



REGIONE PUGLIA  
PROVINCIA DI BRINDISI  
COMUNE DI BRINDISI



**PROGETTO RELATIVO ALLA COSTRUZIONE DI UN IMPIANTO  
AGRIVOLTAICO AVENTE POTENZA, IN IMMISSIONE, PARI A 55,86 MW  
E POTENZA MODULI PARI A 68,59 MWp E RELATIVE OPERE DI  
CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA COME INDICATE NELLA  
STMG DI TERNA - IMPIANTO AEPV-C03 UBICATO IN AREA S.I.N. DEL  
COMUNE DI BRINDISI (BR)**

TITOLO:

**Relazione campi elettromagnetici**

CODICE ELABORATO:

**6N97KV3\_DocumentazioneSpecialistica\_11**

SCALA:

-

DATA	MOTIVO REVISIONE	REDATTO	APPROVATO
09.02.2023	ADEGUAMENTO LINEE GUIDA AGRIVOLTAICO MITE	ING. CIRACI'	N/A

PROGETTISTA:

**ING. FRANCESCO CIRACI'**

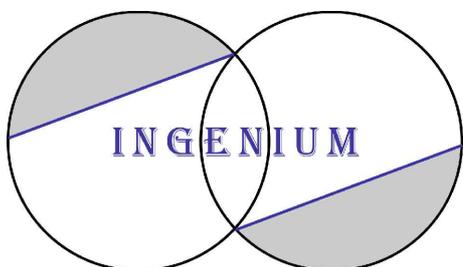


COMMITTENTE:

**BRINDISI SOLAR 3 S.R.L**  
**C.F./P.IVA 02611120748**  
**Città S.VITO DEI NORMANNI CAP 72019**  
**Via Antonio Francavilla, 6**  
**PEC: brindisisolarsrl3@pec.it**



**Brindisi Solar**



**INGENIUM** | Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco,  
Sede legale: San Lorenzo n. 2, Ceglie Messapica (Br), 72013,  
Cell.3382328300,  
Email:ciracifrancesco@gmail.com

## Sommario

<b>1. Premessa</b> .....	3
<b>2. Riferimenti Normativi</b> .....	3
<b>3. Norme Tecniche</b> .....	4
<b>4. Preventivo di connessione Terna</b> .....	6
<b>5. Inquadramento territoriale</b> .....	7
<b>6. Inquadramento Catastale Impianto Agrivoltaico</b> .....	8
<b>7. Inquadramento Catastale cavidotto di connessione in Media tensione</b> .....	11
<b>8. Inquadramento Catastale Sottostazione elettrica</b> .....	18
<b>9. Inquadramento catastale cavidotto di connessione in Alta Tensione</b> .....	18
<b>10. L'elettrodotto in Alta Tensione di collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la stazione di utenza</b> .....	18
<b>10.1 Definizioni di interesse tecnico</b> .....	19
<b>10.2 Caratteristiche Geometriche dell'elettrodotto interrato in Alta Tensione di collegamento tra il campo fotovoltaico e la stazione di futura realizzazione di elevazione di Terna.</b> .....	19
<b>10.3 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto interrato in Alta Tensione di collegamento tra la stazione elettrica di utenza dell'impianto Agrivoltaico e la stazione SE di Terna</b> .....	22
<b>10.4 Caratteristiche del cavo AT</b> .....	25
<b>11. Calcolo della Distanza di prima approssimazione elettrodotto in AT (Dpa)</b> .....	26
<b>12. Cavidotto in Media Tensione</b> .....	31
<b>12.1 Caratteristiche del cavo MT</b> .....	32
<b>13. Calcolo della Distanza di Prima Approssimazione Cavidotto in MT</b> .....	32
<b>14. Calcolo della Distanza di prima approssimazione cabine MT/AT (Dpa)</b> .....	37
<b>15. Calcolo della Distanza di prima approssimazione cabina di raccolta MT (Dpa)</b> .....	37
<b>16. Conclusioni</b> .....	38

<b>INGENIUM</b>   Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco	PROGETTO “AEPV-CO3” Comune di Brindisi (BR) Relazione Campi Elettromagnetici	Brindisi Solar 3 srl
--	---	----------------------

**17. Sicurezza cantieri ..... 39**

## 1. Premessa

Con la presente si relaziona in ordine ai campi elettrici ed elettromagnetici relativi alle opere di connessione dell'impianto agrivoltaico proposto dalla società BRINDISI SOLAR 3 S.r.l., con sede in San Vito dei Normanni (BR) alla Via Antonio Francavilla n° 6, P.IVA e CF: 02611140748. La potenza di picco in corrente continua dell'impianto proposto è di 68,59 Mwp, mentre la potenza di immissione in corrente alternata è pari a 55,86 Mw, come risulta dalla STMG di terna, codice partica n. 201900555.

## 2. Riferimenti Normativi

Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi in conformità ai quali la presente relazione e i relativi allegati tecnici sono stati redatti.

- Regio Decreto 11 dicembre 1933 n° 1775 "Testo Unico delle disposizioni di legge sulle acque e impianti elettrici";
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086. "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Applicazione delle norme sul cemento armato";
- Legge 24 luglio 1990 n° 241, "Norme sul procedimento amministrativo in materia di conferenza dei servizi" come modificato dalla Legge 11 febbraio 2005, n. 15, dal Decreto legge 14 marzo 2005, n. 35 e dalla Legge 2 aprile 2007, n. 40;
- Legge 22 febbraio 2001, n. 36, "Legge quadro sulla protezione dalle esposizioni a campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici";
- DPR 8 giugno 2001 n°327 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di Pubblica Utilità" e smi;
- DPCM 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";
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004 n° 42 "Codice dei Beni Ambientali e del Paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137 ";
- Legge 23 agosto 2004, n. 239 "Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia";
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 dicembre 2005 "Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi

proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42";

- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e ss.mm.ii.;
- Decreto 29 maggio 2008, "Approvazione della metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti";
- PUGLIA, L.R. n. 25/2008, Norme in materia di autorizzazione alla costruzione ed esercizio di linee e impianti elettrici con tensione non superiore a 150.000 volt;
- Decreto del Presidente della Repubblica 13 febbraio 2017, n. 31 Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall'autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata
- Decreto legislativo, 16/06/2017 n° 104, G.U. 06/07/2017;
- Decreto Legge 31 maggio 2021, n.77, decreto semplificazioni;
- DECRETO LEGISLATIVO 8 novembre 2021, n. 199;
- Decreto Legge del 01/03/2022 n. 17;
- LEGGE 27 aprile 2022, n. 34.

### **3. Norme Tecniche**

Di seguito si riportano le norme tecniche in conformità alle quali la presente relazione e i relativi allegati tecnici sono stati redatti.

