (PC)

- Canale bonifica inferiore;
- Linea elettrica a Media Tensione;
- Linea Telecom interrata;
- Rio Panaro;
- Strada comunale “Della Guidona”;
- Oleodotto “San Nazzaro – Fiorenzuola”;

Comune di Castel San Giovanni (PC)

- Rio Savazza;
- Linea elettrica a Media Tensione;
- Strada comunale “Del Colombarolo”;
- Linea elettrica a Bassa Tensione interrata;
- Linea elettrica a Bassa Tensione interrata;
- Strada comunale “Del Colombarone”;
- Linea elettrica a Media Tensione;
- Linea elettrica ad Alta Tensione T. 221;
- Metanodotto;
- S.P. N. 412R “della Val Tidone” (prog. km 41+860)
- Rio Boriacco;
- Linea elettrica a Media Tensione;
- Linea elettrica a Media Tensione;

- Strada "Parpanese"
- Linea elettrica a Bassa Tensione;
- Rio Carogna;

Comune di Arena Po (PV)

- Torrente Bardonezza;
- Strada comunale;
- S.P. N. 144 "Ripaldina" (prog. km 4+150)
- Linea Telecom;
- Linea elettrica a Media Tensione;
- Linea elettrica a Bassa Tensione interrata;
- Linea elettrica a Media Tensione;
- Fognatura interrata;
- Linea elettrica a Media Tensione;
- Metanodotto interrato;
- Linea elettrica a Bassa Tensione;
- S.P. N. 144 "Ripaldina" (prog. km 1+860)

Caratteristiche geologiche - geomorfologiche

Inquadramento regionale

La geologia di questo tratto di pianura lombarda è strettamente influenzata dall'alternanza delle azioni di deposito ed erosione del fiume Po e dei suoi immissari di destra, connessi ai complessi fenomeni climatici che si sono susseguiti dal Pleistocene ai nostri giorni.

Nella pianura pavese e piacentina sono attualmente riconoscibili una serie di terrazzi fluviali la cui successione altimetrica risponde alla regola: la quota è tanto maggiore quanto più antica è l'età del terrazzo; inoltre tanto più antica è l'età del terrazzo più ridotta sarà la sua estensione attuale, in quanto sottoposto all'azione erosiva negli stadi interglaciali successivi.

La successione dei terrazzi nella pianura piacentina è la seguente:

- Fluviale Mindel: superfici più antiche e poste a quote maggiori,
- Fluviale Riss: superfici intermedie per quota ed età,
- Fluviale Würm: superfici più recenti e disposte a quote inferiori.

Quest'ultimo costituisce il "Livello fondamentale della pianura o piano generale terrazzato (*PGT*)", risultato dell'ultima fase dell'esteso colmamento della pianura. Successivamente a tale colmamento alluvionale, nel corso del cataglaciale (*fase di ripresa termica dopo il periodo freddo*) würmiano, ha avuto inizio un ciclo prevalentemente erosivo protrattosi nell'Olocene, che ha determinato la formazione delle alte scarpate morfologiche che, incidendo il (*PGT*), delimitano le valli dei principali fiumi occupate, a loro volta, dai successivi depositi alluvionali medio recenti (*fig. 1*).

Spostandosi verso ovest i depositi sono caratteristici delle valli alluvionali pedoappenniniche con geomorfologia differente.

Pianure alluvionali pedoappenniniche, tipica della piana dell'Oltrepo Pavese costituita da sedimenti fluviali recenti depositi dalle divagazioni dei torrenti appenninici; prevalgono sedimenti argilloso - limosi. Questo sottosistema identifica una superficie di età olocenica più recente del livello fondamentale della pianura, ma rilevata rispetto all'attuale piana olocenica del fiume Po.

Sono presenti suoli generalmente meno evoluti e sviluppati di quelli del sottosistema VT, ma più evoluti di quelli del sottosistema VA.

