

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA
"Parco Eolico San Pietro" DI POTENZA PARI A 60 MW

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA di BRINDISI

PARCO EOLICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI:
Brindisi, San Pietro Vernotico, Cellino San Marco

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU VSSK6Y3

Tav.:

Titolo:

R39.11

MiTE Richiesta Integrazioni
(prot. n. 0002686-24.05.2021)
11. Campi elettromagnetici

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato:

varie

A4-A3

VSSK6Y3_CampiElettromagnetici_39.11

Progettazione:

Committente:

STCs S.r.l.

Via Nazario Sauro, 51 - 73100 Lecce
stcs@pec.it - fabio.catcarella@gmail.com

Dott. Ing. Fabio CALCARELLA



wpd MURO s.r.l.



Viale Aventino, 102 - 00153 Roma
C.F. e P.I. 15443431000
tel. +39 06 960 353-00

| Data | Motivo della revisione: | Redatto: | Controllato: | Approvato: |
|--------------|-------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| Luglio 2021 | Prima emissione | STCs S.r.l. | FC | wpd MURO s.r.l. |
| Ottobre 2021 | Integrazioni - MiTE | STC | FC | wpd MURO s.r.l. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

11 CAMPI ELETTROMAGNETICI

RICHIESTA MiTE

- ***La documentazione fornita dovrà essere corredata di cartografie in scala adeguata riportanti i tracciati delle linee elettriche (cavidotti di progetto e linee già esistenti), la localizzazione della stazione di trasformazione MT/AT e SST di collegamento alla RTN, la localizzazione di tutti i ricettori presenti sul territorio.***
- ***Le valutazioni previsionali dovranno prendere a riferimento tutti i recettori esposti presenti sul territorio e relativa localizzazione rispetto alle sorgenti di campi elettrici e magnetici.***
- ***Si richiede di riportare su cartografia le DPA calcolate al fine di poter chiaramente escludere che le aree delimitate dalla DPA stessa non ricadono all'interno di aree nelle quali risultino presenti recettori sensibili ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.***

RISCONTRO

Come si evince chiaramente dalla cartografia di dettaglio allegata, che riporta:

- Il tracciato di tutti i cavidotti MT
- La sottostazione elettrica di trasformazione MT/AT e consegna (SSE)
- Il tracciato del cavidotto AT dalla SSE alla Stazione Terna

nonché la DPA, si evince chiaramente che nelle aree delimitate dalla DPA stessa non ricadano edifici abitati e tanto meno recettori sensibili, ovvero aree di gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici, luoghi adibiti a permanenza di persone per più di quattro ore giornaliere.

Si allega altresì relazione tecnica VSSK6Y3_DocumentazioneSpecialistica_05-rev, aggiornata con la nuova posizione della SSE così come vidimata da Terna contenente i calcoli delle distanze di prima approssimazione (DPA).

IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA
"Parco Eolico San Pietro" DI POTENZA PARI A 60 MW

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA di BRINDISI

PARCO EOLICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI:
Brindisi, San Pietro Vernotico, Cellino San Marco

PROGETTO DEFINITIVO
Id AU VSSK6Y3

Tav.:

Titolo:

R05-rev

Relazione esposizione ai campi elettromagnetici

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato:

varie

A4-A3

VSSK6Y3_DocumentazioneSpecialistica_05-rev

Progettazione:

Committente:

STCs S.r.l.

Via Nazario Sauro, 51 - 73100 Lecce
stcs@pec.it - fabio.calcarella@gmail.com

Dott. Ing. Fabio CALCARELLA



wpd MURO s.r.l.



Viale Aventino, 102 - 00153 Roma
C.F. e P.I. 15443431000
tel. +39 06 960 353-00

| Data | Motivo della revisione: | Redatto: | Controllato: | Approvato: |
|--------------|-------------------------|-------------|--------------|-----------------|
| Luglio 2021 | Prima emissione | STCs S.r.l. | FC | wpd MURO s.r.l. |
| Ottobre 2021 | Integrazioni - MITE | STC | FC | wpd MURO s.r.l. |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Sommario

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Oggetto | 2 |
| 2 | Compatibilità Elettromagnetica | 4 |
| 2.1 | Riferimenti normativi | 4 |
| 2.2 | Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite | 4 |
| 2.3 | Campo elettromagnetico..... | 5 |
| 2.3.1 | Campo elettrico..... | 6 |
| 2.3.2 | Campo magnetico..... | 7 |
| 2.4 | Differenze tra campi indotti da linee elettriche aeree e campi indotti da cavi interrati | 7 |
| 2.4.1 | Campo elettrico..... | 7 |
| 2.4.2 | Campo magnetico..... | 7 |
| 2.5 | Fascia di rispetto per gli obiettivi di qualità..... | 9 |
| 2.5.1 | Cavi MT..... | 9 |
| 2.5.2 | Sottostazione Elettrica (SSE) di Trasformazione MT/AT | 11 |
| 2.5.3 | Linea elettrica interrata AT | 13 |
| 2.6 | Conclusioni..... | 18 |

1 Oggetto

Scopo del progetto è la realizzazione di un "Parco eolico" per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile (vento) e l'immissione, attraverso un'opportuna connessione, dell'energia prodotta nella Rete di Trasmissione Nazionale.

Il parco eolico sarà costituito da 10 aerogeneratori installati su torri tubolari in acciaio di altezza pari a 165 m, aventi rotore pari a 170 m e potenza nominale di 6 MW, per una potenza complessiva installata di 60 MW, e per una potenza nominale di cessione alla rete di 60 MW.

I principali componenti dell'impianto sono:

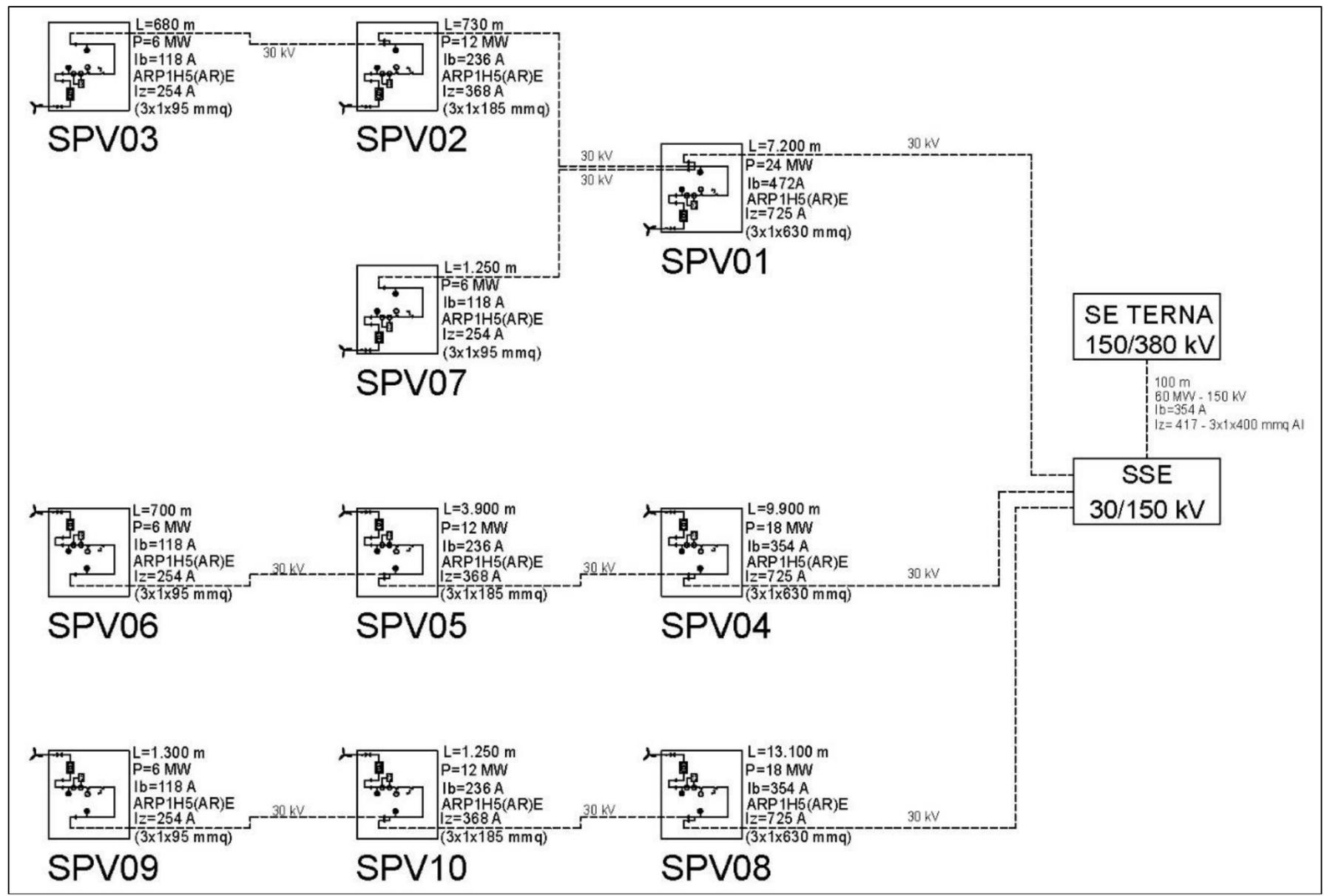
- i generatori eolici installati su torri tubolari; le linee elettriche MT (a 30 kV) in cavo interrato, che collegano gli aerogeneratori tra loro e con la Sottostazione Elettrica (SSE);
- la Sottostazione Elettrica (SSE) per l'innalzamento della tensione da 30 kV a 150 kV con tutte le apparecchiature (interruttori, sezionatori, TA, TV, ecc.) necessarie alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto;
- la linea elettrica interrata AT (a 150 kV) per la connessione della SSE alla SE Terna Brindisi Sud.

Ciascun generatore eolico produrrà energia elettrica alla tensione di 800 V c.a. All'interno di ciascuna torre sarà installato un trasformatore 0,80/30 kV per la trasformazione di detta corrente alla tensione di 30 kV. L'energia sarà quindi immessa in una rete in cavo a 30 kV (interrata) per il trasporto alla Sottostazione Elettrica, dove subisce un'ulteriore trasformazione di tensione (30/150 kV) prima dell'immissione nella rete di alta tensione.

La presente relazione è riferita all'impatto elettromagnetico prodotto dall'impianto con particolare riferimento a:

- 1) linee MT interrate;
- 2) sottostazione elettrica di trasformazione e consegna;
- 3) linea AT interrata (per la consegna alla SE Terna).

L'impianto elettrico del parco eolico si sviluppa secondo lo schema a blocchi di seguito riportato.



2 **Compatibilità Elettromagnetica**

2.1 **Riferimenti normativi**

- D.M. del 29 maggio 2008;
- Norma CEI 106-11 (*Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del D.P.C.M. 8 luglio 2003 (art.6)*);
- D.P.C.M. del 8 luglio 2003 "*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*";
- Legge n.36 del 22 febbraio 2001;
- Decreto Interministeriale del 21 marzo 1988 n.449.

2.2 **Valutazione dell'esposizione umana. Valori limite**

Il D.P.C.M. 8 luglio 2003 fissa i limiti di esposizione e valori di attenzione, per la protezione della popolazione dalle esposizioni a campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) connessi al funzionamento ed all'esercizio degli elettrodotti, in particolare:

- All'art.3 comma 1: nel caso di esposizione a campi elettrici e magnetici alla frequenza di 50 Hz generati da elettrodotti, non deve essere superato il **limite di esposizione di 100 μ T** per l'induzione magnetica e 5 kV/m per il campo elettrico, intesi come valori efficaci;
- All'art.3 comma 2: a titolo di misura di cautela per la protezione da possibili effetti a lungo termine, eventualmente connessi con l'esposizione ai campi magnetici generati alla frequenza di rete (50 Hz), nelle aree gioco per l'infanzia, in ambienti abitativi, in ambienti scolastici e nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere, si assume per l'induzione magnetica il **valore di attenzione di 10 μ T**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio;
- Art.4 comma 1. Nella progettazione di nuovi elettrodotti in corrispondenza di aree gioco per l'infanzia, di ambienti abitativi, di ambienti scolastici e di luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore e nella progettazione dei nuovi insediamenti e delle nuove aree di cui sopra in prossimità di linee ed installazioni elettriche già presenti nel territorio, ai fini della progressiva minimizzazione dell'esposizione ai campi elettrici e magnetici generati dagli elettrodotti operanti alla frequenza di 50 Hz, é fissato l'**obiettivo di qualità di 3 μ T per il valore dell'induzione magnetica**, da intendersi come mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio.

Lo stesso DPCM, all'art 6, fissa i parametri per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti, per le quali si dovrà fare riferimento all'obiettivo di qualità (**B=3 μ T**) di cui all'art. 4 sopra richiamato ed alla portata della corrente in servizio normale. L'allegato al Decreto 29 maggio 2008 (Metodologie di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti) definisce quale *fascia di rispetto* lo spazio circostante l'elettrodotto, che comprende tutti i punti al di sopra e al di sotto

del livello del suolo, caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità.