- CEI 211-6, "Guida per la misura e per la valutazione dei campi elettrici e magnetici nell'intervallo di frequenza 0 Hz - 10 kHz, con riferimento all'esposizione umana", prima edizione, 2001-01
- CEI11-17, "Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica - Linee in cavo", terza edizione, 2006-07
- CEI 211-4, "Guida ai metodi di calcolo dei campi elettrici e magnetici generati da linee elettriche", seconda edizione, 2008-09
- CEI 103-6 "Protezione delle linee di telecomunicazione dagli effetti dell'induzione elettromagnetica provocata dalle linee elettriche vicine in caso di guasto", terza edizione, 1997:12
- CEI 304-1 Interferenza elettromagnetica prodotta da linee elettriche su tubazioni metalliche Identificazione dei rischi e limiti di interferenza;

- CEI 106-11, "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) - Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo", prima edizione, 2006:02
- TERNA Guida agli Schemi di Connessione UXLK401
- CEI 82-25: Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione;
- CEI 0-2: Guida per la definizione della documentazione di progetto per impianti elettrici;
- CEI EN 60529 (CEI 70-1): Gradi di protezione degli involucri (codice IP);
- CEI EN 60555-1 (CEI 77-2): Disturbi nelle reti di alimentazione prodotti da apparecchi elettrodomestici e da equipaggiamenti elettrici simili - Parte 1: Definizioni;
- CEI EN 61000-3-2 (CEI 110-31): Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti – Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso  $\leq 16$  A per fase);
- CEI 13-4: Sistemi di misura dell'energia elettrica - Composizione, precisione e verifica;
- CEI EN 62053-21 (CEI 13-43): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) Prescrizioni particolari - Parte 21: Contatori statici di energia attiva (classe 1 e 2);
- CEI EN 62053-23 (CEI 13-45): Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.): Prescrizioni particolari - Parte 23: Contatori statici di energia reattiva (classe 2 e 3);
- CEI EN 50470-1 (CEI 13-52) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 1: Prescrizioni generali, prove e condizioni di prova - Apparato di misura (indici di classe A, B e C)
- CEI EN 50470-3 (CEI 13-54) Apparat per la misura dell'energia elettrica (c.a.) - Parte 3: Prescrizioni particolari - Contatori statici per energia attiva (indici di classe A, B e C);
- CEI EN 62305 (CEI 81-10): Protezione contro i fulmini, serie;
- CEI 81-3: Valori medi del numero di fulmini a terra per anno e per chilometro quadrato;
- CEI EN 60099-1 (CEI 37-1): Scaricatori - Parte 1: Scaricatori a resistori non lineari con spinterometri per sistemi a corrente alternata;
- CEI EN 60439 (CEI 17-13): Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT), serie;
- CEI 20-19: Cavi isolati con gomma con tensione nominale non superiore a 450/750 V;
- CEI 20-20: Cavi isolati con polivinilcloruro con tensione nominale non superiore a 450/750 V;

<b>INGENIUM</b>   Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco	PROGETTO “AEPV-CO3” Comune di Brindisi (BR) Relazione Campi Elettromagnetici	Brindisi Solar 3 srl
--	---	----------------------

- CEI 20-91 Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1 000 V in corrente alternata e 1 500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI EN 61215 (CEI 82-8): Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri;
- CEI EN 61730-1 (CEI 82-27) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 1:
- CEI EN 61730-2 (CEI 82-28) Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) - Parte 2:
- CEI EN 60904: Dispositivi fotovoltaici – Serie;
- CEI EN 50380 (CEI 82-22): Fogli informativi e dati di targa per moduli fotovoltaici;
- CEI EN 50521 (CEI 82-31) Connettori per sistemi fotovoltaici - Prescrizioni di sicurezza e prove;
- CEI EN 50524 (CEI 82-34) Fogli informativi e dati di targa dei convertitori fotovoltaici;
- CEI EN 50530 (CEI 82-35) Rendimento globale degli inverter per impianti fotovoltaici collegati alla rete elettrica;
- TERNA Guida agli Schemi di Connessione UXLK401

#### **4. Preventivo di connessione Terna**

La società Terna gestore della rete di trasmissione nazionale di energia elettrica ha emesso con codice partica n. 201900555 il preventivo per la connessione relativo all’impianto agrivoltaico di cui trattasi, redatto secondo quanto previsto dalla normativa vigente e dal capitolo 1 del Codice di trasmissione, dispacciamento, sviluppo e sicurezza della rete e ai suoi allegati. Detto preventivo prevede la seguente soluzione tecnica minima generale STMG.

La Soluzione Tecnica Minima Generale elaborata prevede che l’impianto agrivoltaico venga collegata in antenna a 150 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) a 380/150 kV denominata “Brindisi Sud”.

Il nuovo elettrodotto in antenna a 150 kV per il collegamento dell’impianto agrivoltaico sulla Stazione Elettrica della RTN, ai sensi dell’art. 21 dell’allegato A alla deliberazione Arg/elt/99/08 e s.m.i. dell’Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente, costituisce impianto di utenza

<b>INGENIUM</b>   Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco	PROGETTO “AEPV-CO3” Comune di Brindisi (BR) Relazione Campi Elettromagnetici	Brindisi Solar 3 srl
--	---	----------------------

per la connessione, mentre lo stallo arrivo produttore a 150 kV nella suddetta stazione costituisce impianto di rete per la connessione.

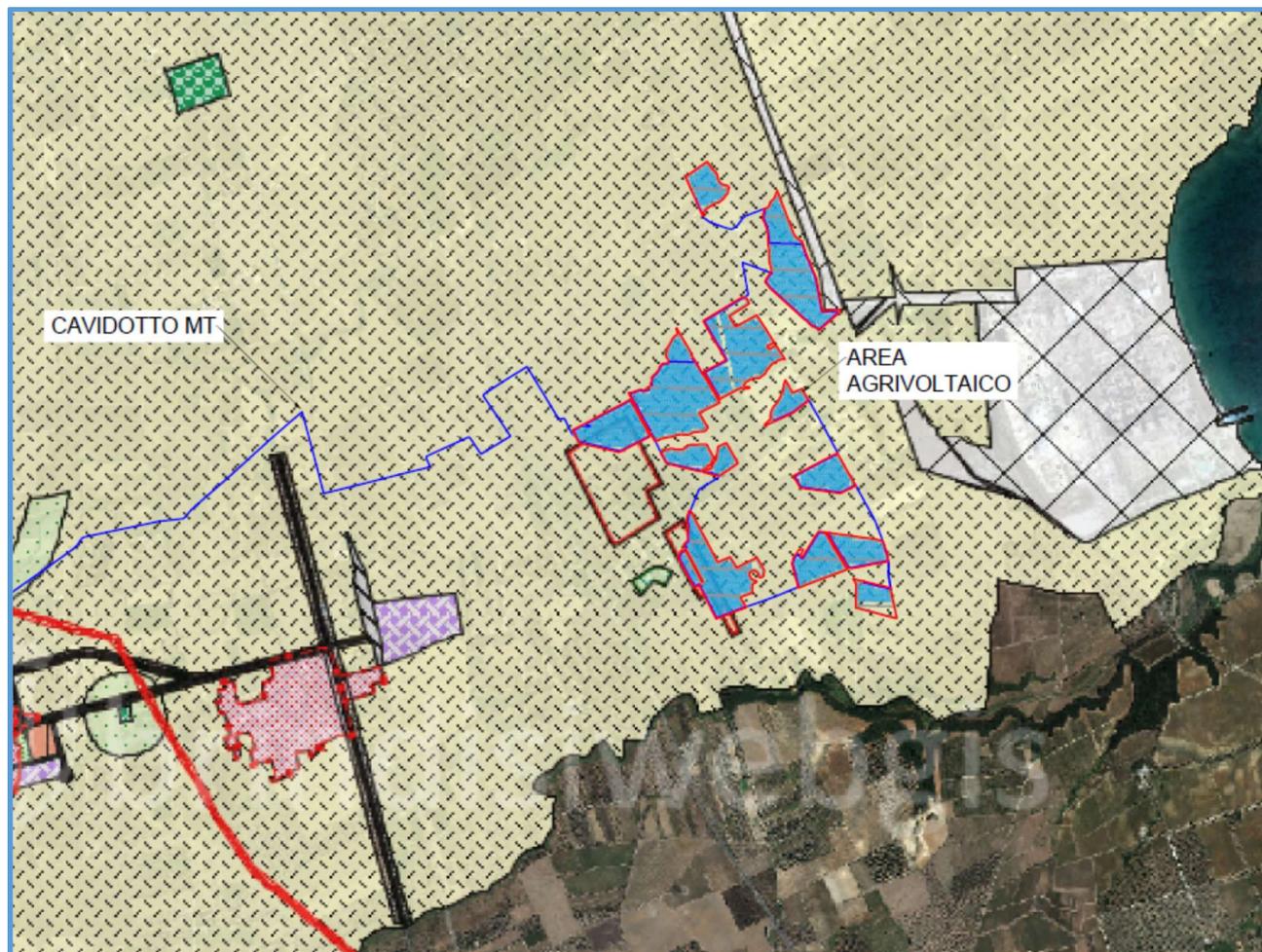
Per il collegamento in antenna della potenza elettrica prodotta dall'impianto agrivoltaico alla (SE) a 380/150 kV, il proponente tramite altra società di ingegneria (MAYA ENGINEERING SRLS) ha progettato le opere necessarie, detto progetto è stato già valutato e benestariato da TERNA, con nota PEC del 18.11.2021.