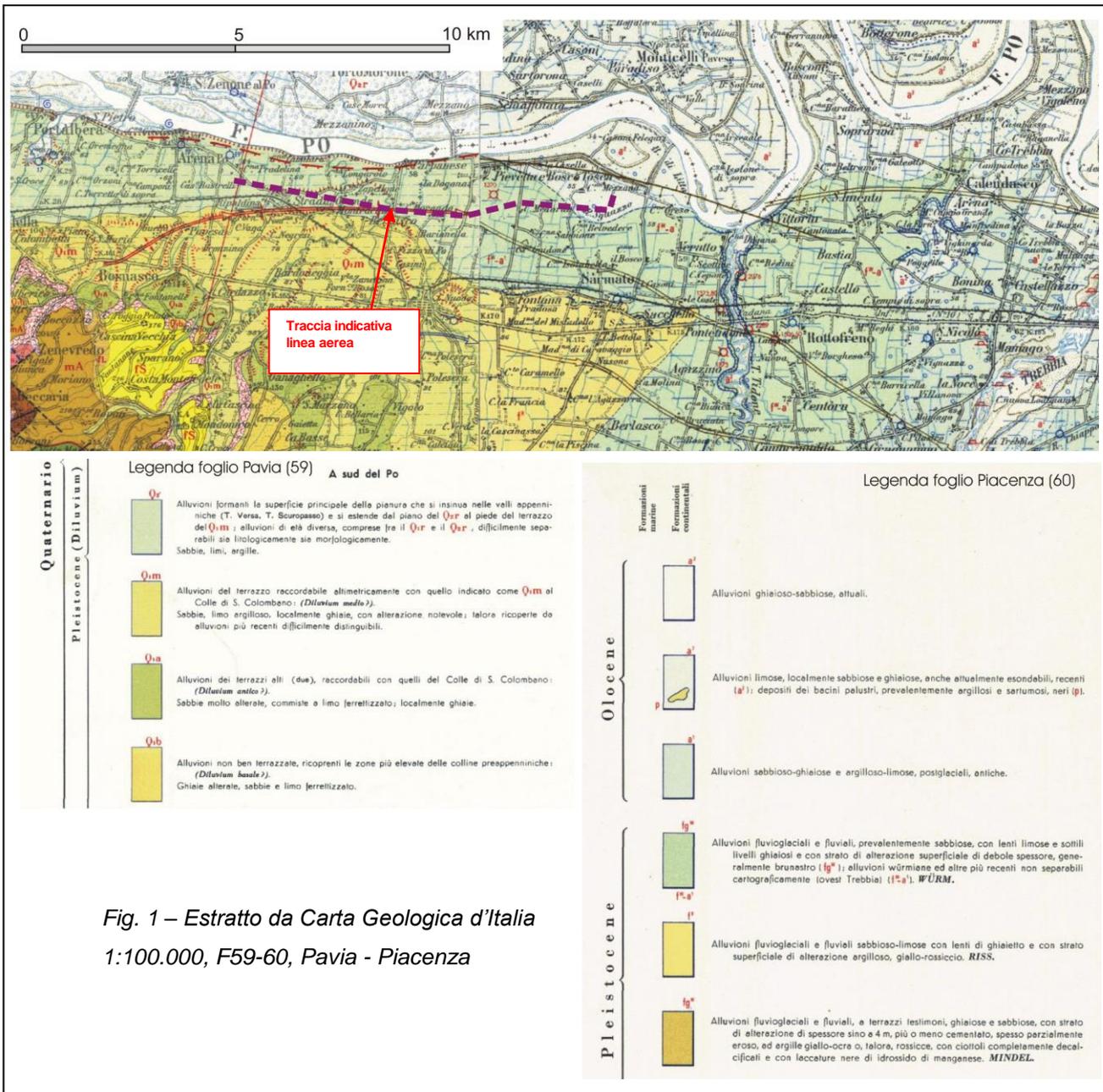


Fig. 1 – Estratto da Carta Geologica d'Italia
1:100.000, F59-60, Pavia - Piacenza

In Fig. 1 si nota che il tracciato della linea aerea attraversa sia depositi alluvioni fluvioglaciali e fluviali, caratterizzati da depositi sabbiosi con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi e con strato di alterazione superficiale di debole spessore generalmente brunastro, condizioni tipiche del Livello Fondamentale della Pianura, e nella porzione orientale depositi alluvionali della valle fluviale attiva del fiume Po.

In particolare si nota che il tracciato dell'elettrodotto in discussione attraversa le seguenti unità geomorfologiche (Carta Geomorfologica) della porzione di pianura fluviale con aree stabili e idrografia di tipo meandriforme del piacentino e delle alluvioni ben terrazzate più antiche del pavese.

Qui di seguito si descrivono le unità di paesaggio che interessano l'area attraversata dalla linea AT in oggetto:

SISTEMA - V Valli alluvionali corrispondenti ai piani di divagazione dei corsi d'acqua attivi o fossili, rappresentanti il reticolato idrografico olocenico.	
SOTTOSISTEMA - VA Piane alluvionali inondabili con dinamica prevalentemente deposizionale, costituite da Sedimenti recenti od attuali (Olocene recente ed attuale).	VA 3 Superficie modale subpianeggiante della piana alluvionale a meandri e di tracimazione, facente transizione tra le aree più rilevate (dossi) e quelle più depresse (conche).
	VA 6 Superfici adiacenti ai corsi d'acqua ed isole fluviali inondabili durante gli eventi di piena ordinaria. Nelle piane di tracimazione ed a meandri coincidono con le "golene aperte"; nelle piane a canali intrecciati e rettilinei si identificano con gli alvei di piena a vegetazione naturale riparia.
SOTTOSISTEMA - VP Pianure alluvionali pedeappenniniche. Piana dell'Oltrepo Pavese costituita da sedimenti fluviali recenti deposti dalle divagazioni dei torrenti appenninici; prevalgono sedimenti argilloso - limosi. Questo sottosistema identifica una superficie di età olocenica più recente del livello fondamentale della pianura, ma rilevata rispetto all'attuale piana olocenica del fiume Po. Suoli generalmente meno evoluti e sviluppati di quelli del sottosistema VT, ma più evoluti di quelli del sottosistema VA.	VP 1 Superfici residuali corrispondenti al più antico livello di alta pianura, per la massima parte smembrato e sepolto dalle alluvioni successive e preservato solo in ristretti settori interessati da importanti sollevamenti tettonici.
	VP 5 Depressioni antiche di forma subcircolare costituite da sedimenti fini, con frequenti problemi di smaltimento esterno delle acque. Uso del suolo a seminativo (mais, soia, frumento).

Tabella A

Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico del territorio pavese-piacentino a sud del fiume Po (*Fig. 2 – Carta idrogeologica*) è dominato dall'azione drenante del fiume Po non meno che dalle scarpate create dalla sua attività erosiva.

La soggiacenza della falda varia notevolmente da un settore morfologico all'altro, soprattutto, a causa dell'elevazione delle aree e della distanza relativa dalle numerose scarpate.

In particolare nell'area in esame la soggiacenza varia meno di - 5.00 a - 10.00 m nella porzione interessata dalle valli alluvionali recenti o terrazzate del tracciato fino ad una soggiacenza anche maggiore di 10 m nella porzione caratterizzata dal livello fondamentale della pianura – piana fluvioglaciale.

Nella valle alluvionale del Po la soggiacenza è possibile sia a soggiacenza inferiore di - 5.00 m dal piano campagna; tali profondità possono diminuire significativamente durante fasi di piena prolungate.

Il flusso della falda superficiale ha andamento generale da S-N, risentendo a livello provinciale dell'azione drenante del fiume Po.

Il regime della falda, come per tutta la bassa pianura, è caratterizzato da minimi invernali e da massimi primaverili estivi, legati prevalentemente alla fase di irrigazione dei campi. Il livello di falda è ovviamente influenzato dal regime di precipitazioni e dalle fasi di piena del Po, soprattutto nelle zone ad essi limitrofe.

La differenza tra livelli di falda massimi e minimi è nell'ordine del metro, con oscillazioni maggiori nelle zone prossime ai fiumi e in corrispondenza di periodi di piena.

In Fig. 2 è riportata la suddivisione del territorio sulla base della soggiacenza della falda superficiale e della sua vulnerabilità, funzione della granulometria dei sedimenti superficiali; vi sono indicate le principali direzioni di deflusso.