Ai fini del calcolo della fascia di rispetto si omettono verifiche del campo elettrico, in quanto nella pratica questo determinerebbe una fascia (basata sul limite di esposizione, nonché valore di attenzione pari a 5 kV/m) che è sempre inferiore a quella fornita dal calcolo dell'induzione magnetica.

Pertanto, obiettivo dei paragrafi successivi sarà quello di calcolare le fasce di rispetto dagli elettrodotti del progetto in esame, facendo riferimento al limite di qualità di 3 μ T.

2.3 Campo elettromagnetico

I campi elettromagnetici sono un insieme di grandezze fisiche misurabili, introdotte per caratterizzare un insieme di fenomeni osservabili indotti senza contatto diretto tra sorgente ed oggetto del fenomeno, vale a dire fenomeni in cui è presente un'azione a distanza attraverso lo spazio.

Esso è composto in generale da tre campi vettoriali, il *campo elettrico*, il *campo magnetico* e un terzo campo che spesso per semplicità viene escluso che è il "*termine di sorgente*". Questo significa che i vettori che caratterizzano il campo elettromagnetico hanno ciascuno un valore definito in ciascun punto del tempo e dello spazio.

I vettori che modellizzano le grandezze introdotte nella definizione del modello fisico dei campi elettromagnetici sono quindi:

- E: Campo elettrico
- B: Campo di induzione magnetica

e, parallelamente:

- D: spostamento elettrico o induzione dielettrica
- H: Campo magnetico

L'esposizione umana ai campi elettromagnetici è una problematica relativamente recente che assume notevole interesse con l'introduzione massiccia dei sistemi di telecomunicazione e dei sistemi di trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. In realtà anche in assenza di tali sistemi siamo costantemente immersi nei campi elettromagnetici per tutti quei fenomeni naturali riconducibili alla natura elettromagnetica, primo su tutti l'irraggiamento solare.

Per quanto concerne i fenomeni elettrici si fa riferimento al campo elettrico, il quale può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica.

Per i fenomeni di natura magnetica si fa riferimento ad una caratterizzazione dell'esposizione ai campi magnetici, non in termini del vettore campo magnetico, ma in termini di induzione magnetica, che tiene conto dell'interazione con ambiente ed i mezzi materiali in cui il campo si propaga. Dal punto di vista macroscopico ogni fenomeno elettromagnetismo è descritto dall'insieme di equazioni note come equazioni di Maxwell.

La normativa attualmente in vigore disciplina in modo differente i valori ammissibili di campo elettromagnetico, distinguendo così i “campi elettromagnetici quasi statici” ed i “campi elettromagnetici a radio frequenza”.

Nel caso dei campi quasi statici, ha senso ragionare separatamente sui fenomeni elettrici e magnetici e ha quindi anche senso imporre separatamente dei limiti normativi alle intensità del campo elettrico e dell'induzione magnetica.

Il modello quasi statico è applicato per il caso concreto della distribuzione di energia, in relazione alla frequenza di distribuzione dell'energia della rete che è pari a 50Hz. In generale gli elettrodotti dedicati alla trasmissione e distribuzione di energia elettrica sono percorsi da correnti elettriche di intensità diversa, ma tutte alla frequenza di 50Hz, e quindi tutti i fenomeni elettromagnetici che li vedono come sorgenti possono essere studiati correttamente con il modello per campi quasi statici. Gli impianti per la produzione e la distribuzione dell'energia elettrica alla frequenza di 50 Hz, costituiscono una sorgente di campi elettromagnetici nell'intervallo 30-300 Hz.

| DENOMINAZIONE | | SIGLA | FREQUENZA | LUNGHEZZA D'ONDA |
|------------------------------|-------------------------------------|-------|---------------|------------------|
| FREQUENZE ESTREMAMENTE BASSE | | ELF | 0 - 3kHz | > 100Km |
| FREQUENZE BASSISSIME | | VLF | 3 - 30kHz | 100 - 10Km |
| RADIOFREQUENZE | FREQUENZE BASSE (ONDE LUNGHE) | LF | 30 - 300kHz | 10 - 1Km |
| | MEDIE FREQUENZE (ONDE MEDIE) | MF | 300kHz - 3MHz | 1Km - 100m |
| | ALTE FREQUENZE | HF | 3 - 30MHz | 100 - 10m |
| | FREQUENZE ALTISSIME (ONDE METRICHE) | VHF | 30 - 300MHz | 10 - 1m |
| MICROONDE | ONDE DECIMETRICHE | UHF | 300MHz - 3GHz | 1m - 10cm |
| | ONDE CENTIMETRICHE | SHF | 3 - 30GHz | 10 - 1cm |
| | ONDE MILLIMETRICHE | EHF | 30 - 300GHz | 1cm - 1mm |
| INFRAROSSO | | IR | 0,3 - 385THz | 1000 - 0,78mm |
| LUCE VISIBILE | | | 385 - 750THz | 780 - 400nm |
| ULTRAVIOLETTO | | UV | 750 - 3000THz | 400 - 100nm |
| RADIAZIONI IONIZZANTI | | X | > 3000THz | < 100nm |

Spettro elettromagnetico

2.3.1 Campo elettrico

Il campo elettrico è legato in maniera direttamente proporzionale alla tensione della sorgente; esso si attenua, allontanandosi da un elettrodotto, come l'inverso della distanza dai conduttori. I valori efficaci delle tensioni di linea variano debolmente con le correnti che le attraversano; l'intensità del campo elettrico può considerarsi, in prima approssimazione, costante.

La presenza di alberi, oggetti conduttori o edifici in prossimità delle linee riduce l'intensità del campo elettrico, e in particolare all'interno degli edifici, si possono misurare intensità di campo fino a 10 (anche 100) volte inferiori a quelle rilevabili all'esterno.

Per le linee elettriche aeree, l'intensità maggiore del campo elettrico si misura generalmente al centro della campata, ossia nel punto in cui i cavi si trovano alla minore distanza dal suolo. L'andamento e il valore massimo delle intensità dei campi dipenderà anche dalla disposizione e dalle distanze tra i conduttori della linea.

2.3.2 Campo magnetico

L'intensità del campo magnetico generato in corrispondenza di un elettrodotto dipende invece dall'intensità della corrente circolante nel conduttore; tale flusso risulta estremamente variabile sia nell'arco di una giornata sia su scala temporale maggiore quale quella stagionale. Per le linee elettriche aeree, il campo magnetico assume il valore massimo in corrispondenza della minima distanza dei conduttori dal suolo, ossia al centro della campata, e decade molto rapidamente allontanandosi dalle linee.

Non c'è alcun effetto schermante nei confronti dei campi magnetici da parte di edifici, alberi o altri oggetti vicini alla linea: quindi all'interno di eventuali edifici circostanti si può misurare un campo magnetico di intensità comparabile a quello riscontrabile all'esterno.

Quindi, sia campo elettrico che campo magnetico decadono all'aumentare della distanza dalla linea elettrica, ma mentre il campo elettrico, è facilmente schermabile da oggetti quali legno, metallo, ma anche alberi ed edifici, il campo magnetico non è schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune.

2.4 Differenze tra campi indotti da linee elettriche aeree e campi indotti da cavi interrati

2.4.1 Campo elettrico

Nelle linee elettriche in cavo interrato il campo elettrico risulta ridotto in maniera significativa per l'effetto combinato dovuto alla speciale guaina metallica schermante del cavo ed alla presenza del terreno che presenta una conducibilità elevata. La riduzione così operata del campo elettrico consente agli individui di avvicinarsi maggiormente ai conduttori stessi, i quali, come già detto, sono di solito interrati a pochi metri di profondità.

Per le linee elettriche di MT a 50 Hz, i campi elettrici misurati attraverso prove sperimentali sono risultati praticamente nulli, per l'effetto schermante delle guaine metalliche e del terreno sovrastante i cavi interrati.

2.4.2 Campo magnetico

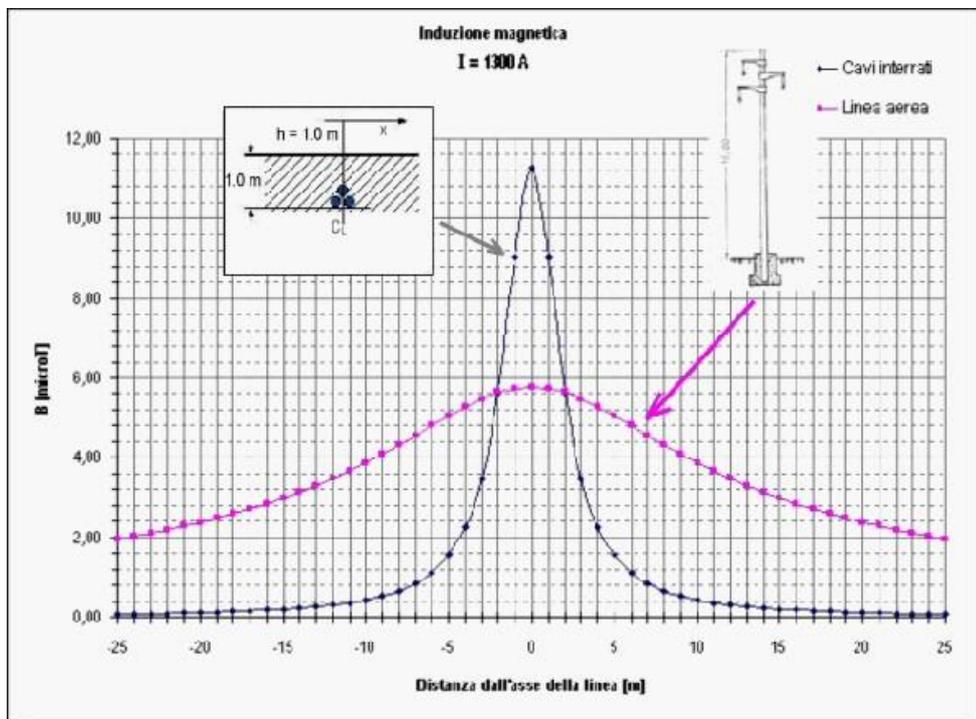
Le grandezze che determinano l'intensità del campo magnetico circostante un elettrodotto sono principalmente:

- 1) distanza dalle sorgenti (conduttori);
- 2) intensità delle sorgenti (correnti di linea);
- 3) disposizione e distanza tra sorgenti (distanza mutua tra i conduttori di fase);
- 4) presenza di sorgenti compensatrici;
- 5) suddivisione delle sorgenti (terne multiple).

I metodi di controllo del campo magnetico si basano principalmente sulla riduzione della distanza tra le fasi, sull'installazione di circuiti addizionali (spire) nei quali circolano correnti di schermo, sull'utilizzazione di circuiti in doppia terna a fasi incrociate e sull'utilizzazione di linee in cavo.

Nel caso di elettrodotti in alta tensione, i valori di campo magnetico, pur al di sotto dei valori di legge imposti, sono notevolmente al di sopra della soglia di attenzione epidemiologica (SAE) che è di $0,2 \mu\text{T}$. Infatti, solo distanze superiori a circa 80 m dal conduttore permettono di rilevare un valore così basso del campo magnetico. È necessario notare inoltre che aumentare l'altezza dei conduttori da terra permette di ridurre il livello massimo generato di campo magnetico ma non la distanza dall'asse alla quale si raggiunge la SAE.

È possibile ridurre questi valori di campo interrando gli elettrodotti. Questi vengono posti a circa 1,2 metri di profondità e sono composti da un conduttore cilindrico, una guaina isolante, una guaina conduttrice (la quale funge da schermante per i disturbi esterni, i quali sono più acuti nel sottosuolo in quanto il terreno è molto più conduttore dell'aria) e un rivestimento protettivo. I fili vengono posti a circa 20 cm l'uno dall'altro e possono assumere disposizione lineare (terna piana) o triangolare (trifoglio).



Attenuazione dell'induzione magnetica dovuta all'interramento dei cavi

I cavi interrati generano, a parità di corrente trasportata, un campo magnetico al livello del suolo più intenso degli elettrodotti aerei (circa il doppio), però l'intensità di campo magnetico si riduce molto più rapidamente con la distanza (i circa 80 m diventano in questo caso circa 24). Tra i vantaggi sono valori di intensità di campo magnetico che decrescono molto più rapidamente con la distanza, ma tra gli svantaggi i problemi di perdita di energia legati alla potenza reattiva (produzione, oltre ad una certa lunghezza del cavo, di una corrente capacitiva, dovuta all'interazione tra il cavo ed il terreno stesso, che si contrappone a quella di trasmissione).

Altri metodi con i quali ridurre i valori di intensità di campo elettrico e magnetico possono essere quelli di usare "linee compatte", dove i cavi vengono avvicinati tra di loro in quanto questi sono isolati con delle membrane isolanti. Queste portano ad una riduzione del campo magnetico.

I cavi interrati sono quindi un'alternativa all'uso delle linee aeree; essi sono disposti alla profondità di circa 1,2 metri dal suolo, linearmente sullo stesso piano oppure a triangolo (disposizione a trifoglio). Confrontando quindi il campo magnetico generato da linee aeree con quello generato da cavi interrati, si può notare che per i cavi interrati l'intensità massima del campo magnetico è più elevata, ma presenta un'attenuazione più pronunciata. In generale si può affermare che l'intensità a livello del suolo immediatamente al di sopra dei cavi di una linea interrata è inferiore a quella immediatamente al di sotto di una linea aerea ad alta tensione. Ciò è dovuto soprattutto ad una maggiore compensazione delle componenti vettoriali associate alle diverse fasi, per effetto della reciproca vicinanza dei cavi, che essendo isolati, possono essere accostati l'uno all'altro, come non può farsi per una linea aerea.