Nello specifico sono state progettate e sottoposte al benestare di TERNA:

- la nuova sottostazione utente ubicata nelle vicinanze della SE Brindisi “SUD”;
- l'elettrodotto AT da realizzarsi in posa interrata tra la sottostazione utente e la stazione TERNA(SE) a 380/150.

## 5. Inquadramento territoriale

L'intero intervento proposto insiste sul Sito di Interesse Nazionale per le Bonifiche (SIN) di Brindisi, che ha un'estensione complessiva di aree private pari a circa 21 kmq e pubbliche di circa 93 kmq, e si affaccia sul settore meridionale del Mar Adriatico con uno sviluppo costiero di circa 30 km. Nello specifico l'area interessata dal progetto è situata alla contrada Cerano, ad EST della centrale termoelettrica Federico II, ha un'estensione di circa 160,0 ettari, di cui solo 119,2 ettari sono stati impegnati per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico, in quanto il resto delle aree (40,8 ha) nella disponibilità del proponente sono interessate da Vincoli PPTR, da alvei attivi, e da servitù di elettrodotto e stradale. L'area di intervento è idonea ad ospitare impianti F.E.R. (e, per quanto di interesse, impianti fotovoltaici) ai sensi dell'art. 20, comma 8, del D.Lgs. 8.11.2021, n. 199 che qualifica come aree idonee allo specifico fine i siti di interesse nazionale. L'estensione dell'area è adeguata all'installazione del campo agrivoltaico proposto della potenza di picco, in corrente continua, di 68,59 Mwp, e di 55,86 Mw di immissione restando inoltre disponibili aree sufficienti per la viabilità interna, le opere accessorie e le opere di mitigazione. Dall'immagine sotto riportata si osserva che tutte le aree impegnate dall'impianto Agrivoltaico sono tipicizzate agricole dal PRG di Brindisi. A ovest dello stesso è situata la centrale ENEL Federico II di Brindisi.



## 6. Inquadramento Catastale Impianto Agrivoltaico

La tabella sotto riportata qualifica le aree sulle quali insiste il progetto in termini catastali.

Foglio Catastale	Particella	Area Particella mq	Area non utilizzata mq	Area di impianto e mitigazione mq	Percentuale della particella utilizzata	Sub Impianto
155	20	51537,05	7590,029	43947,021	85,27%	C3.1
155	68	30650,06	24768,32	5881,744	19,19%	C3.1
155	15	54983,01	49530,21	5452,803	9,92%	C3.2
155	72	3090,42	0	3090,42	100,00%	C3.2
155	75	115100,2	2355,259	112744,961	97,95%	C3.2
155	76	35833,71	34853,18	980,535	2,74%	C3.2
155	87	108456,4	44828,99	63627,397	58,67%	C3.2
169	2	18003,82	5352,176	12651,644	70,27%	C3.3
169	59	10439,48	0	10439,48	100,00%	C3.3
169	72	15439,9	12068,87	3371,028	21,83%	C3.3
169	82	3460,27	184,213	3276,057	94,68%	C3.3

Foglio Catastale	Particella	Area Particella mq	Area non utilizzata mq	Area di impianto e mitigazione mq	Percentuale della particella utilizzata	Sub Impianto
169	83	33818,77	0	33818,77	100,00%	C3.3
169	90	12714,99	6274,438	6440,552	50,65%	C3.3
169	91	5797,12	3157,26	2639,86	45,54%	C3.3
169	138	46994,4	0	46994,4	100,00%	C3.3
169	211	6151,63	4519,874	1631,756	26,53%	C3.3
169	276	12422,98	0	12422,98	100,00%	C3.3
169	385	7856,1	872,592	6983,508	88,89%	C3.3
169	386	12451,58	2707,326	9744,254	78,26%	C3.3
169	387	6715,97	2503,375	4212,595	62,73%	C3.3
169	390	14763,35	0	14763,35	100,00%	C3.3
169	422	45943,69	5714,243	40229,447	87,56%	C3.3
169	1	22631,81	0	22631,81	100,00%	C3.4
170	129	11618,34	10398,17	1220,17	10,50%	C3.4
170	209	11257,06	0	11257,06	100,00%	C3.4
170	210	6896,09	0	6896,09	100,00%	C3.4
170	211	6463,34	0	6463,34	100,00%	C3.4
170	212	6610,84	0	6610,84	100,00%	C3.4
170	213	6198,68	0	6198,68	100,00%	C3.4
170	214	1801,18	293,991	1507,189	83,68%	C3.4
170	217	12991,53	0	12991,53	100,00%	C3.4
170	218	13379,12	1527,193	11851,927	88,59%	C3.4
170	219	4171,1	2396,432	1774,668	42,55%	C3.4
170	222	22696,15	2058,53	20637,62	90,93%	C3.4
170	223	10090,06	6381,297	3708,763	36,76%	C3.4
170	226	36535,44	1575,013	34960,427	95,69%	C3.4
170	229	7439,12	1429,182	6009,938	80,79%	C3.4
169	280	10608,5	0	10608,5	100,00%	C3.4
170	278	6933,52	0	6933,52	100,00%	C3.4
170	277 (280)	3139,85	0	3139,85	100,00%	C3.4
170	163	16058,98	1250	14808,98	92,22%	C3.5
170	255	17873,54	1200	16673,54	93,29%	C3.5
169	37	37596,21	6150	31424,058	83,58%	C3.6
169	38	702,48	155	547,48	77,94%	C3.6
169	70	7699,14	3950	3749,14	48,70%	C3.6
169	87	15550,73	13250	1995,858	12,83%	C3.6
169	196	8952,99	5975	2977,284	33,25%	C3.6
169	220	6075,82	1360	4715,82	77,62%	C3.7
169	221	18621,78	1780	16841,78	90,44%	C3.7
169	275	4412,1	3489,854	922,246	20,90%	C3.7
170	66	20110	0	20110	100,00%	C3.8
170	67	20223,4	813	19410,4	95,98%	C3.8
170	68	20143	5732	14411	71,54%	C3.8
170	69	19668	12795	6873	34,95%	C3.8