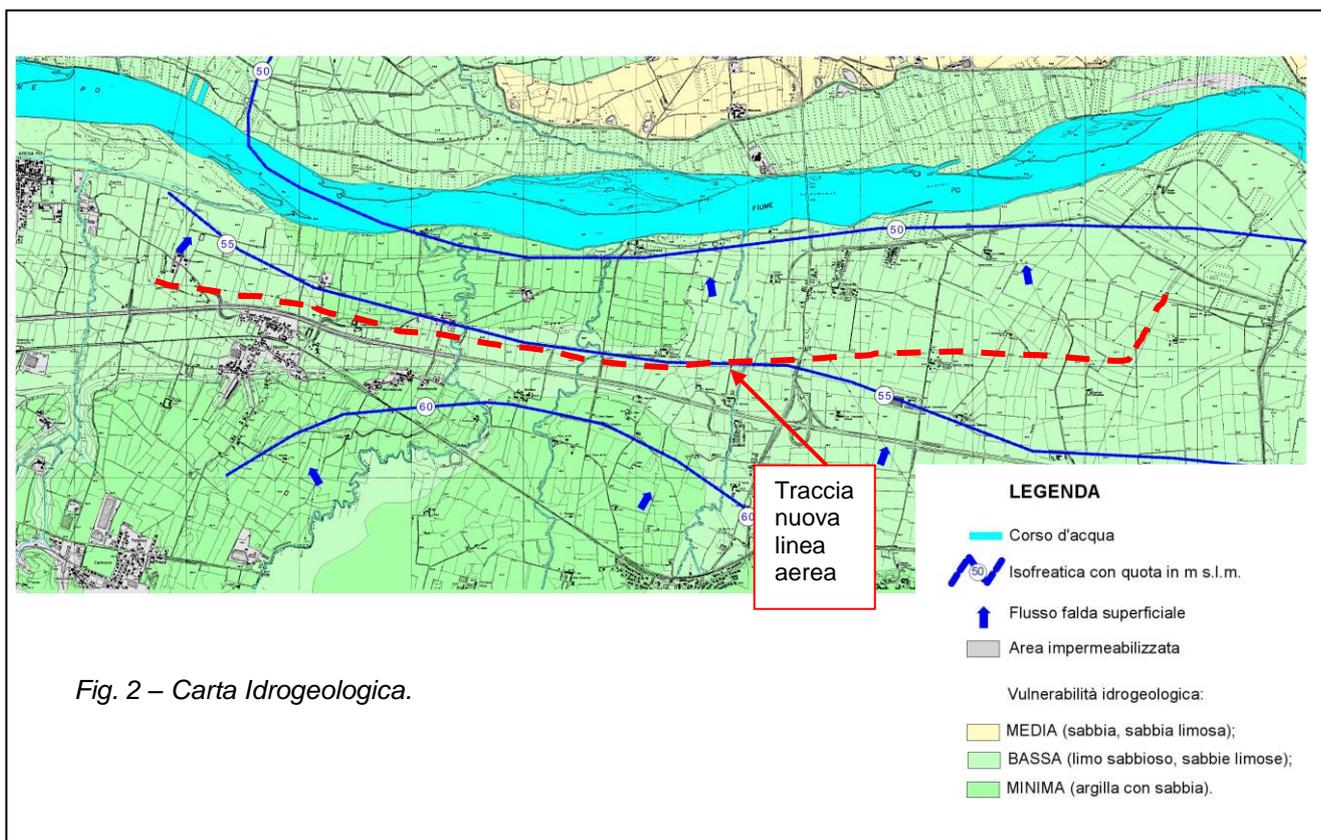


Fig. 2 – Carta Idrogeologica.

La situazione idrogeologica è sintetizzabile in una unica falda in leggera pressione sostenuta dai terreni di origine marina argillosi, questo è ben rappresentato dalla sezione idrogeologica tratta dalla pubblicazione del 1976 della Provincia di Pavia (*Programma per la conservazione, il recupero e la gestione del patrimonio idrico provinciale*), anche se non rappresentato integralmente i terreni argillosi della formazione delle Marne di S. Agata Fossili giace al fondo della serie continentale alluvionale e ed emerge al colle di San Colombano.

Questa formazione è stata sempre individuata nelle perforazione dei pozzi nei comuni di Arena Po, Stradella, Portalbera, Spessa e San Zenone al Po entro i 20 metri di profondità, mentre proseguendo verso Nord Est si approfondisce sino a circa 80 – 90 metri, come avviene sulla verticale di Corteolona, per poi venire a giorno ai piedi del colle di San Colombano.

Il ciclo idrogeologico della falda è diametralmente opposto a quello delle falde freatiche a Nord del Po, infatti la ricarica coincide con il periodo invernale e gli abbassamenti sono in concomitanza con il periodo estivo di massimo sfruttamento, mentre le falde a Nord del Po si abbassano durante il periodo invernale e si alzano in concomitanza al periodo irriguo, ossia estivo.

La qualità delle acque è strettamente legata alla situazione geologica dei bacini di alimentazione, infatti troviamo una durezza totale molto elevata superiore anche a 50° F, un residuo fisso sempre molto alto anche superiore a 500 mg/l ed in compenso una scarsa presenza dello ione ferroso. Negli ultimi anni si è notata la presenza di nitrati, presenza che tende ad aumentare con il passar del tempo. La vulnerabilità di questa falda sul territorio comunale di Arena Po presenta un grado medio come confermato anche dalle pubblicazioni ERSAF.

I terreni sono caratterizzati da depositi alluvionali pluridecimetrici, costituiti dall'alternarsi di livelli permeabili e livelli impermeabili argillosi ed argillo-limosi.

I depositi alluvionali sono poggianti sul substrato composto dalle argille azzurre di Sant'Agata Fossili e da conglomerati di età pliocenica o da marne mioceniche calcaree.

In base a quanto osservato si indica il seguente modello idrogeologico di riferimento, basato sulla suddivisione del sottosuolo in due distinte litozone:

- **litozona superficiale**: sede di falda freatica o semifreatica, costituita da facies a sabbie prevalenti con ghiaie. La potenza di strato è di 20-90 m, l'alimentazione dell'acquifero sotterraneo è diretta, dalla superficie immanente, per infiltrazione di acqua meteorica o irrigua. Vulnerabilità molto elevata;
- **litozona intermedia**: ospita falde più semiartesiane verso il tetto, decisamente artesiane verso il letto della litozona, che può collocarsi a 100-120 m. Sabbie alternate a livelli argillosi con torbe denunciano ambiente di deposizione di transizione tra continente e mare. Le falde sono sufficientemente ricche di acque ed alimentate per infiltrazione non dalla superficie immanente ma da zone remote o dalla falda soprastante. Buona la protezione costituita dagli acquicchiusi potenti 10-20 m.