2.5 Fascia di rispetto per gli obiettivi di qualità

L'impatto elettromagnetico indotto dall'impianto eolico oggetto di studio può essere determinato da:

- 1) Linee MT in cavidotti interrati;
- 2) Sottostazione Elettrica (SSE) in prossimità della SE Terna Brindisi Sud;
- 3) Linea interrata di connessione AT, che collega la SSE alla SE Terna Brindisi Sud.

2.5.1 Cavi MT

Con riferimento ai cavi MT interrati e per un sistema monofase bilanciato (corrente nulla al centro stella), come nel nostro caso il campo di induzione magnetica B ad una certa distanza "r" può essere calcolato con la formula:

$$B = 0,346 (I \times d) / r^2$$

Dove:

- I è la corrente che percorre il cavo espressa in Ampère;
- d è la distanza tra i conduttori che supporremo con buona approssimazione pari a 0,1 m (10 cm);
- r è la distanza dal conduttore;
- B è l'induzione magnetica espressa in μT .

Nel nostro caso poniamo $B = 3 \mu T$, che indica il valore dell'induzione magnetica per il quale è rispettato il limite normativo di qualità. Per quanto concerne il valore massimo della corrente in considerazione del percorso dei cavidotti (vedi anche tavola allegata) verifichiamo di avere al più cavidotti (3 terne parallele nel tratto in comune verso la SSE) che trasportano l'energia prodotta da 10 generatori. Pertanto calcolando la corrente massima che attraversa i conduttori MT con la formula:

$$I = \frac{P_n}{(V_n \times 1,73 \times \cos\phi)} = 1180 \text{ A}$$

Dove:

$$P_n = 6 \times 10 \times 10^6 \text{ W} = 60 \times 10^6 \text{ W}$$

$$V_n = 30 \times 10^3 \text{ V}$$

$$\cos\phi = 0,98$$

e quindi

$$r = \text{radq}(0,346 \times (I \times d)/B) = 3,69 \text{ m}$$

In pratica, quindi, ad una distanza di 3,69 m dal cavo il valore dell'induzione magnetica raggiunge il valore di qualità ($B = 3 \mu\text{T}$). **Pertanto considerando approssimando i valori calcolati a 3,7 m** intorno alla proiezione dell'asse del cavidotto al suolo, si avrà un valore di induzione magnetica sicuramente inferiore a $3 \mu\text{T}$

Le aree in cui avviene la posa dei cavi sono agricole, e la posa dei cavi avviene di solito al di sotto di strade esistenti (interpoderali, comunali), aree dove ovviamente non è prevista la permanenza stabile di persone per oltre 4 ore e/o la costruzione di edifici. Possiamo pertanto concludere che l'impatto elettromagnetico indotta dai cavi MT è praticamente nullo.

Per quanto riguarda l'impatto elettromagnetico generato dai cavi MT che scendono all'interno della torre, in considerazione del fatto che la corrente massima che attraversa la terna di cavi è pari a circa 118 A, abbiamo

$$r = \text{radq}(0,346 \times (I \times d)/B) = 1,17 \text{ m}$$

dove:

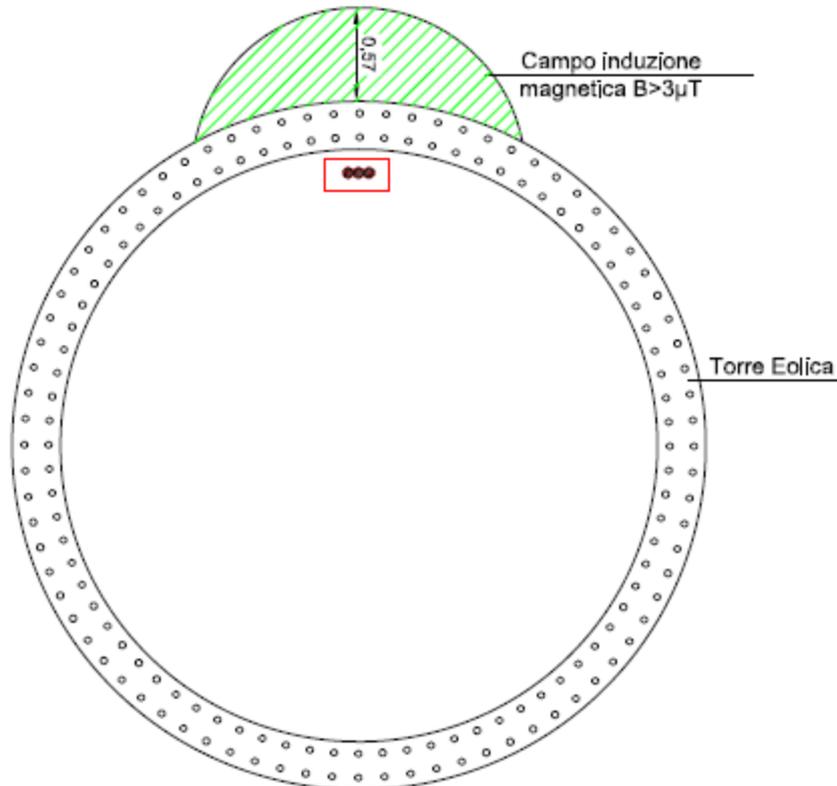
$$I = 118 \text{ A}$$

$$d = 0,1 \text{ m}$$

$$B = 3 \mu\text{T}$$

L'indice di qualità per l'induzione magnetica si raggiunge ad una distanza di 1,17 m dall'asse della terna di cavi. Pertanto considerando una fascia della larghezza di circa 1,20 m intorno alla superficie esterna della torre in acciaio, all'interno di quest'area si avrà un valore di induzione magnetica $>$ di $3 \mu\text{T}$, al di fuori di questa area viene rispettato invece il limite di qualità. Si fa presente che nei pressi delle torri eoliche non è prevista la presenza di persone, dal momento che l'accesso alle piazzole è interdetto al pubblico, poiché esse sono aree private. È consentito solo l'accesso alle piazzole, nei pressi delle torri ed all'interno delle stesse, solo a personale esperto ed addestrato, che comunque accede sporadicamente e per tempi limitati.

Lungo il percorso del cavidotto MT dall'area di impianto alla SSE ci sono dei tratti in cui la strada costeggia giardini di abitazioni. Come evidenziato nelle tavole allegate anche in questi casi considerando una la DPA (di 3,7 m) **non interessa gli edifici abitati mantenendosi al più al margine e al di fuori delle proprietà private.**



Valore di induzione magnetica nell'intorno della torre in acciaio

2.5.2 Sottostazione Elettrica (SSE) di Trasformazione MT/AT

L'energia proveniente dalle torri eoliche raggiungerà la Sottostazione di Trasformazione, ubicata in prossimità della SE TERNA Brindisi Sud. Qui è previsto:

- un ulteriore innalzamento della tensione con una trasformazione 30/150 kV;
- la misura dell'energia prodotta;
- la consegna a TERNA S.p.a.

La sottostazione avrà una superficie di circa 3626 mq. Al suo interno sarà presente un edificio adibito a locali tecnici, in cui saranno allocati gli scomparti MT, i quadri BT, il locale comando controllo e il locale gruppo elettrogeno.

È prevista altresì la realizzazione di due stalli di trasformazione.

Ciascuno dei due trasformatori 30/150 kV avrà potenza nominale di 30 MVA (per un valore complessivo di 60 MVA), raffreddamento in olio ONAN/ONAF, con vasca di raccolta sottostante, in caso di perdite accidentali.

Oltre al trasformatore MT/AT saranno installate apparecchiature AT per protezione, sezionamento e misura:

- scaricatori di tensione;
- sezionatore tripolare con lame di terra;
- trasformatori di tensione induttivi per misure e protezione;
- interruttore tripolare 150kV;
- trasformatori di corrente per misure e protezione;

- trasformatori di tensione induttivi per misure fiscali.

La superficie su cui sorgerà la SSE avrà una forma irregolare, con dimensione totale di 3626 mq.

La recinzione sarà realizzata con elementi prefabbricati “a pettine”, che saranno installati su apposito cordolo in calcestruzzo (interrato). La finitura del piazzale interno alla SSE sarà in asfalto. In corrispondenza delle apparecchiature AT sarà realizzata una finitura in ghiaietto.

Per quanto concerne la determinazione della fascia di rispetto, la SSE è del tutto assimilabile ad una Cabina Primaria, per la quale la fascia di rispetto rientra, come verificheremo nel paragrafo successivo per il caso in esame, nei confini dell'area di pertinenza dell'impianto (area recintata). Ciò in conformità a quanto riportato al paragrafo 5.2.2 dell'Allegato al Decreto 29 maggio 2008 che afferma che: *per questa tipologia di impianti la Dpa e, quindi, la fascia di rispetto, rientrano generalmente nei confini dell'aerea di pertinenza dell'impianto stesso.*

L'impatto elettromagnetico nella SSE è essenzialmente prodotto:

- dall'utilizzo dei trasformatori BT/MT e MT/AT;
- dalla realizzazione delle linee/sbarre aeree di connessione tra il trasformatore e le apparecchiature elettromeccaniche;
- dalla linea interrata AT.

L'impatto generato dalle linee/sbarre AT è di gran lunga quello più significativo e pertanto si propone il calcolo della fascia di rispetto dalle linee/sbarre AT.

2.5.2.1 Determinazione della fascia di rispetto

Le linee/sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, ad un'altezza di circa 4,6 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Nel caso in esame si ha:

- S (distanza tra i conduttori) = 2,2 m;
- P_n = Potenza massima dell'impianto in progetto (60 MW);
- V_n = Tensione nominale delle linee/sbarre AT (150 kV).

si avrà:

$$I = \frac{P_n}{(V_n \times 1,73 \times \cos\phi)} = 236 \text{ A}$$

ed utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si avrà:

$$R' = 0,34 \times \sqrt{2,2 \times 236} = 7,75 \text{ m (approssimata per eccesso a 7,80 m)}$$

Come si evince dalla planimetria e dalle cartografie allegate è evidente che il campo di induzione magnetica per il quale è rispettato l'indice di qualità resta confinato in gran parte all'interno della stessa SSE (foglio 177 particelle 132), ed in piccola parte (circa 4,12 m) oltre il confine della SSE nella

particella 134. Anche in questo **dove ovviamente non è prevista la permanenza stabile di persone per oltre 4 ore e/o la costruzione di edifici.**

In conclusione:

- **in conformità a quanto previsto dal Decreto 29 maggio 2008 la Distanza di Prima Approssimazione (Dpa) e, quindi, la fascia di rispetto ricade nell'immediato intorno dell'area della SSE in progetto;**
- **la sottostazione di trasformazione è comunque realizzata in un'area agricola, con totale assenza di edifici abitati per un raggio di almeno 500 m;**
- **all'interno dell'area della sottostazione non è prevista la permanenza di persone per periodi continuativi superiori a 4 ore con l'impianto in tensione.**

Pertanto, si può quindi affermare che l'impatto elettromagnetico su persone, prodotto dalla realizzazione della SSE, sarà trascurabile.

2.5.3 Linea elettrica interrata AT

La linea elettrica interrata AT (della lunghezza di circa 148 m) permette di collegare la Sottostazione Elettrica alla SE Terna Brindisi Sud, per la consegna alla RTN dell'energia prodotta dal parco eolico.

Tale linea sarà realizzata con cavo in conduttore di alluminio, di opportuna sezione. I tre cavi saranno posati in piano all'interno di una trincea di profondità 1,8 m e larghezza 1 m.

Dal momento che è prevista la condivisione dello stallo, la corrente che attraversa il cavo AT dalle sottostazioni utente allo stallo comune nella SE Terna, è pari alla somma delle correnti generate da tutti i produttori.

Dal momento che la potenza massima che potrà essere immessa nello stallo è pari a 200 MW, a cui corrisponde una corrente di 786 A circa, la DPA sarà calcolata facendo riferimento a tale valore di corrente. Questa, peraltro, sarà anche la corrente massima che potrà attraversare le sbarre AT condivise tra i Produttori. In definitiva la DPA sarà calcolata ipotizzando le "peggiori" condizioni di esercizio.

2.5.3.1 Determinazione della fascia di rispetto

Con riferimento alla "Linea guida ENEL per l'applicazione del § 5.1.3 dell'allegato al DM 29.05.08" nella scheda A14 (semplice terna dicavi disposti in piano – serie 132/150 kV) nel caso specifico per sezione totale dei cavi di 1.600 mmq, si riporta una DPA (ovvero una distanza dalla linea oltre la quale l'induzione magnetica è <3 µT) pari a 5,10 metri. Tale valore è calcolato considerando una corrente che attraversa i cavi pari a 1.110 A.