Foglio Catastale	Particella	Area Particella mq	Area non utilizzata mq	Area di impianto e mitigazione mq	Percentuale della particella utilizzata	Sub Impianto
169	13	7607	6307	1300	17,09%	C3.9
169	19	3970	101	3869	97,46%	C3.9
169	20	3474	72	3402	97,93%	C3.9
169	21	5459	110	5349	97,98%	C3.9
169	22	8471	530	7941	93,74%	C3.9
169	23	6153	195	5958	96,83%	C3.9
169	24	9448	210	9238	97,78%	C3.9
169	25	5270	175	5095	96,68%	C3.9
169	27	8286	186	8100	97,76%	C3.9
169	28	4129	75	4054	98,18%	C3.9
169	29	3277	150	3127	95,42%	C3.9
169	52	6527	680	5847	89,58%	C3.9
169	78	4469	135	4334	96,98%	C3.9
169	99	1476	145	1331	90,18%	C3.9
169	355	3224	650	2574	79,84%	C3.9
170	34	7980,67	4854,892	3125,778	39,17%	C3.10
170	35	11999,83	1181,827	10818,003	90,15%	C3.10
170	36	16758,8	0	16758,8	100,00%	C3.10
170	37	7684,49	0	7684,49	100,00%	C3.10
170	38	7178,53	544,218	6634,312	92,42%	C3.10
170	39	5998,53	1140,844	4857,686	80,98%	C3.10
170	40	7746,58	3215,205	4531,375	58,50%	C3.10
170	41	5857,92	3403,923	2453,997	41,89%	C3.10
170	42	6337,35	5284,242	1053,108	16,62%	C3.10
170	45	15751,44	602,384	15149,056	96,18%	C3.11
170	46	5081,27	161,606	4919,664	96,82%	C3.11
170	47	5365,08	145,878	5219,202	97,28%	C3.11
170	48	10078,65	241,806	9836,844	97,60%	C3.11
170	49	9930,4	228,192	9702,208	97,70%	C3.11
170	50	9699,89	9189,656	510,234	5,26%	C3.11
169	44	8207,53	203,8891	8003,64086	97,52%	C3.12
169	45	6231,55	152,6138	6078,93622	97,55%	C3.12
169	46	12058,93	311,0475	11747,8825	97,42%	C3.12
169	47	3600,72	160,7787	3439,9413	95,53%	C3.12
169	143	11290,49	0	11290,49	100,00%	C3.12
169	144	15663,17	449,6299	15213,5401	97,13%	C3.12
169	325	5508,15	3325	2183,15	39,63%	C3.12
169	327	63013,29	13003	50010,29	79,36%	C3.12
169	371	5320,77	1485	3835,77	72,09%	C3.12
169	382	71806,3	27436	44370,3	61,79%	C3.12
169	268	5114,37	220,7834	4893,5866	95,68%	C3.13
169	269	4855,09	186,6486	4668,44135	96,16%	C3.13
169	270	6341,67	248,7472	6092,92281	96,08%	C3.13

Foglio Catastale	Particella	Area Particella mq	Area non utilizzata mq	Area di impianto e mitigazione mq	Percentuale della particella utilizzata	Sub Impianto
169	62	50349,64	980,0012	49369,6388	98,05%	C3.13
169	252	280,2	0	280,2	100,00%	C3.13
169	253	320,54	0	320,54	100,00%	C3.13
169	254	391,65	0	391,65	100,00%	C3.13
169	261	6618,65	183,8536	6434,79637	97,22%	C3.13
169	262	5394,52	175,8216	5218,69842	96,74%	C3.13
169	321	35967,29	18086,1	17881,1925	49,72%	C3.13

## 7. Inquadramento Catastale cavidotto di connessione in Media tensione

Id	Comune	Foglio	Particella	PARTE D'OPERA
1	Brindisi	170	33	Cavidotto MT
2	Brindisi	170	127	Cavidotto MT
3	Brindisi	170	43	Cavidotto MT
4	Brindisi	170	44	Cavidotto MT
5	Brindisi	170	234	Cavidotto MT
6	Brindisi	170	238	Cavidotto MT
7	Brindisi	170	203	Cavidotto MT
8	Brindisi	170	205	Cavidotto MT
9	Brindisi	170	207	Cavidotto MT
10	Brindisi	170	136	Cavidotto MT
11	Brindisi	170	176	Cavidotto MT
12	Brindisi	170	175	Cavidotto MT
13	Brindisi	170	65	Cavidotto MT
14	Brindisi	169	405	Cavidotto MT
15	Brindisi	169	307	Cavidotto MT
16	Brindisi	169	271	Cavidotto MT
17	Brindisi	169	350	Cavidotto MT
18	Brindisi	169	349	Cavidotto MT
19	Brindisi	154	197	Cavidotto MT

<b>Id</b>	<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>PARTE D'OPERA</b>
20	Brindisi	154	196	Cavidotto MT
21	Brindisi	154	147	Cavidotto MT
22	Brindisi	154	146	Cavidotto MT
23	Brindisi	154	145	Cavidotto MT
24	Brindisi	154	144	Cavidotto MT
25	Brindisi	154	143	Cavidotto MT
26	Brindisi	154	108	Cavidotto MT
27	Brindisi	154	342	Cavidotto MT
28	Brindisi	154	445	Cavidotto MT
29	Brindisi	154	446	Cavidotto MT
30	Brindisi	154	447	Cavidotto MT
31	Brindisi	154	448	Cavidotto MT
32	Brindisi	154	449	Cavidotto MT
33	Brindisi	154	456	Cavidotto MT
34	Brindisi	154	458	Cavidotto MT
35	Brindisi	154	463	Cavidotto MT
36	Brindisi	154	462	Cavidotto MT
37	Brindisi	154	484	Cavidotto MT
38	Brindisi	154	461	Cavidotto MT
39	Brindisi	154	460	Cavidotto MT
40	Brindisi	154	472	Cavidotto MT
41	Brindisi	154	479	Cavidotto MT
42	Brindisi	154	630	Cavidotto MT
43	Brindisi	154	638	Cavidotto MT
44	Brindisi	154	636	Cavidotto MT
45	Brindisi	154	637	Cavidotto MT
46	Brindisi	154	634	Cavidotto MT
47	Brindisi	154	112	Cavidotto MT
48	Brindisi	154	517	Cavidotto MT

<b>Id</b>	<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>PARTE D'OPERA</b>
49	Brindisi	154	573	Cavidotto MT
50	Brindisi	154	574	Cavidotto MT
51	Brindisi	163	1191	Cavidotto MT
52	Brindisi	163	1190	Cavidotto MT
53	Brindisi	163	1338	Cavidotto MT
54	Brindisi	163	1077	Cavidotto MT
55	Brindisi	163	1336	Cavidotto MT
56	Brindisi	163	1078	Cavidotto MT
57	Brindisi	163	1335	Cavidotto MT
58	Brindisi	163	339	Cavidotto MT
59	Brindisi	163	338	Cavidotto MT
60	Brindisi	163	73	Cavidotto MT
61	Brindisi	163	6	Cavidotto MT
62	Brindisi	163	409	Cavidotto MT
63	Brindisi	163	470	Cavidotto MT
64	Brindisi	163	468	Cavidotto MT
65	Brindisi	163	45	Cavidotto MT
66	Brindisi	163	916	Cavidotto MT
67	Brindisi	163	915	Cavidotto MT
68	Brindisi	163	914	Cavidotto MT
69	Brindisi	163	562	Cavidotto MT
70	Brindisi	163	1328	Cavidotto MT
71	Brindisi	163	1327	Cavidotto MT
72	Brindisi	163	912	Cavidotto MT
73	Brindisi	163	911	Cavidotto MT
74	Brindisi	163	1496	Cavidotto MT
75	Brindisi	163	1495	Cavidotto MT
76	Brindisi	163	1046	Cavidotto MT
77	Brindisi	163	887	Cavidotto MT

<b>Id</b>	<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>PARTE D'OPERA</b>
78	Brindisi	163	1449	Cavidotto MT
79	Brindisi	163	1448	Cavidotto MT
80	Brindisi	163	1129	Cavidotto MT
81	Brindisi	163	1128	Cavidotto MT
82	Brindisi	163	1490	Cavidotto MT
83	Brindisi	163	1489	Cavidotto MT
84	Brindisi	163	1175	Cavidotto MT
85	Brindisi	163	622	Cavidotto MT
86	Brindisi	163	615	Cavidotto MT
87	Brindisi	163	481	Cavidotto MT
88	Brindisi	163	480	Cavidotto MT
89	Brindisi	163	479	Cavidotto MT
90	Brindisi	163	1363	Cavidotto MT
91	Brindisi	163	1360	Cavidotto MT
92	Brindisi	163	1357	Cavidotto MT
93	Brindisi	163	1354	Cavidotto MT
94	Brindisi	163	1351	Cavidotto MT
95	Brindisi	163	1352	Cavidotto MT
96	Brindisi	163	1353	Cavidotto MT
97	Brindisi	163	572	Cavidotto MT
98	Brindisi	163	473	Cavidotto MT
99	Brindisi	163	416	Cavidotto MT
100	Brindisi	163	747	Cavidotto MT
101	Brindisi	163	915	Cavidotto MT
102	Brindisi	163	88	Cavidotto MT
103	Brindisi	163	86	Cavidotto MT
104	Brindisi	163	183	Cavidotto MT
105	Brindisi	163	206	Cavidotto MT
106	Brindisi	163	204	Cavidotto MT