La permeabilità media dei primi 15 m di terreno, analizzando le informazioni pedologiche, è pari a $K = 10^{-3}-10^{-5}$ m/s, tipica di sabbia pulita e miscele di sabbia e ghiaia pulita.

Azione sismica: analisi prove indirette

Si considerano le zonazioni sismiche e le eventuali indagini geofisiche (*microtremori* o *MASW*) eseguite per i PGT (*Lombardia*) o i POC (*Emilia Romagna*), componente geologica, idrogeologica e sismica, dei comuni interessati dal nuovo tracciato.

Questi studi permettono di ricavare, anche fondandosi su misure in situ, profili di velocità delle onde trasversali (*onde S*), secondo quanto previsto dalle nuove norme antisismiche. Le norme antisismiche richiedono la determinazione del tipo di suolo sismico entro cui si collocheranno le fondazioni dell'elettrodotto di progetto attraverso la determinazione della velocità delle onde S per i primi 30 metri ($V_{S30}=30/\sum_{i=1,N}h_i/V_i$).

Il territorio in esame è inserito in **Zona sismica 3** (pericolo sismico medio)³. Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 la stima della pericolosità sismica è definita

³ O.P.C.M. 20.3.03. N. 3274, punto 3.1, categorie di suolo di fondazione; L.R. 12/05, Criteri attuativi, Componente geologica, idrogeologica e sismica, Allegato 5;
D.D.U.O. 21.11.03 n. 19904: "Approvazione elenco delle tipologie di edifici e opere ...di cui alla OPCM 3274/03, ART. 2, COMMA 3 e 4, in attuazione della DGR 7.11.03 n. 14964". Punto 2°.

mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

Secondo quanto indicato da Regione Lombardia (*analisi di primo livello*) ed evidenziato negli studi della componente geologica idrogeologica e sismica dei PGT (*Piano di Governo del Territorio*) è possibile considerare tutta l’area in esame appartenente alla “*pianura cremonese parte integrante dell’immenso fondovalle costituito dalla Pianura Padana (PSL Z4a)*; di “*default*” tutta l’area comunale verrà dunque associata alla PSL Z4a (*Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi*).

Inoltre è presente lo scenario Z2 (*generico*), per la presenza di falda superficiale e sedimenti granulari fini superficiali.

Quindi gli effetti possibili degli scenari di pericolosità sismica locale evidenziati per l’area in esame sono i seguenti:

- amplificazioni litologiche e geometriche (*Z4A*);
- cedimenti o liquefazioni (*Z2 generica*).

Questi scenari sono estendibili anche al tratto piacentino in quanto presenta le stesse criticità sismiche.

Si segnala che il territorio di Area Po è da Regione Lombardia⁴, in Zona 3 a media sismicità⁵, mentre il comune di Castel San Giovanni (*PC*) è inserito in Zona sismica 4 a minima sismicità (*Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003*).

Definizione tipo suolo sismico: la metodologia si basa sulla velocità delle onde trasversali o di taglio (*onde S*) nei primo 30 m, per definire i fattori di amplificazione sismica locale (*Fa*) nei periodi caratteristici $0.1 < T < 0.5$ (*edifici bassi e rigidi*), e $T > 0.5s$ (*edifici alti ed elastici*).

Nella Tabella seguente, sono indicati i suddetti valori, estratti dai piani regolatori dei singoli comuni, sono sintetizzati le V_{s30} e il suolo sismico.

La valutazione di affidabilità del dato sismico di cui alla tabella è dell’autore della presente relazione.

⁴ D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129.

⁵ O.P.C.M. 20.3.03. N. 3274, punto 3.1, categorie di suolo di fondazione; DGRL 28.5.08 N. 8/7374 “Aggiornamento dei Criteri attuativi, Componente geologica, idrogeologica e sismica, del PGT dell’art. 57 primo comma, della L.R. 12/05, approvati con DGR 22.12.05 N. 8/1566”, Allegato 5.

Comune	Vs30 (m/s)	Categoria sismico livello)	suolo (secondo Fonte	Affidabilità dato
Arena Po (PV)	--	D	PGT	Scarsa o nulla
Castel San Giovanni (PC)	239- 360	C	PSC - Prov. Piacenza – Scuola A. Volta)	Buona

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto i suoli sismici sono suddivise in due gruppi: il primo gruppo con 5 categorie (*A, B, C, D in Tabella B seguente*) cui si assimilano le condizioni dell'elettrodotto di progetto, il secondo gruppo (*categorie S1, S2*) richiede, in ragione del rischio, studi speciali.