Nel caso del presente impianto eolico, come già calcolato nel paragrafo precedente, la corrente che attraverserà le sbarre AT all'interno della SSE è pari a 236 A, mentre la corrente massima che attraverserà le sbarre condivise con altri produttori è di circa 787 A. Questa è anche la corrente massima che attraverserà il cavo AT interrato dalle sbarre condivise alla SE TERNA.

Le linee/sbarre AT sono assimilabili ad una linea aerea trifase 150 kV, con conduttori posti in piano ad una distanza reciproca di 2,2 m, ad un'altezza di circa 4,6 m dal suolo, percorsi da correnti simmetriche ed equilibrate.

Per le sbarre all'interno della SSE utente abbiamo

- S (distanza tra i conduttori) = 2,2 m;
- P_n = Potenza massima dell'impianto in progetto (60 MW);
- V_n = Tensione nominale delle linee/sbarre AT (150 kV).

si avrà:

$$I = \frac{P_n}{(V_n \times 1,73 \times \cos\phi)} = 236 \text{ A}$$

ed utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si avrà:

$$R' = 0,34 \times \sqrt{2,2 \times 236} = 7,8 \text{ m}$$

Tale raggio corrisponde con la DPA, ovvero la distanza massima a cui il campo di induzione magnetica B < 3 μT

Per le sbarre condivise con altri produttori abbiamo

- S (distanza tra i conduttori) = 2,2 m;
- P_n = Potenza massima dell'impianto in progetto (200 MW);
- V_n = Tensione nominale delle linee/sbarre AT (150 kV).

si avrà:

$$I = \frac{P_n}{(V_n \times 1,73 \times \cos\phi)} = 787 \text{ A}$$

ed utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si avrà:

$$R' = 0,34 \times \sqrt{2,2 \times 787} = 14,2 \text{ m}$$

Tale raggio corrisponde con la DPA, ovvero la distanza massima a cui il campo di induzione magnetica B < 3 μT

Per i cavi AT dalle sbarre condivise alla SE Terna abbiamo

- S (distanza tra i conduttori posati in piano) = 0,2 m
- P_n = Potenza massima dell'impianto in progetto (200 MW);
- V_n = Tensione nominale delle linee/sbarre AT (150 kV).

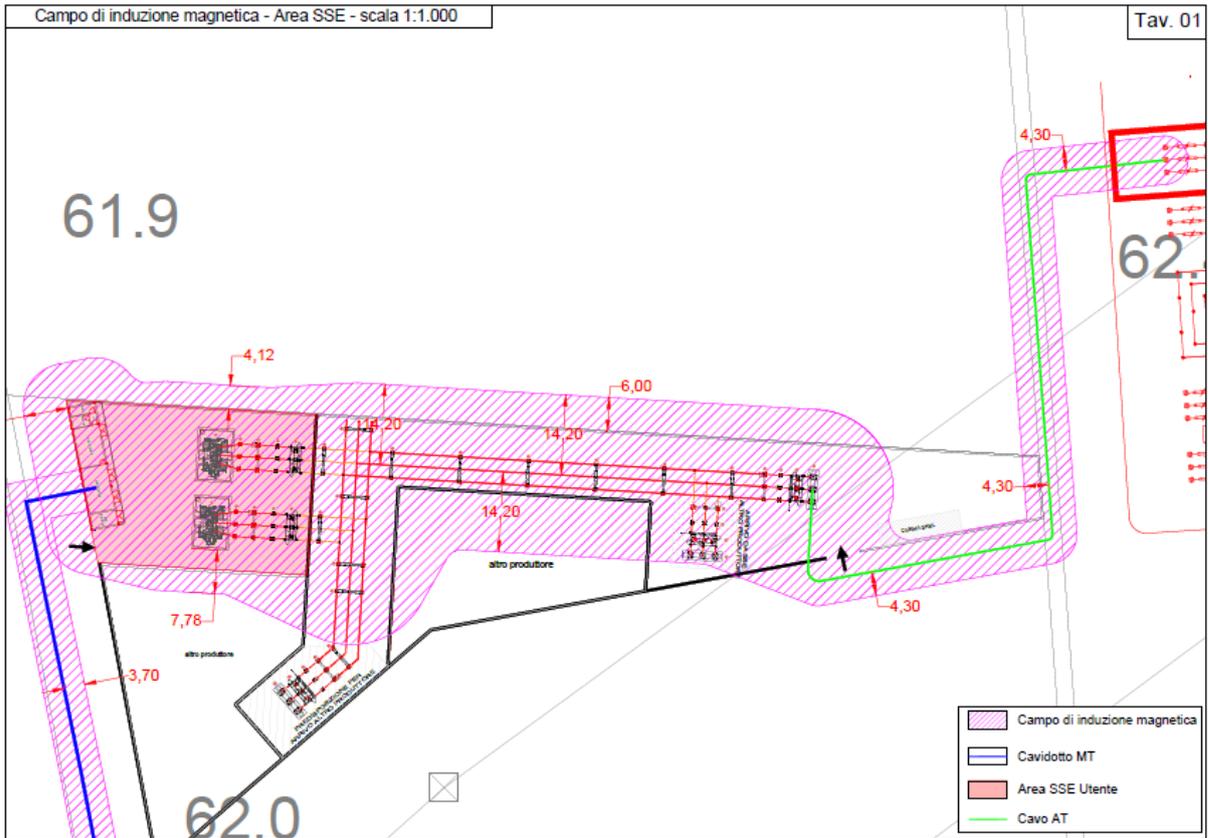
si avrà:

$$I = \frac{P_n}{(V_n \times 1,73 \times \cos\phi)} = 787 \text{ A}$$

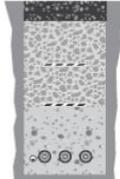
ed utilizzando la formula di approssimazione proposta al paragrafo 6.2.1 della norma CEI 106-11, si avrà:

$$R' = 0,34 \times \sqrt{0,2 \times 787} = 4,3 \text{ m}$$

Tale raggio corrisponde con la DPA, ovvero la distanza massima a cui il campo di induzione magnetica B < 3 μT

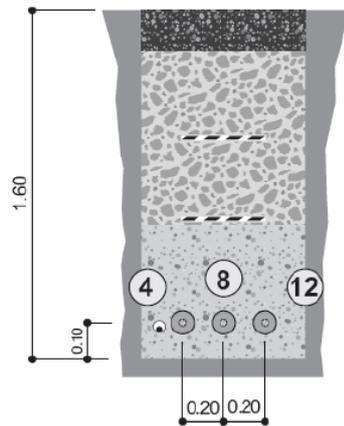


DPA SSE e DPA nell'intorno del cavo AT 150 kV da SSE utente a SE TERNA

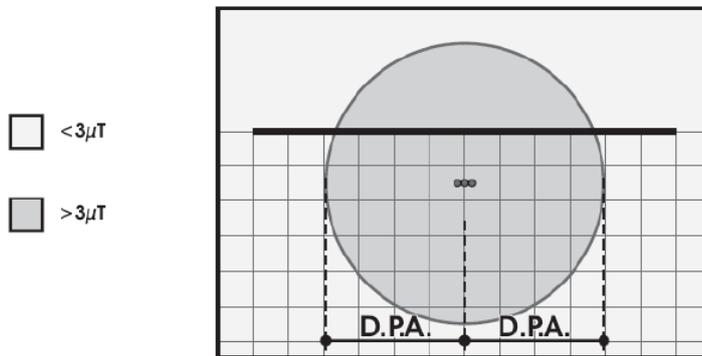
| Tipologia sostegno | Formazione | Armamento | Corrente | DPA (m) | Rif. |
|--|--|--|----------|-------------|------|
| Tubolare Doppia Terna con mensole isolanti (serie 132/150 kV) Scheda A13 | 22.8 mm 307.75 mm² |  | 576 | 22 | A13a |
| | | | 444 | 19 | A13b |
| | 31.5 mm 585.35 mm² | | 870 | 27 | A13c |
| | | | 675 | 23 | A13d |
| CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV) Scheda A14 | 108 mm 1600 mm² |  | 1110 | 5.10 | A14 |
| CAVI INTERRATI Semplice Terna cavi disposti a trifoglio (serie 132/150 kV) Scheda A15 | 108 mm 1600 mm² |  | 1110 | 3.10 | A15 |
| CABINA PRIMARIA ISOLATA IN ARIA (132/150kV - 15/20kV) Trasformatori 63MVA Scheda A16 | Distanza tra le fasi AT = 2.20 m |  | 870 | 14 | A16 |
| | Distanza tra le fasi MT = 0.37 m | | 2332 | 7 | |

DPA per cavi interrati (“Linea guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’allegato al DM 29.05.08”)

A14 - CAVI INTERRATI - Semplice Terna cavi disposti in piano (serie 132/150 kV)



RAPPRESENTAZIONE DELLA FASCIA DI RISPETTO E DELLA D.P.A.



| CONDUTTORI IN ALLUMINIO-ACCIAIO | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------|-------------|
| Diametro Esterno [mm] | Sezione Totale [mm ²] | CEI - 11-60 Portata [A] | | |
| | | Corrente A | D.P.A. m | Riferimento |
| 108 | 1600 | 1110 | 5.10 | A14 |

Scheda A14 (“Linea guida per l’applicazione del § 5.1.3 dell’allegato al DM 29.05.08”)

2.6 Conclusioni

Alla luce dei calcoli eseguiti, non si riscontrano problematiche particolari relative all'impatto elettromagnetico dei componenti del Parco Eolico in oggetto ed in particolare alla SSE, in merito all'esposizione umana ai campi elettrici e magnetici. A conforto di ciò che è stato fin qui detto, a lavori ultimati si potranno eseguire prove sul campo che dimostrino l'esattezza dei calcoli e delle assunzioni fatte.

Lo studio condotto conferma la conformità dell'impianto dal punto di vista degli effetti del campo elettromagnetico sulla salute umana.

Per quanto concerne i cavi interrati infatti, considerati gli accorgimenti di progetto adottati relativi a:

- minimizzazione dei percorsi della rete;
- disposizione a fascio delle linee trifase;

si può escludere la presenza di rischi di natura sanitaria per la popolazione, sia per i bassi valori del campo sia per assenza di possibili recettori nelle zone interessate.

Per quanto concerne le linee all'interno della SSE, abbiamo visto che la d.p.a. ricade nell'immediato intorno della SSE, ovvero in un'area agricola in cui non c'è possibilità che si generino rischi di esposizione prolungata ai campi elettromagnetici. La SSE è d'altra parte un'area a cui è consentito l'accesso di solo personale specializzato, in modo saltuario e non continuativo.

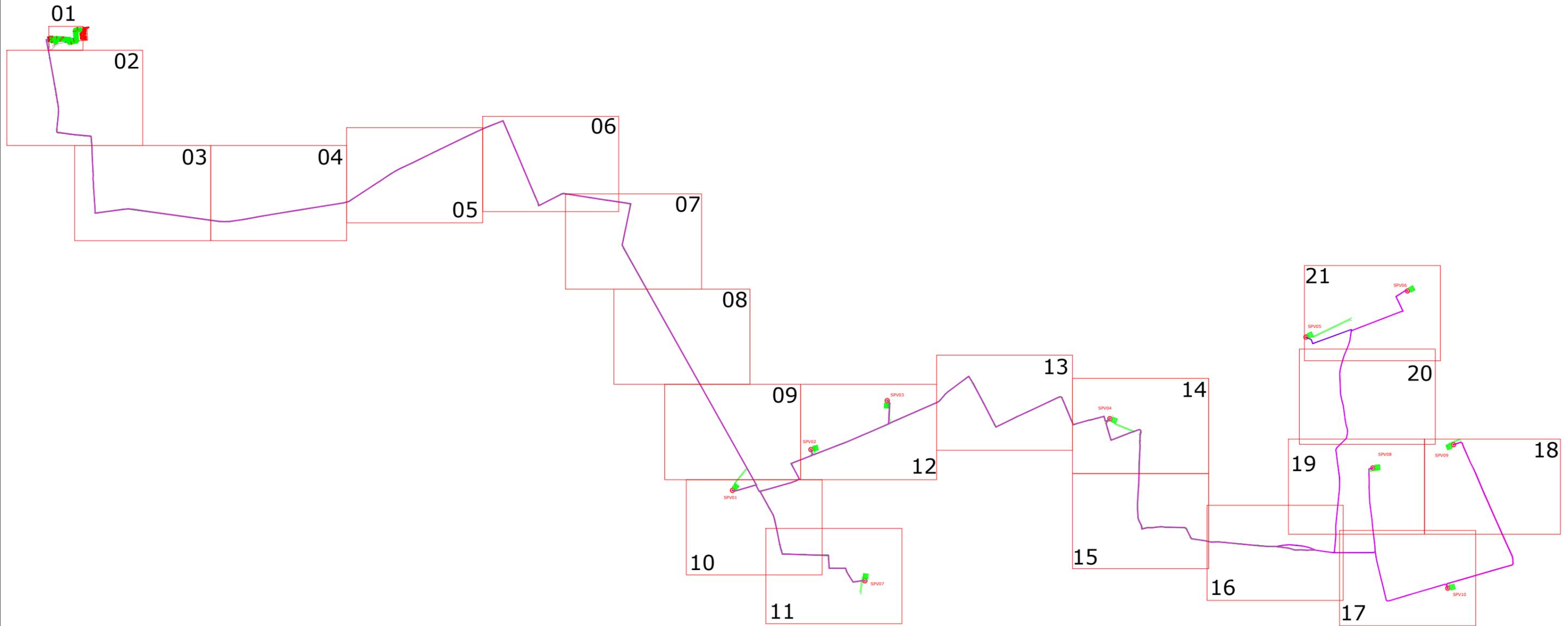
Le opere elettriche in progetto e relative DPA ($B > 3 \mu T$) non interessano aree attualmente utilizzate come aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici o luoghi adibiti a permanenze di persone superiori a quattro ore, rispondendo pienamente agli obiettivi di qualità dettati dall'art.4 del D.P.C.M 8 luglio 2003.