<b>Id</b>	<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>PARTE D'OPERA</b>
107	Brindisi	163	84	Cavidotto MT
108	Brindisi	163	828	Cavidotto MT
109	Brindisi	163	827	Cavidotto MT
110	Brindisi	163	82	Cavidotto MT
111	Brindisi	163	181	Cavidotto MT
112	Brindisi	163	80	Cavidotto MT
113	Brindisi	163	169	Cavidotto MT
114	Brindisi	163	78	Cavidotto MT
115	Brindisi	163	192	Cavidotto MT
116	Brindisi	163	745	Cavidotto MT
117	Brindisi	163	744	Cavidotto MT
118	Brindisi	163	226	Cavidotto MT
119	Brindisi	162	110	Cavidotto MT
120	Brindisi	162	243	Cavidotto MT
121	Brindisi	162	485	Cavidotto MT
122	Brindisi	162	484	Cavidotto MT
123	Brindisi	162	483	Cavidotto MT
124	Brindisi	162	482	Cavidotto MT
125	Brindisi	162	206	Cavidotto MT
126	Brindisi	162	234	Cavidotto MT
127	Brindisi	162	233	Cavidotto MT
128	Brindisi	162	232	Cavidotto MT
129	Brindisi	162	230	Cavidotto MT
130	Brindisi	162	108	Cavidotto MT
131	Brindisi	162	696	Cavidotto MT
132	Brindisi	162	113	Cavidotto MT
133	Brindisi	162	746	Cavidotto MT
134	Brindisi	162	750	Cavidotto MT
135	Brindisi	162	748	Cavidotto MT

<b>Id</b>	<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>PARTE D'OPERA</b>
136	Brindisi	162	175	Cavidotto MT
137	Brindisi	162	848	Cavidotto MT
138	Brindisi	162	846	Cavidotto MT
139	Brindisi	162	654	Cavidotto MT
140	Brindisi	162	844	Cavidotto MT
141	Brindisi	162	842	Cavidotto MT
142	Brindisi	162	840	Cavidotto MT
143	Brindisi	162	298	Cavidotto MT
144	Brindisi	162	727	Cavidotto MT
145	Brindisi	162	728	Cavidotto MT
146	Brindisi	162	169	Cavidotto MT
147	Brindisi	162	168	Cavidotto MT
148	Brindisi	162	726	Cavidotto MT
149	Brindisi	162	724	Cavidotto MT
150	Brindisi	162	722	Cavidotto MT
151	Brindisi	162	720	Cavidotto MT
152	Brindisi	162	718	Cavidotto MT
153	Brindisi	162	716	Cavidotto MT
154	Brindisi	162	714	Cavidotto MT
155	Brindisi	159	179	Cavidotto MT
156	Brindisi	159	177	Cavidotto MT
157	Brindisi	159	175	Cavidotto MT
158	Brindisi	159	101	Cavidotto MT
159	Brindisi	159	43	Cavidotto MT
160	Brindisi	159	42	Cavidotto MT
161	Brindisi	159	41	Cavidotto MT
162	Brindisi	159	173	Cavidotto MT
163	Brindisi	159	169	Cavidotto MT

<b>Id</b>	<b>Comune</b>	<b>Foglio</b>	<b>Particella</b>	<b>PARTE D'OPERA</b>
164	Brindisi	159	182	Cavidotto MT
165	Brindisi	159	167	Cavidotto MT
166	Brindisi	159	35	Cavidotto MT
167	Brindisi	159	164	Cavidotto MT
168	Brindisi	159	165	Cavidotto MT
169	Brindisi	159	162	Cavidotto MT
170	Brindisi	159	161	Cavidotto MT
171	Brindisi	158	286	Cavidotto MT
172	Brindisi	178	532	Cavidotto MT
173	Brindisi	178	531	Cavidotto MT
174	Brindisi	178	326	Cavidotto MT
175	Brindisi	178	523	Cavidotto MT
176	Brindisi	178	521	Cavidotto MT
177	Brindisi	178	519	Cavidotto MT
178	Brindisi	158	206	Cavidotto MT
179	Brindisi	158	207	Cavidotto MT
180	Brindisi	158	196	Cavidotto MT
181	Brindisi	158	197	Cavidotto MT
182	Brindisi	158	195	Cavidotto MT
183	Brindisi	158	123	Cavidotto MT
184	Brindisi	158	133	Cavidotto MT
185	Brindisi	158	100	Cavidotto MT
186	Brindisi	158	18	Cavidotto MT
187	Brindisi	177	464	Cavidotto MT
188	Brindisi	177	465	Cavidotto MT
189	Brindisi	177	24	Cavidotto MT
190	Brindisi	177	25	Cavidotto MT
191	Brindisi	177	72	Cavidotto MT
192	Brindisi	177	72	Cavidotto AT

<b>INGENIUM</b>   Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco	PROGETTO “AEPV-CO3” Comune di Brindisi (BR) Relazione Campi Elettromagnetici	Brindisi Solar 3 srl
--	---	----------------------

Id	Comune	Foglio	Particella	PARTE D'OPERA
193	Brindisi	177	25	Cavidotto AT
194	Brindisi	177	22	Cavidotto AT
195	Brindisi	177	415	Cavidotto AT
196	Brindisi	177	342	Cavidotto AT
197	Brindisi	177	344	Cavidotto AT
198	Brindisi	177	346	Cavidotto AT
199	Brindisi	177	348	Cavidotto AT
200	Brindisi	177	350	Cavidotto AT

## 8. Inquadramento Catastale Sottostazione elettrica

La Sottostazione elettrica AT/MT, già benestariata da TERNA è ubicata nel Comune di Brindisi al foglio n. 177 particelle 19, 140, Coordinate geografiche WGS84: Lat: 40.54248°; Lon: 17.910048°. Essa sarà collegata in antenna a 150 kV sulla Stazione Elettrica (SE) di smistamento denominata "Brindisi Cerrito", con cavidotto interrato in alta tensione a 150 kv.

## 9. Inquadramento catastale cavidotto di connessione in Alta Tensione

Il cavidotto in alta tensione di collegamento della sottostazione elettrica di utenza (stazione di elevazione MT/AT potenza derivante dall'impianto Agrivoltaico), è ubicato nel Comune di Brindisi ed insite sul foglio catastale n.177, particelle nn. 72, 25, 22, 415, 342, 344, 346, 348, 350.

## 10. L'elettrodotto in Alta Tensione di collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la stazione di utenza

Come già riportato nel paragrafo “Preventivo di Connessione” della presente, la connessione tra l'impianto fotovoltaico e la stazione S.E. 380/150 kV di TERNA avverrà tramite elettrodotto a 150 kv, pertanto definito nella prassi tecnica elettrodotto ad Alta Tensione.

Le norme CEI 0-16 e CEI 0-21, hanno uniformato in tutto il territorio le modalità operative adottate dai distributori. In linea con il costante sforzo di aggiornamento e adeguamento all'evoluzione tecnologica, il CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) ha pubblicato la variante V2 alla Norma CEI

0-16 e la nuova edizione della Norma CEI 0-21, norme che introducono alcune novità alla regola tecnica di connessione degli utenti alla rete di distribuzione.