B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessore di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360m/s e 800 m/s (ovvero con NSPT > 50, o cu > 250 kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 m/s 360 m/s (ovvero con 15 < NSPT < 50, o 70 < cu < 250 kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 < 180 m/s (ovvero con NSPT < 15, o cu < 70 kPa).

Tabella B

Spettro di risposta elastico

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (*spettro normalizzato*), considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore dell'accelerazione massima ($a_g S$) del terreno che caratterizza il sito. Si riporta qui di seguito lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale:

(5)	$0 \leq T \leq T_B$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) \right]$
(6)	$T_B \leq T \leq T_C$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5$
(7)	$T_C \leq T \leq T_D$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right]$
(8)	$T \geq T_D$	$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right]$

essendo:

$S_e(T)$ = ordinata dello spettro di risposta elastico;

a_g = accelerazione di picco in un terreno roccioso (valore di progetto dell'accelerazione del terreno);

S = parametro che caratterizza il profilo stratigrafico del suolo di fondazione;

$\eta = (10/(5+\xi))^{1/2} \geq 0,55$ = fattore correttivo dello smorzamento;

ξ = rapporto di smorzamento viscoso espresso in percentuale;

T = periodo di vibrazione in secondi dell'oscillatore lineare semplice;

T_B, T_C, T_D = parametri che determinano la forma dello spettro in relazione al tipo di suolo.

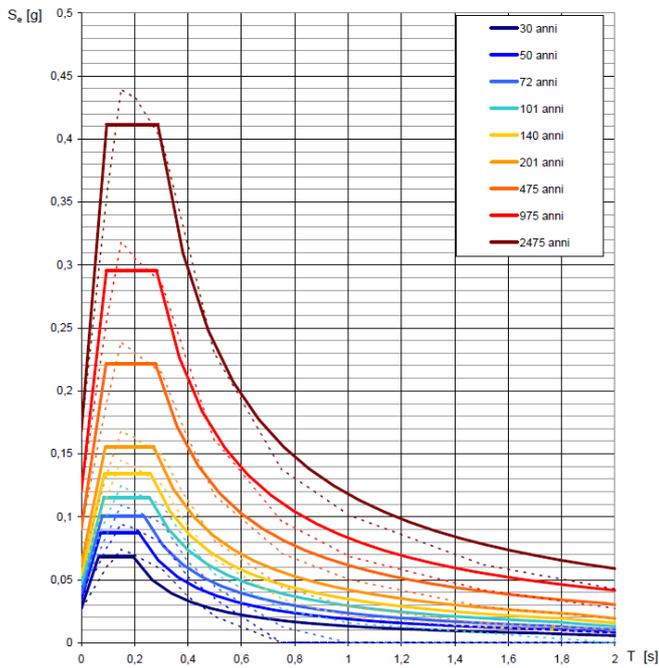
I parametri S, T_B, T_C, T_D , sono riportati, in funzione della categoria di suolo, nella Tabella C.

Categoria	S	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
B C (E)	1,25	0,15	0,50	2,00
D	1,35	0,20	0,80	2,00

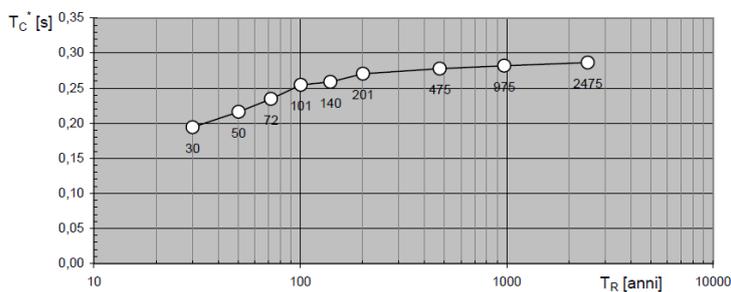
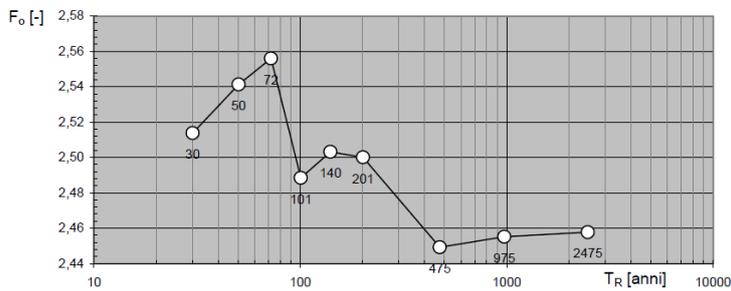
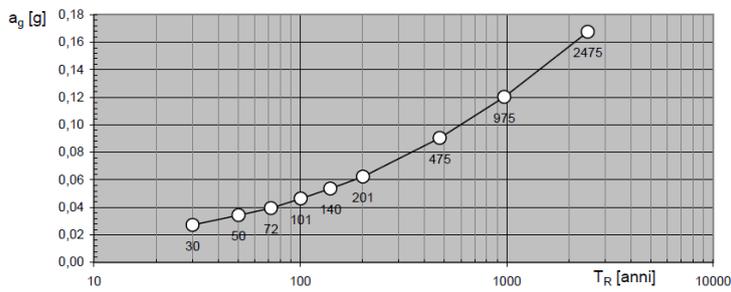
Tabella C