Con riferimento specifico ai cavidotti osserviamo che le DPA ricadono:

- 1) in gran parte all'interno di strade provinciali, comunali e interpoderali al di fuori di centri abitati;**
- 2) in parte in aree agricole ai sensi dei piani urbanistici vigenti.**

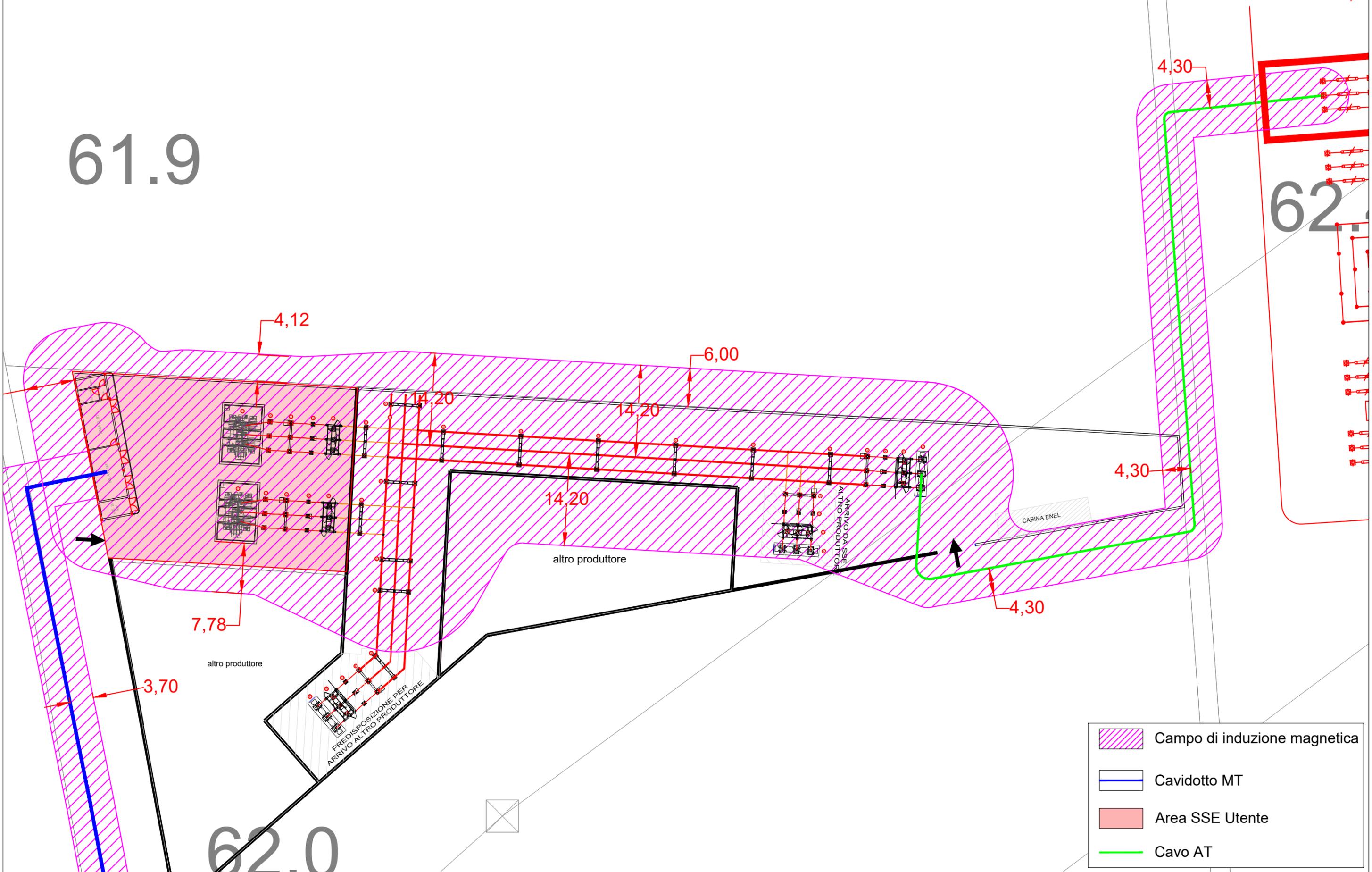
Per quanto attiene la possibile destinazione futura delle aree agricole, ricordiamo che su queste verrà apposta, prima della costruzione dell'impianto, una servitù di elettrodotto su una fascia di ampiezza 2,5 m a destra e a sinistra rispetto l'asse del cavidotto stesso (5 m di larghezza). Tale servitù renderà di fatto impossibile la realizzazione di edifici adibiti a qualsiasi destinazione d'uso.

Inoltre, sono rispettate ampiamente le distanze da fabbricati adibiti ad abitazione o ad altra attività che comporti tempi di permanenza prolungati, previste dal D.P.C.M. 23 aprile 1992 *"Limiti massimi di esposizione al campo elettrico e magnetico generati alla frequenza industriale nominale di 50 Hz negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno"*.



61.9

62.0

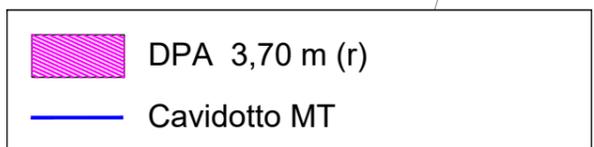


| | |
|--|------------------------------|
| | Campo di induzione magnetica |
| | Cavidotto MT |
| | Area SSE Utente |
| | Cavo AT |