## 10.1 Definizioni di interesse tecnico

### Bassa Tensione e Media Tensione

Le connessioni alla rete di distribuzione di bassa tensione (BT) sono caratterizzate da un valore di tensione nominale tra le fasi inferiore o uguale a 1 kV in corrente alternata, ovvero:

- 230 V per le forniture monofase;
- 400 V per le forniture trifase.

La frequenza nominale è di 50 Hz.

Le connessioni alla rete di distribuzione di media tensione (MT) sono caratterizzate da un valore efficace della tensione nominale tra le fasi maggiore di 1 kV e minore o uguale di 35 kV in corrente alternata.

Nel caso di tensione nominale tra le fasi superiore a 35 kV e fino ai 150 kV compresi, in corrente alternata si parla, invece, di connessione in alta tensione (AT).

Ricapitolando:

- fino a 50 V , bassissima tensione
- da 50 V a 1000 V bassa tensione
- da 1000 V a 35000 V media tensione
- da 35000 V a 150000 V alta tensione
- oltre 150000 V altissima tensione

Da quanto sopra si evidenzia che il trasporto della corrente elettrica tra la stazione di utenza dell'impianto Agrivoltaico proposto e la stazione di Terna avvera in alta tensione 150 kV.

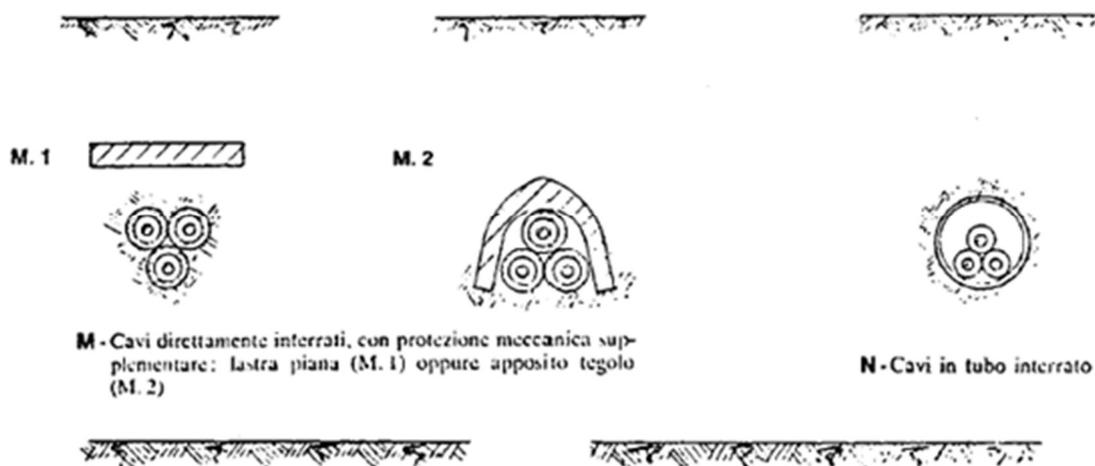
### **10.2 Caratteristiche Geometriche dell'elettrodotto interrato in Alta Tensione di collegamento tra il campo fotovoltaico e la stazione di futura realizzazione di elevazione di Terna.**

La lunghezza dell'elettrodotto in AT è pari a circa 1000 metri, l'ampiezza della trincea sarà pari a circa 1,00 m.

Lungo il percorso longitudinale delle strade la posa sarà effettuata secondo le modalità valide per le reti di distribuzione elettrica riportate nella norma CEI 11-17, ovvero modalità di posa tipo M, posa direttamente interrata, con protezione meccanica supplementare. La sezione di scavo e i particolari costruttivi sono di seguito rappresentati. La terna di cavi sarà posata con disposizione dei conduttori a trifoglio, secondo le modalità riportate dallo schema tipico dell'Allegato “B1” della Specifica

Tecnica TERNA UX LK401. Di seguito le coordinate geografiche del punto di partenza e del punto di arrivo del elettrodotto interrato proposto WGS 84.

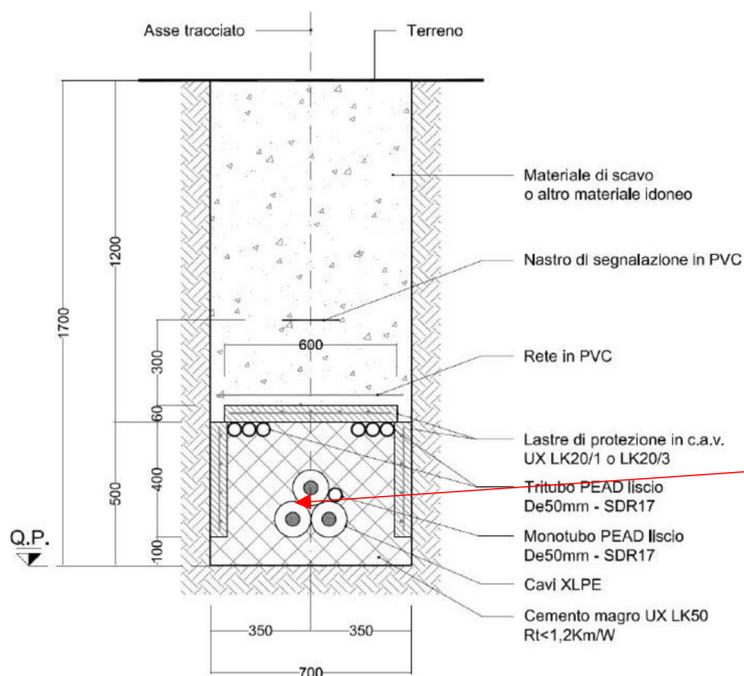
- Punto di Partenza all'interno della stazione di utenza  
N 17.9102337; E 40.5419878
- Punto di arrivo allo stallo produttore all'interno della nuova stazione TERNA  
N 17.9055322; E 40.5481757



**M** - Cavi direttamente interrati, con protezione meccanica supplementare: lastra piana (M.1) oppure apposito tegolo (M.2)