Pericolosità sismica area Arena Po (PV):

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C : variabilità col periodo di ritorno T_R

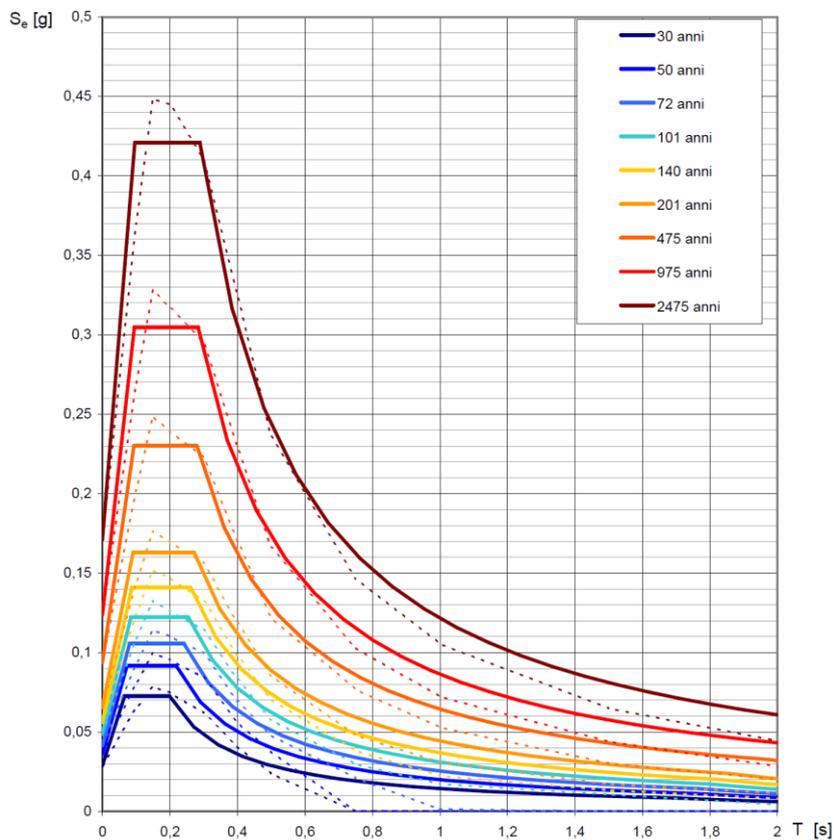


Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

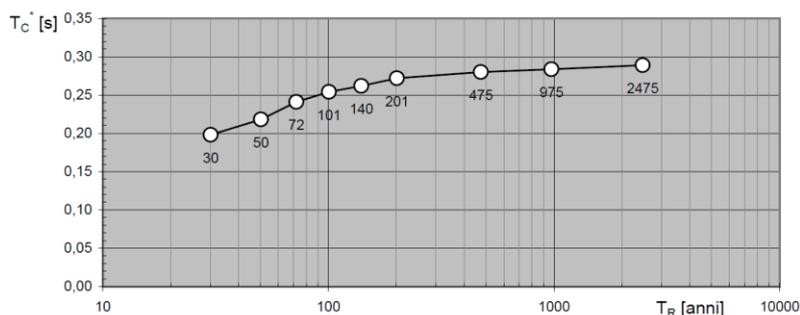
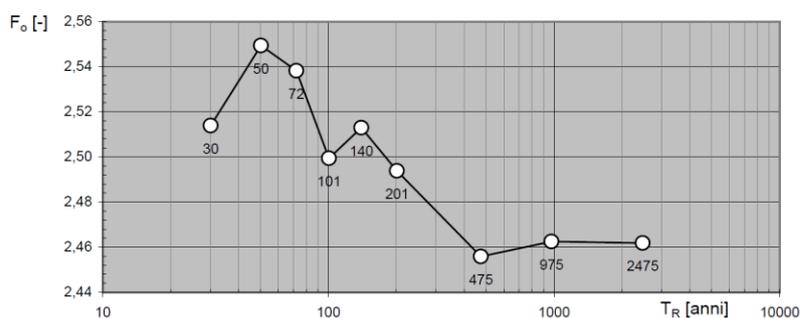
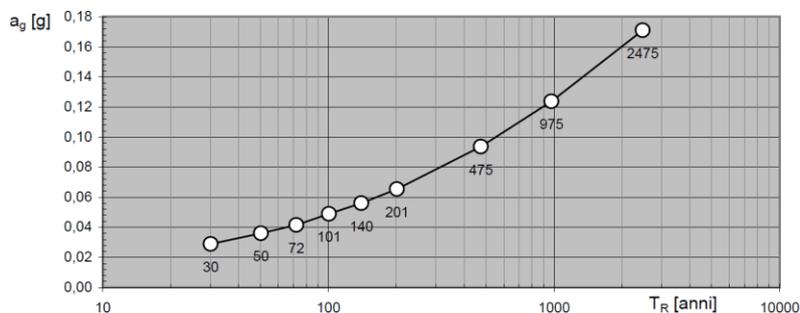
T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,027	2,514	0,194
50	0,034	2,541	0,216
72	0,039	2,556	0,235
101	0,046	2,488	0,255
140	0,054	2,503	0,259
201	0,062	2,500	0,271
475	0,090	2,449	0,278
975	0,120	2,455	0,282
2475	0,167	2,458	0,287