62.0

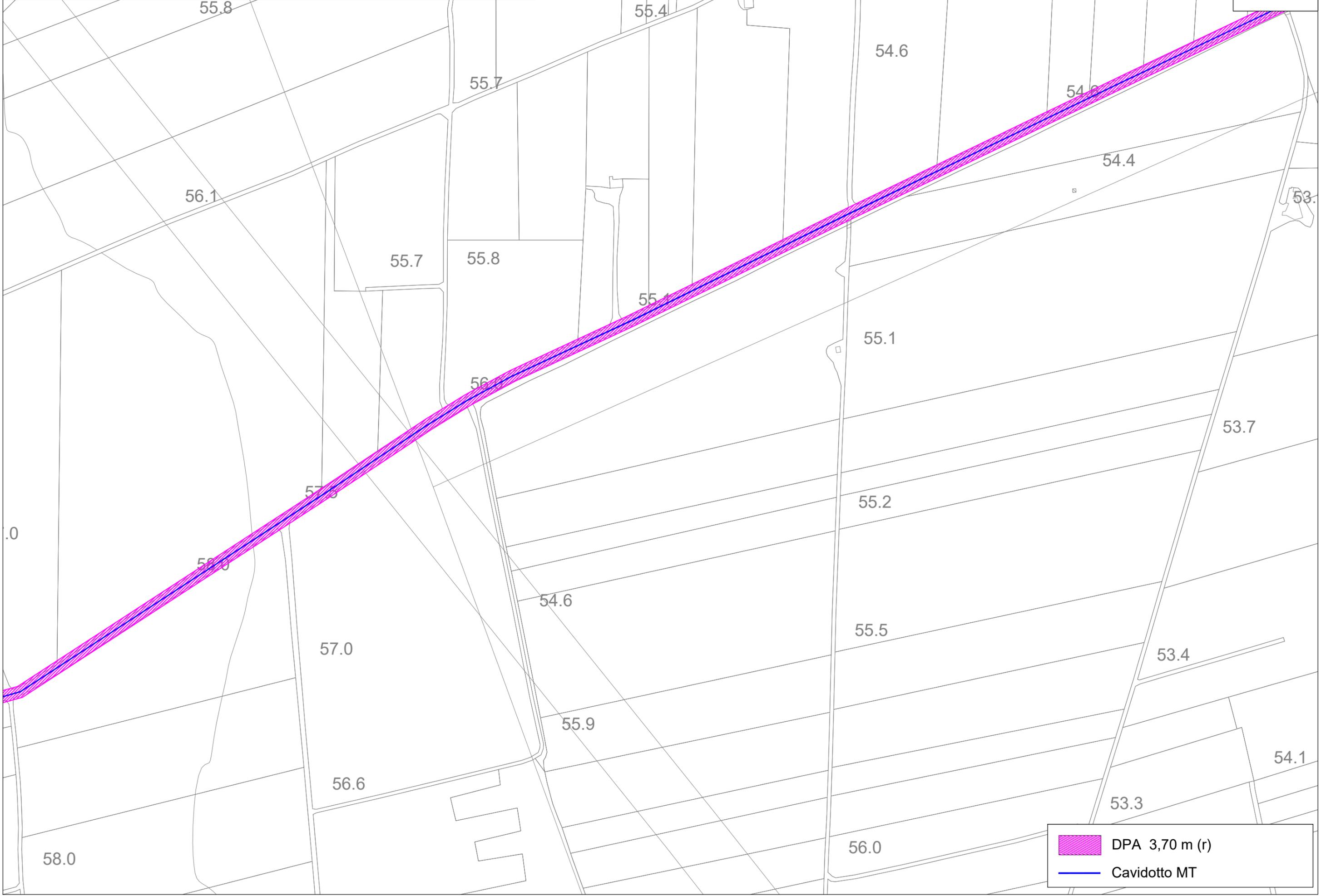


 DPA 3,70 m (r)
 Cavidotto MT



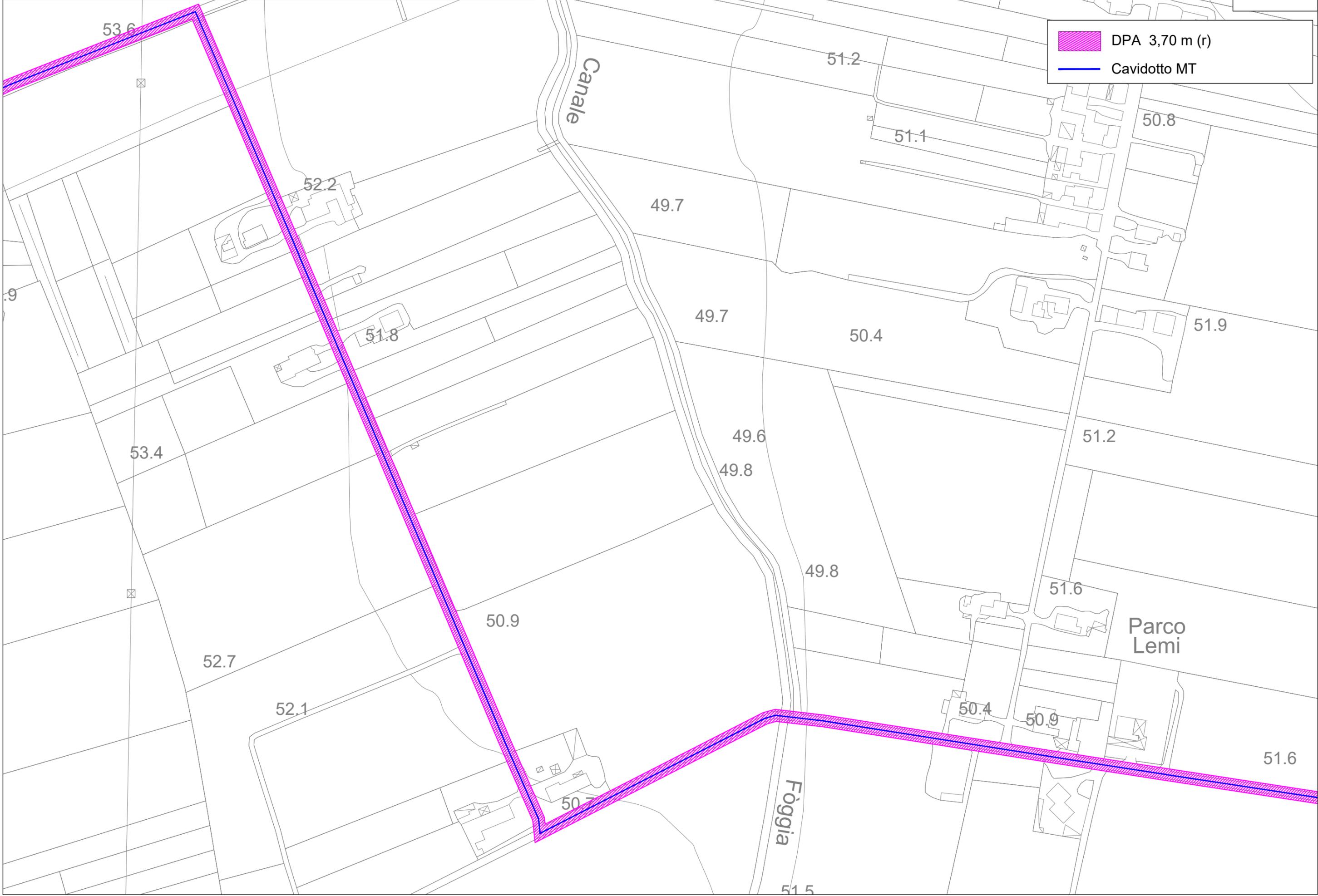


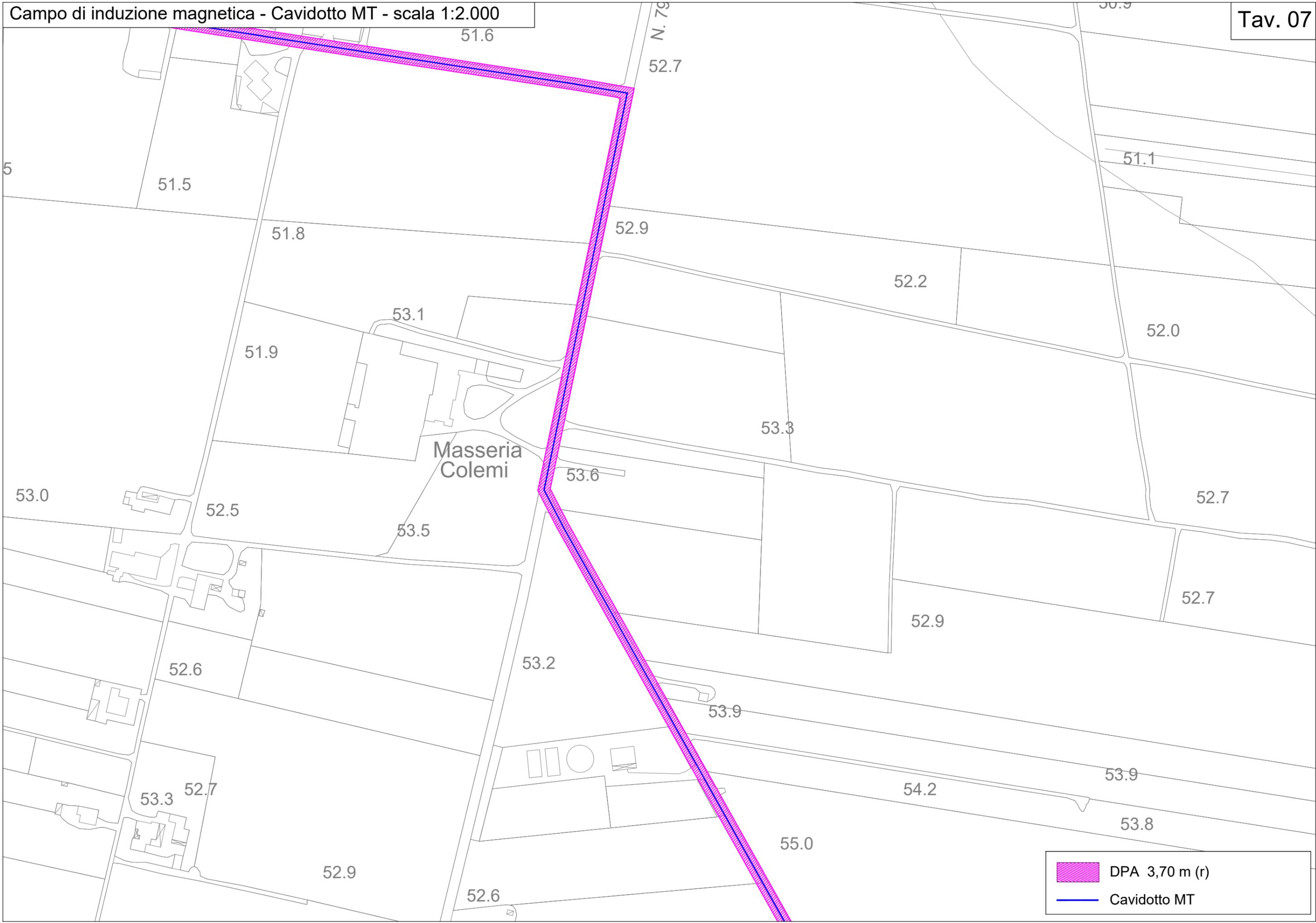
DPA 3,70 m (r)
Cavidotto MT

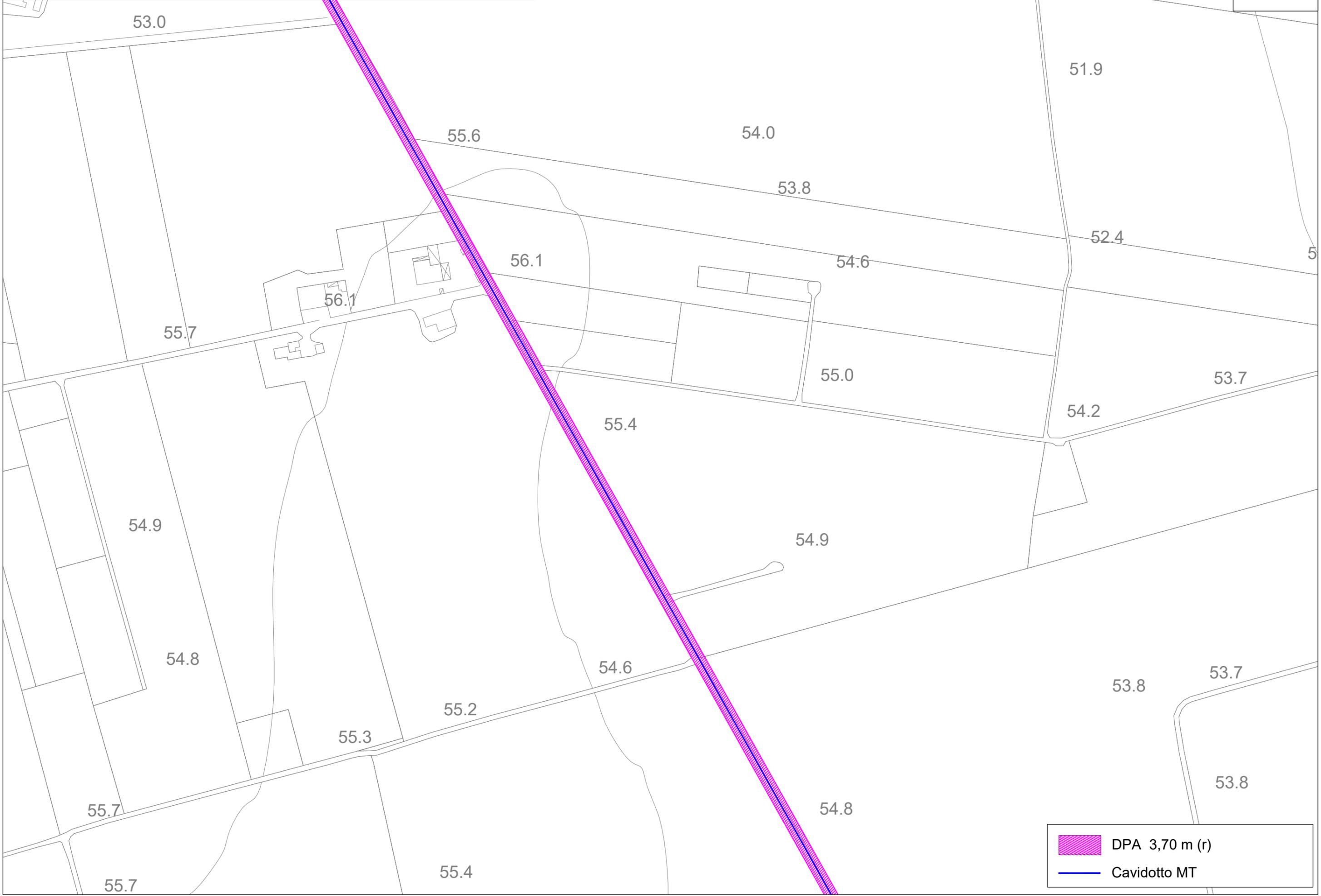


Legend:

-  DPA 3,70 m (r)
-  Cavidotto MT

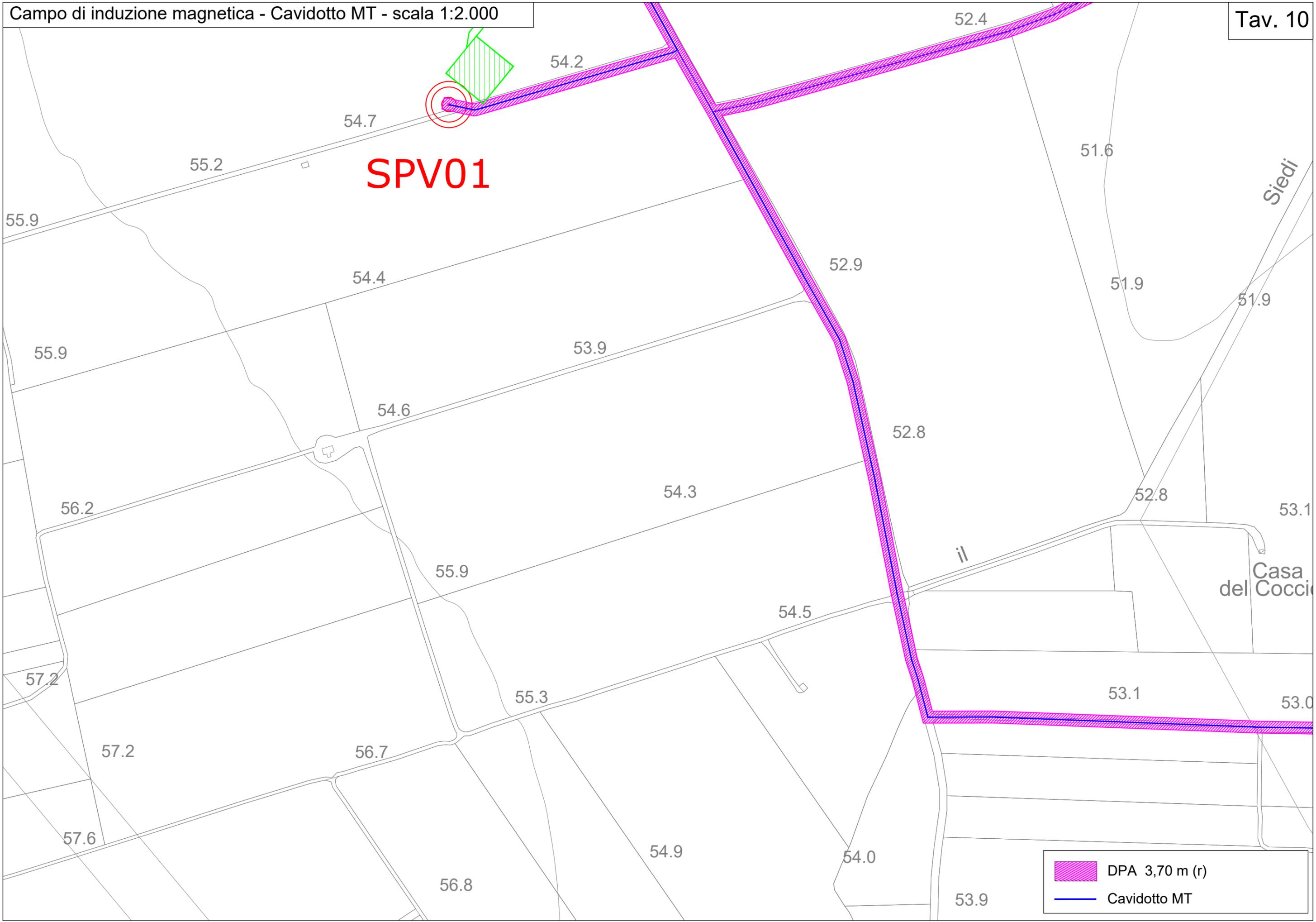
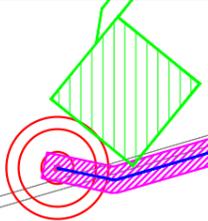