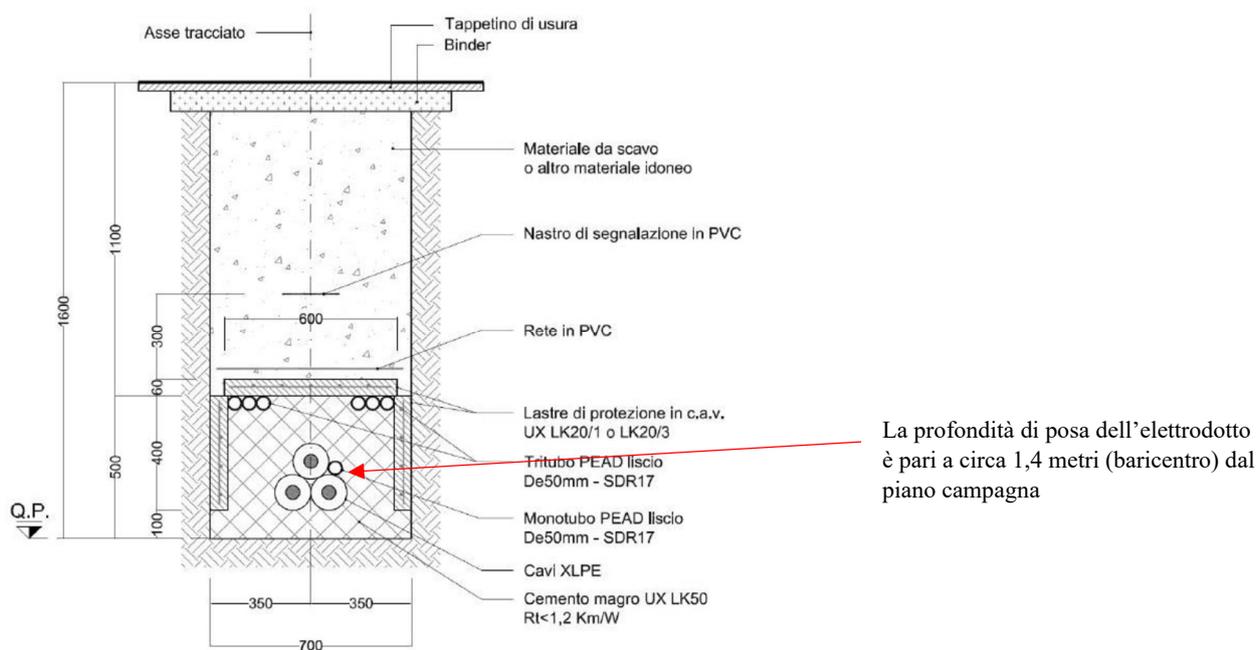
**N** - Cavi in tubo interrato

Sezione in prossimità di strade bianche



La profondità di posa dell'elettrodotto è pari a circa 1,4 metri (baricentro) dal piano campagna

Sezione in prossimità di strade asfaltate



Come si osserva dai particolari costruttivi indicati nelle immagini soprariportate, l'elettrodotto è protetto da lastre prefabbricate in calcestruzzo armato di adeguata resistenza e da un getto di cemento magro che annega completamente le armature.

La sezione costruttiva a fine lavori risulterà della larghezza di 0,70 m. Si descrivono di seguito i vari componenti dell'elettrodotto partendo dal fondo scavo:

- strato di 10 cm di cemento magro a resistività termica controllata 1,2 Km/W;
- conduttori di energia, secondo le specifiche di progetto;
- lastre di cemento armato di protezione sui due lati;
- strato di riempimento per cm 40 di cemento magro a resistività termica controllata;
- tri-tubo in PEAD del diametro di 50 mm per l'inserimento del cavo in fibra ottica;
- apertura con piastra di protezione in cemento armato vibrato prefabbricato secondo le specifiche di progetto;
- rete in pvc arancione per segnalazione dell'elettrodotto in caso di manutenzioni da eseguire con tecniche di scavo controllato per esempio escavatore a risucchio;
- materiale riveniente dallo scavo opportunamente selezionato;
- nastro segnalatore in pvc con indicazione cavi in alta tensione;

<b>INGENIUM</b>   Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco	<b>PROGETTO</b> “AEPV-CO3” Comune di Brindisi (BR) Relazione Campi Elettromagnetici	Brindisi Solar 3 srl
--	--	----------------------

- materiale riveniente dallo scavo fino alla del piano campagna;
- ripristino dello strato superficiale come ante-operam (strada bianca o asfalto)

### **10.3 Caratteristiche elettriche dell'elettrodotto interrato in Alta Tensione di collegamento tra la stazione elettrica di utenza dell'impianto Agrivoltaico e la stazione SE di Terna**

Di seguito si riporta la determinazione della portata del conduttore di fase dell'elettrodotto interrato tra la tra stazione elettrica di utenza dell'impianto Agrivoltaico e la stazione SE di Terna.

Di seguito si riporta la determinazione della portata del conduttore di fase dell'elettrodotto interrato tra la la stazione elettrica di utenza dell'impianto Agrivoltaico e la stazione SE di Terna.

La potenza in campo alternato massima dell'impianto agrivoltaico è pari a 55,86 Mw, se ne desume pertanto la corrente Ib di esercizio

$$I_b = P_n / (V_n \times 1,73 \times \cos\phi) = 55860000 / (150000 \times 1,73 \times 1) = 215,26 \text{ A}$$

Dove:

- Ib= corrente che attraversa il cavo;
- Pn= Potenza nominale dell'impianto (55,86 MW)
- Vn= Tensione nominale di impianto (1500.000 V)
- Cosφ= 1

La caduta di tensione risulta pari a  $\sqrt{3} \times \text{Corrente} \times (2 \times \text{Lunghezza del tratto di conduttore} \times \text{Resistenza} / 1000)$ .

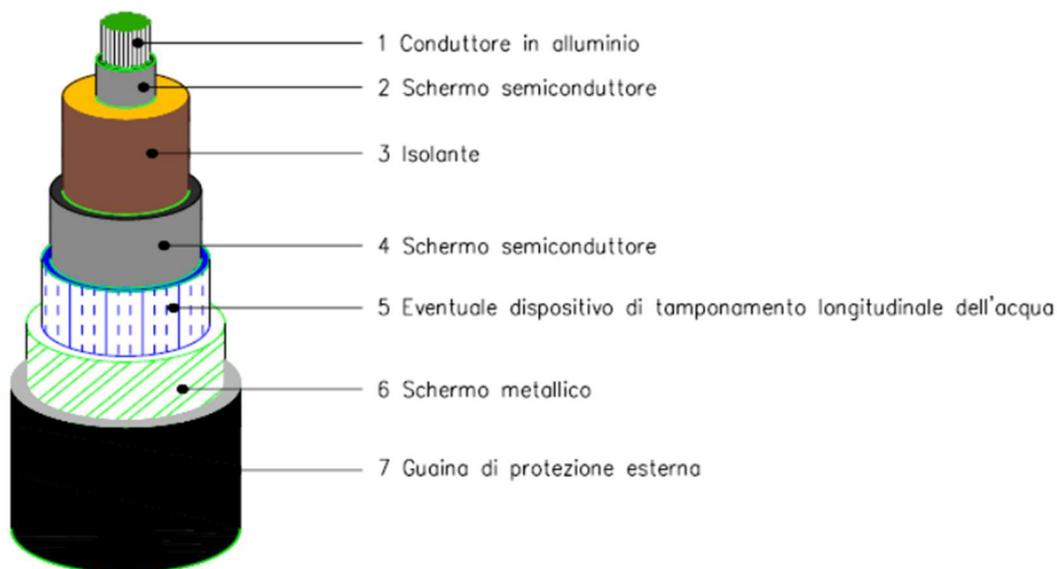
$DV = \sqrt{3} \times 215,26 \times (2 \times 1000 \times 0,093 / 1000) = 1067 \text{ Volt}$ , paria allo 0,05% della tensione nominale di esercizio dell'elettrodotto.

L'elettrodotto proposto sarà realizzato tramite cavi in alta tensione per posa interrata di ultima generazione con tipologia di isolamento, realizzato in XLPE (polietilene reticolato). Questa tipologia di cavi risulta particolarmente compatta e permette elevate capacità di trasporto ed infine non presenta problemi di carattere ambientale.

Infatti, a differenza dei cavi in alta tensione di prima generazione il cui isolamento avveniva a mezzo di olio fluido, questa nuova tecnologia presenta il vantaggio di non richiedere apparecchiature idrauliche ausiliarie necessarie per l'espansione e il rabbocco del fluido dielettrico, con semplificazione dell'esercizio e l'annullamento di perdite di fluidi nei terreni circostanti, da cui la garanzia della massima compatibilità ambientale.

La tipologia di cavo in questione è inoltre caratterizzata da un isolante a basse perdite dielettriche.

La figura che segue mostra uno schema di sezione tipo per questa tipologia di cavi.

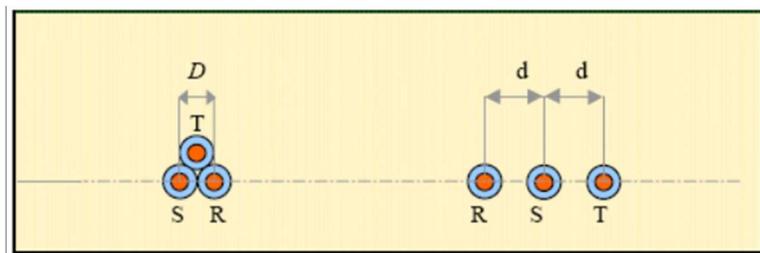


Gli schemi tipici di posa di un elettrodotto a 36: 150 kV sono tipicamente a “trifoglio”.