Pericolosità sismica area Castel San Giovanni (PC):

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,029	2,514	0,198
50	0,036	2,549	0,218
72	0,042	2,538	0,241
101	0,049	2,499	0,254
140	0,056	2,513	0,262
201	0,065	2,494	0,272
475	0,094	2,456	0,280
975	0,124	2,463	0,284
2475	0,171	2,462	0,289

Azione geotecnica

Il progetto del nuovo tracciato colloca alcuni dei pali di sostegno dell'elettrodotto in aree potenzialmente soggette a cedimenti e liquefazioni.

I pali in esame sono i seguenti:

Piana Alluvionale fiume pO:

Pali→ 1N, 2N, 3N, 4N.

Piana Alluvionale pedeappenniniche:

Pali→ 5N, 6N, 7N, 8N, 9N, 10N, 11N, 12N, 13N, 14N, 15N, 16N, 17N, 18N, 19N, 20N, 21N, 22N, 23N, 24N, 25N, 26N, 27N.

Per tutti i pali dovrà essere eseguita la verifica alla liquefazione per le fondazioni, in particolare per quelli ricadenti nella piana alluvionale del Po.

Nella pianura alluvionale pedeappenninica a nord est di loc. Ribaldina, comune di Arena Po, i pali 22N, 23N, 24N, ricadono in **Fascia B del PAI** (*Piano Assetto Idrogeologico*). In questo caso si dovrà eseguire, oltre alla verifica alla liquefazione, anche una prova sismica MASW, con analisi di secondo livello, oltre a 3 prove penetrometriche di almeno -10.00 m. Non si esclude infatti la necessità di passare dalla fondazione diretta a platea, generalmente adottata per tutti tralicci di sostegno dell'elettrodotto, a quella profonda, su pali, in ragione dell'eventuale erosione alla base del palo stesso da parte dell'onda di piena. Il dimensionamento delle fondazioni del palo dovrà tener conto delle forze di trazione positive dovute alla sovrappressione da sifonamento in periodo di piena.

Considerazioni conclusive

L'area in esame è stata caratterizzata sia sotto l'aspetto geologico idrogeologico che sismico, analizzando i dati raccolti.

Il tracciato si sviluppa in gran parte entro la valle alluvionale del Po o Pedeappenninica.

In quest' ultimo settore la soggiacenza della falda è compresa tra -1.00 m a -5.00 m da p.c., con flusso della falda superficiale verso N, risentendo maggiormente dell'azione drenante del fiume Po.

Dai dati geofisici analizzati si associano i terreni in esame al suolo sismico C (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti* – $180 < Vs_{30} < 360$ m/s). Le aree in esame sono in zona sismica 4 (*bassa sismicità*) per il comune di Castel San Giovanni (PC) e in zona sismica 3 (*media sismicità*) per il comune di Arena Po (PV) , e soggette a possibili amplificazioni litologiche e geometriche (zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi, scenario Z4a della classificazione di Regione Lombardia e a possibili fenomeni di liquefazioni o cedimenti (Z2 generica).

In fase esecutiva si indagheranno in modo puntuale i terreni di fondazione dei sostegni dell' elettrodotto predisponendo appropriate indagini geognostiche e sismiche.

In particolare per i sostegni 22N, 23N, 24N, ricadenti in fascia B del PAI, si dovrà eseguire, oltre alla verifica alla liquefazione, anche una prova sismica MASW, con analisi di secondo livello e 3 prove penetrometriche di almeno -10.00 m di profondità per caratterizzare il sottosuolo di fondazione, non escludendo la necessità di adottare fondazioni profonde per scongiurare erosione al piede.



ALLEGATI DI RIFERIMENTO:

- *Carta geomorfologica*