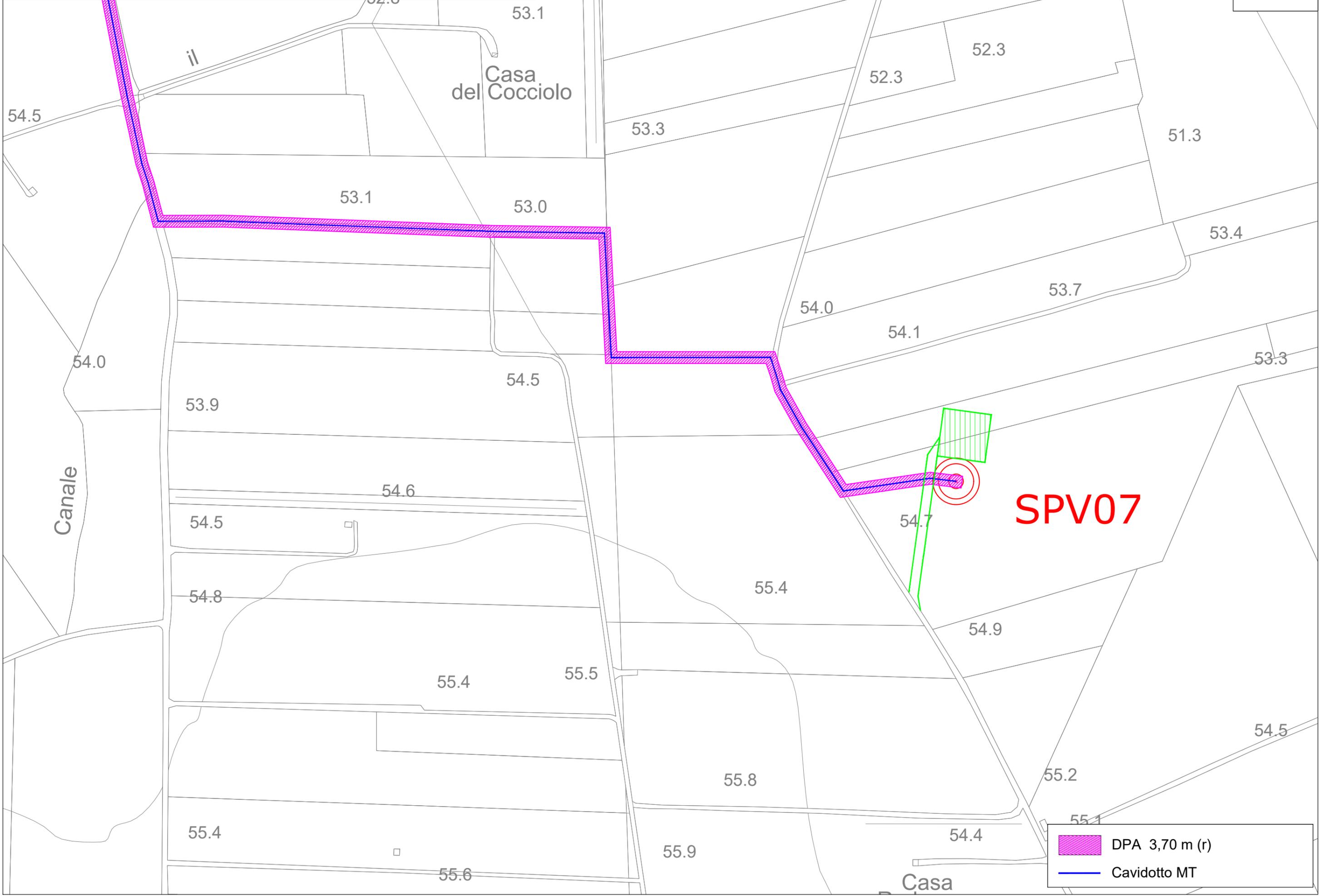




| | |
|---|----------------|
|  | DPA 3,70 m (r) |
|  | Cavidotto MT |

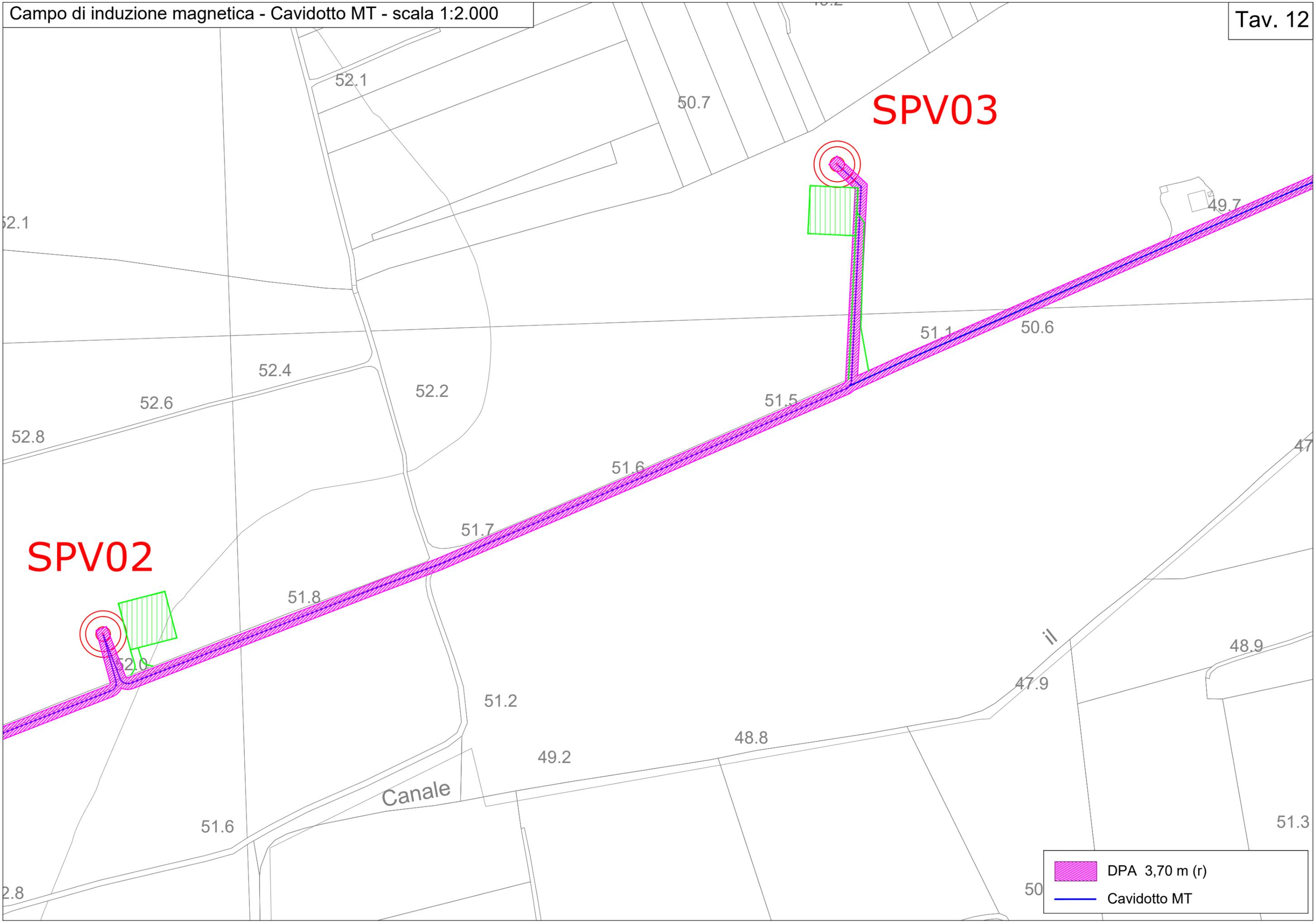
SPV01

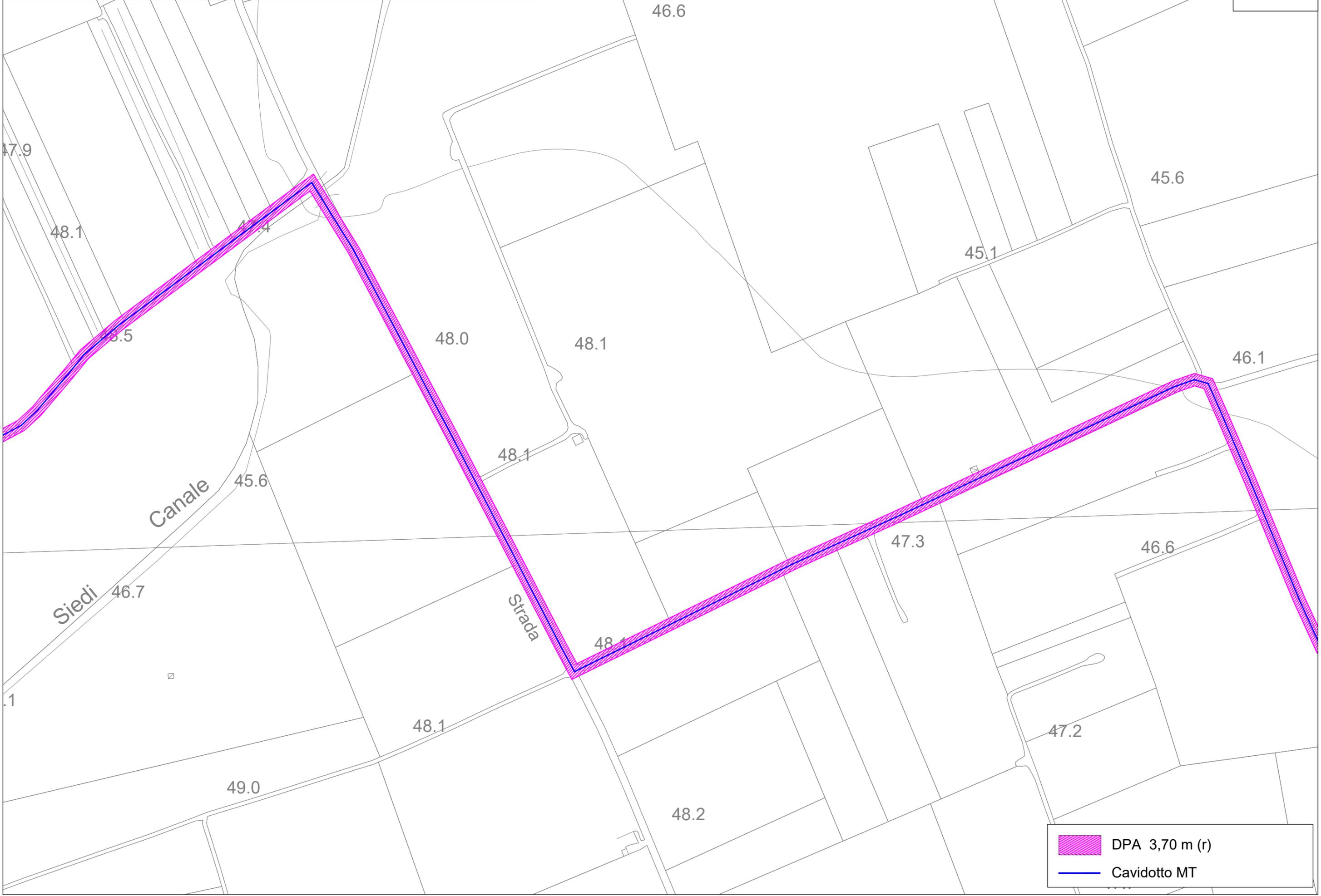


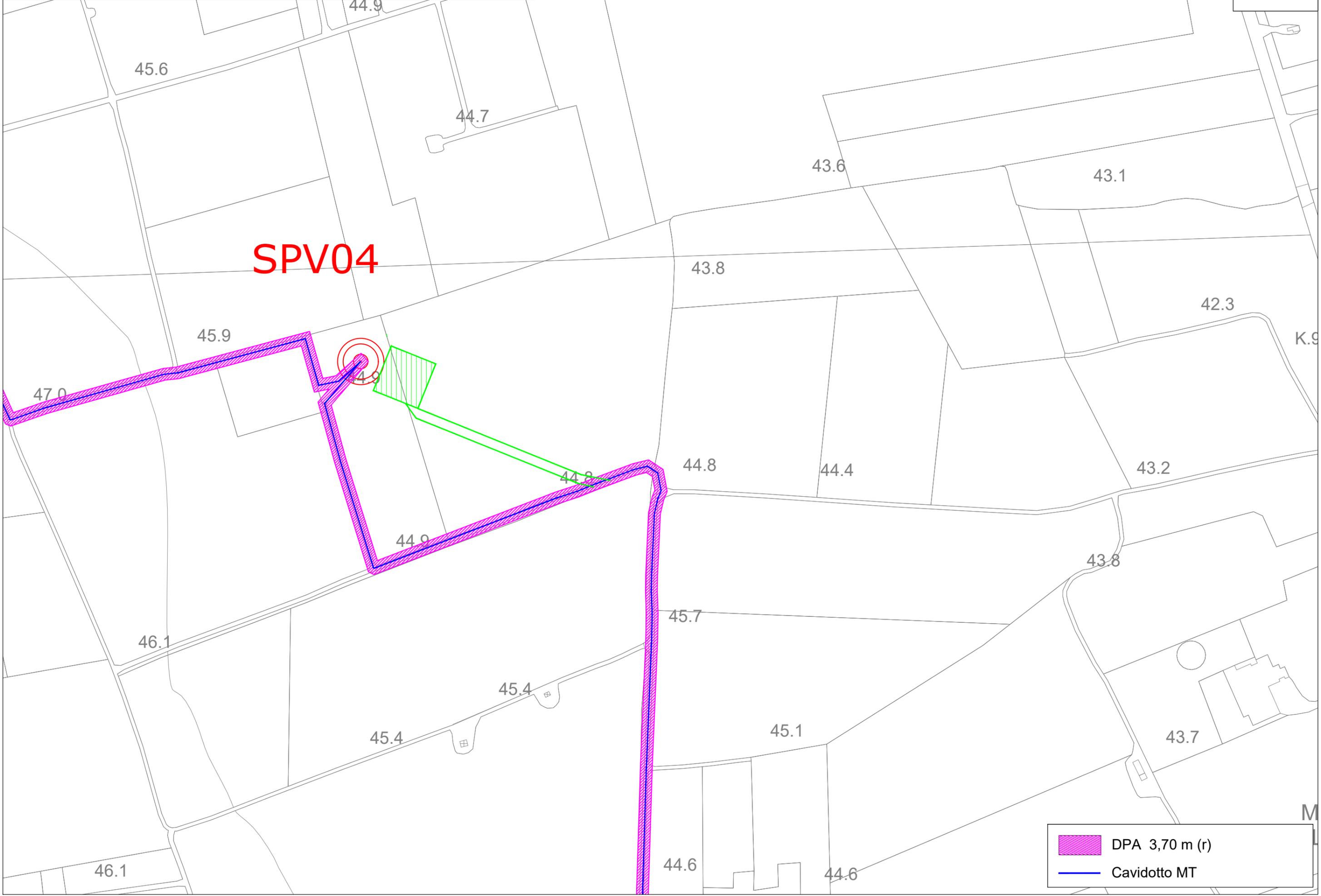


SPV07

| | |
|---|----------------|
|  | DPA 3,70 m (r) |
|  | Cavidotto MT |



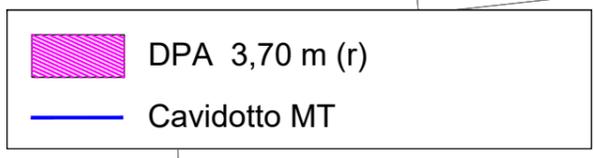
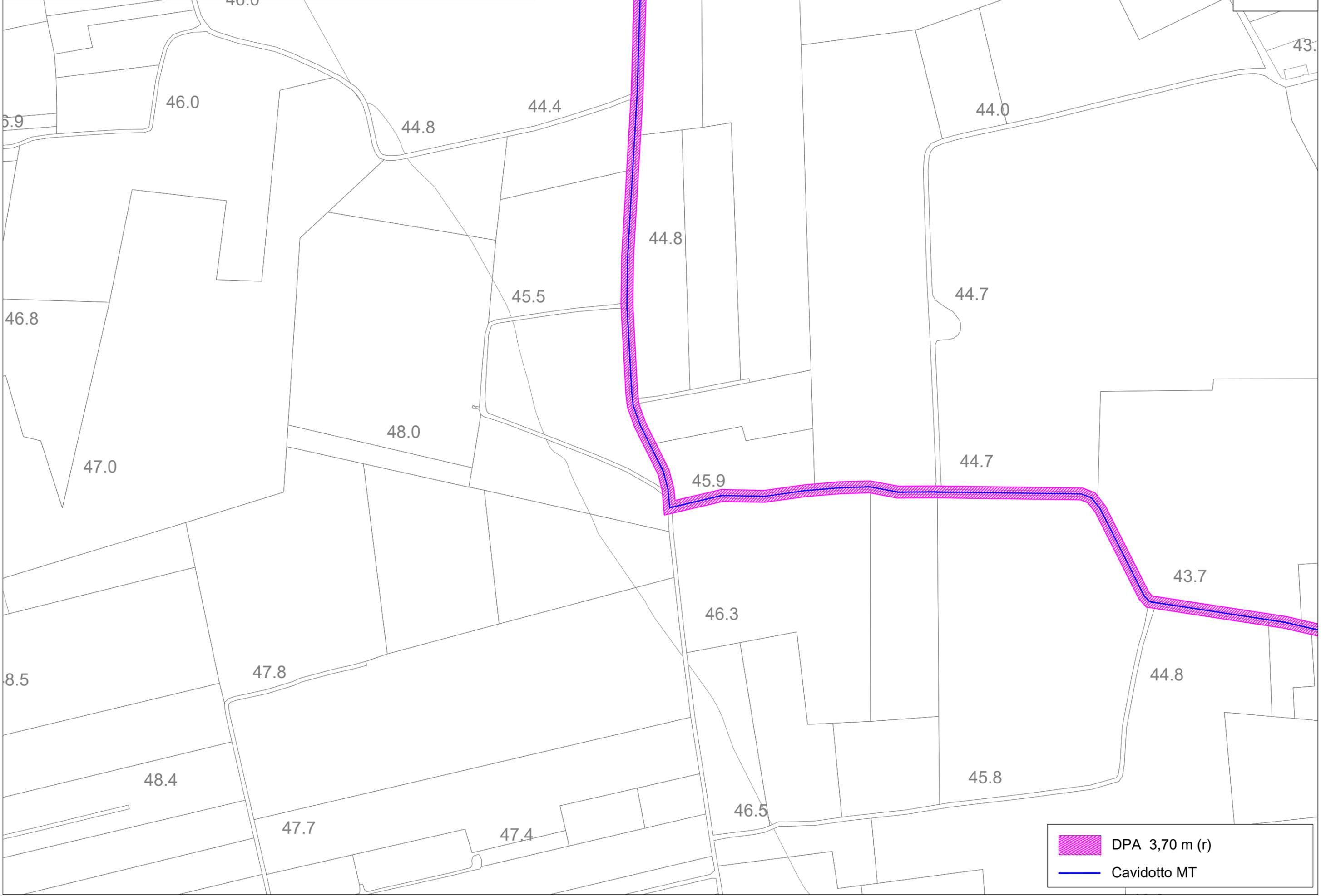




SPV04

Legend:

-  DPA 3,70 m (r)
-  Cavidotto MT





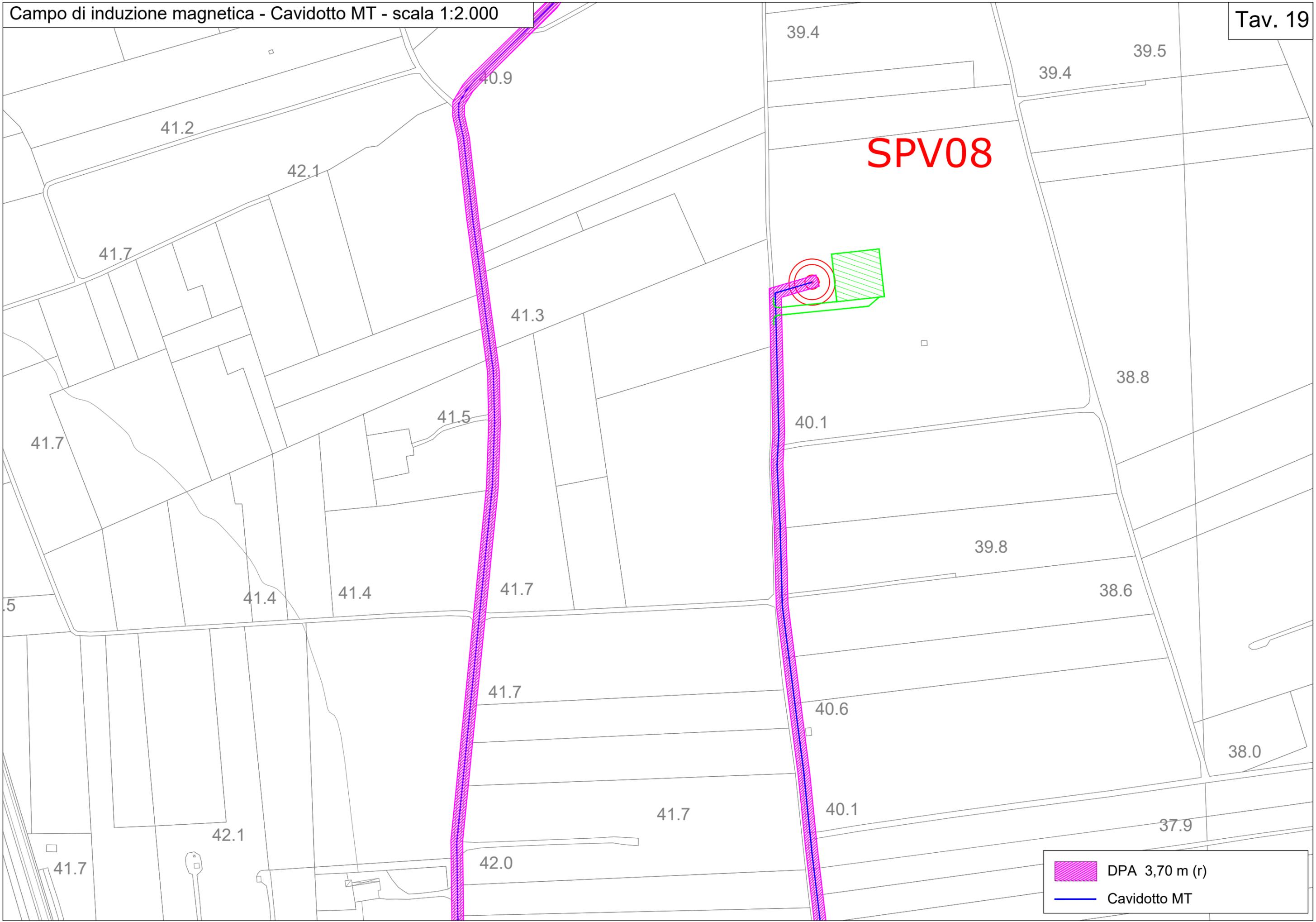
| | |
|---|----------------|
|  | DPA 3,70 m (r) |
|  | Cavidotto MT |



Giardino
Monsignore

SPV10

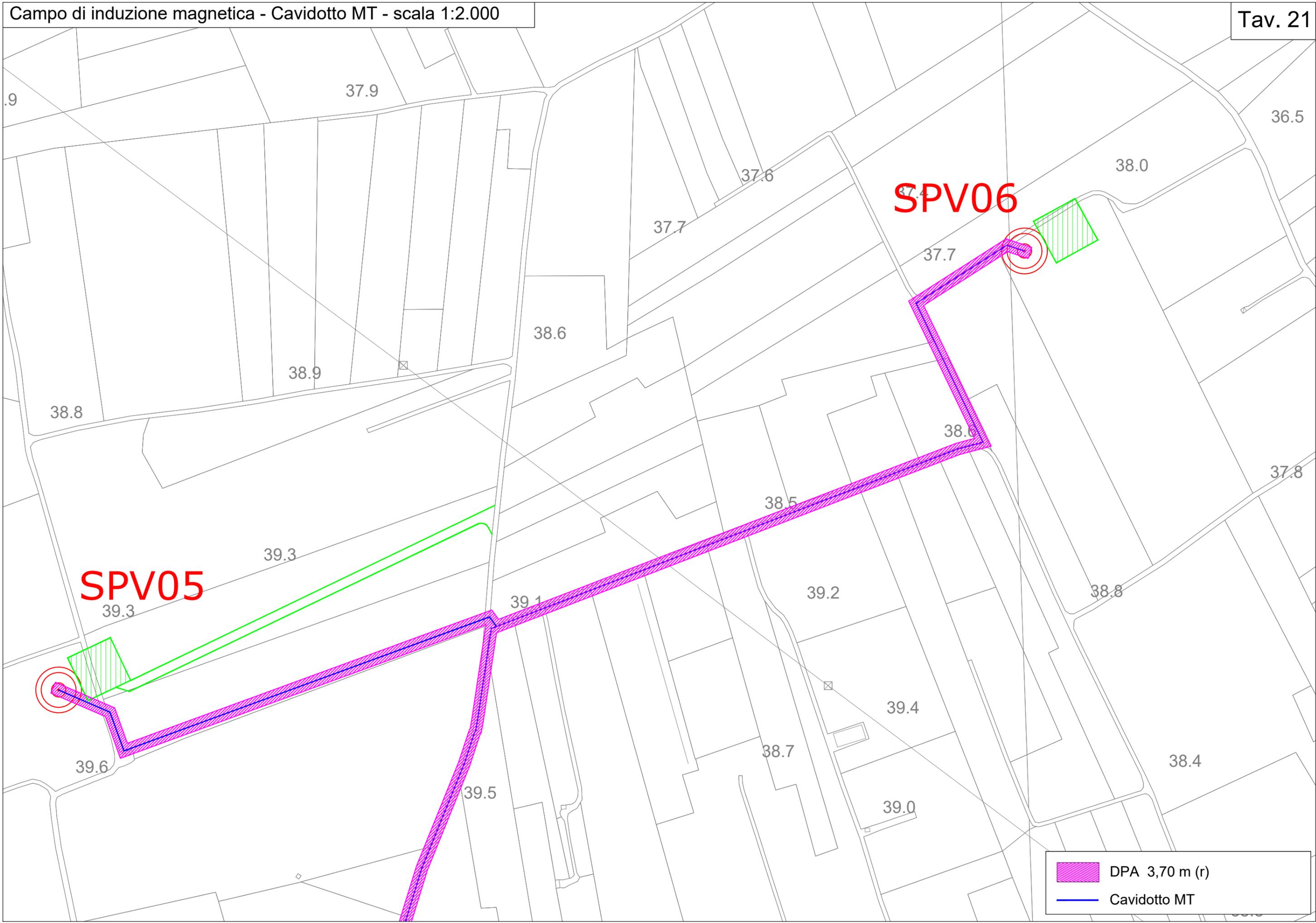




SPV08

 DPA 3,70 m (r)
 Cavidotto MT





SPV05

SPV06

DPA 3,70 m (r)

Cavidotto MT