Per gli elettrodotti in cavo per i diversi livelli di tensione, gli schemi tipici di posa sono due:

- 1- in piano
- 2- trifoglio

Come rappresentati nella figura seguente, come già riportato nei capitoli precedenti si ribadisce che l'elettrodotto in progetto è stato progettato con posa a trifoglio.



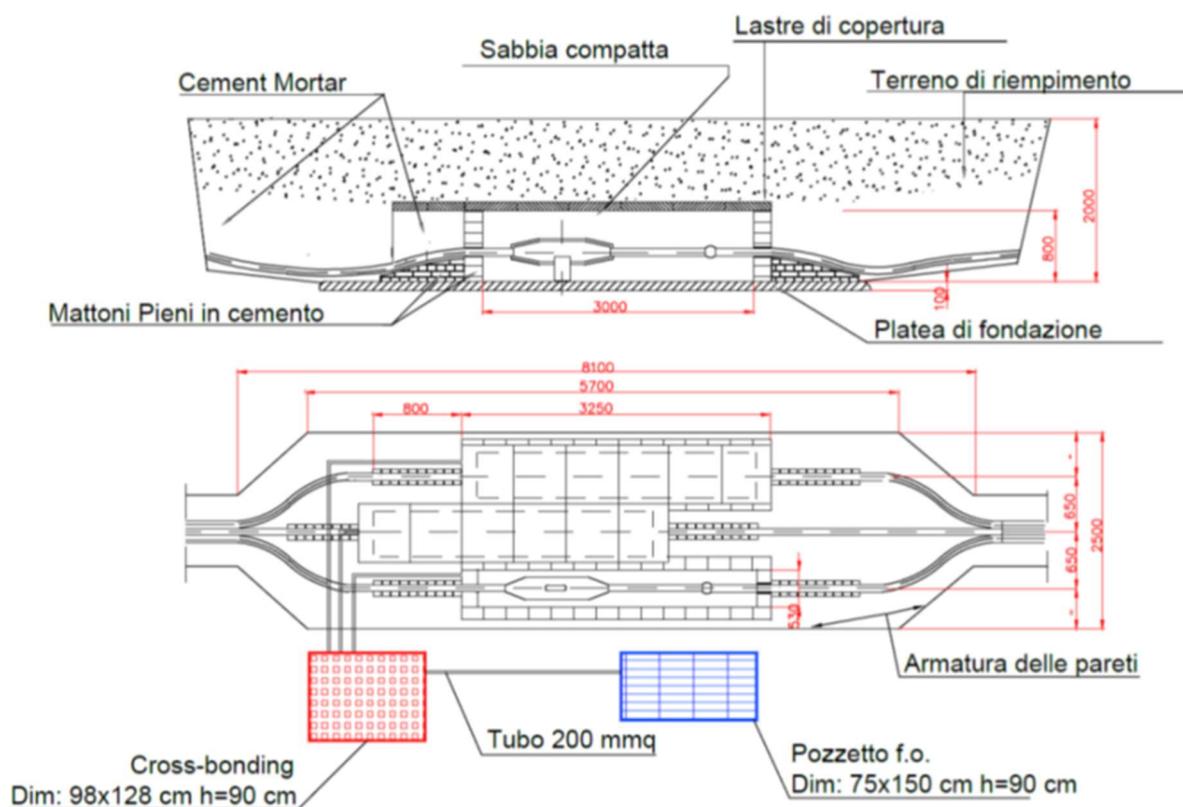
La posa a trifoglio ha l'inconveniente di ridurre la portata di corrente ammissibile del cavo dovuta al regime termico che si instaura a causa della vicinanza dei cavi, ma ha il vantaggio di diminuire i campi elettromagnetici e di ridurre le sezioni di scavo riducendo gli impatti ambientali. Al contrario la posa in piano presenta livelli di portata in corrente maggiori con delta positivi proporzionali alla distanza “d” di interasse dei cavi. Per tale motivo la posa a trifoglio è utilizzata per i livelli di tensione più bassa (150-220 kV) mentre la posa in piano è utilizzata per i livelli di tensione più alta (220-380kV).

## Schermi

Gli schermi metallici intorno ai conduttori di fase dei cavi con isolamento estruso hanno la funzione principale di fornire una via di circolazione a bassa impedenza alle correnti di guasto in caso di cedimento dell'isolamento. Pertanto, essi saranno dimensionati in modo da sostenere le massime correnti di corto circuito che si possono presentare.

## Buche giunti

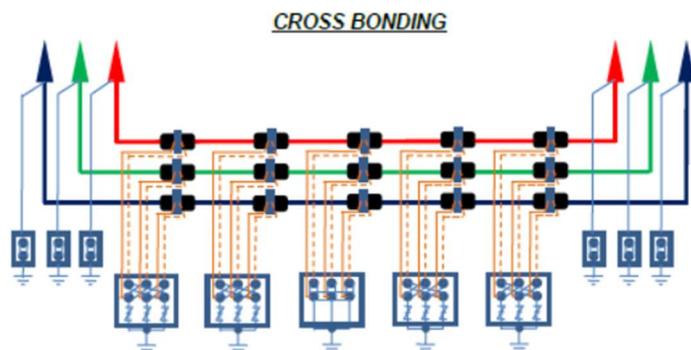
I giunti necessari per il collegamento del cavo saranno posizionati lungo il percorso del cavo, con tratte variabili tra i 400 e 500 m circa, ed ubicati all'interno di apposite buche che avranno una configurazione come indicato nella figura seguente:



Tipico Buca Giunti affiancati

I giunti, saranno collocati lungo il percorso dell'elettrodotto in apposite buche di profondità pari a circa -2,00 metri dal piano campagna e inseriti in appositi loculi, realizzati con blocchetti in calcestruzzo. I loculi saranno poi riempiti con sabbia e coperti con lastre in calcestruzzo armato, aventi funzione di protezione meccanica. Sul fondo della buca giunti, sarà realizzata una platea di sottofondo in c.l.s., allo scopo di creare un piano stabile sul quale poggiare i supporti dei giunti. Inoltre, sarà realizzata una maglia di terra locale costituita da 4 o più picchetti, collegati fra loro ed

alla cassetta di sezionamento, per mezzo di una corda in rame. Accanto alla buca di giunzione saranno installati due pozzetti; uno per l'alloggiamento della cassetta di sezionamento della guaina dei cavi e l'altro per la fibra ottica e i sistemi di monitoraggio (quali per esempio: monitoraggio temperatura cavo, scariche parziali e correnti di schermo). Agendo sui collegamenti interni della cassetta è possibile collegare o scollegare le guaine dei cavi dall'impianto di terra. Il collegamento degli schermi metallici sarà realizzato con la metodologia cross bonding, in cui il collegamento in cavo viene suddiviso in tre tratte elementari (o multipli di tre) pressoché di uguale lunghezza, generalmente corrispondenti con le pezzature di posa. In tale configurazione gli schermi vengono messi francamente a terra, ed in corto circuito tra loro all'estremità di partenza della prima tratta ed all'estremità di arrivo della terza, mentre tra due tratte adiacenti gli schermi sono isolati da terra e uniti fra loro con collegamento incrociato.



Per le trasmissioni dati del sistema di protezione, comando e controllo dell'impianto, sarà realizzato un sistema di telecomunicazione tra le stazioni terminali dei collegamenti, costituito da uno o più cavi a 48 fibre ottiche come rappresentato in modo indicativo nella figura che segue.

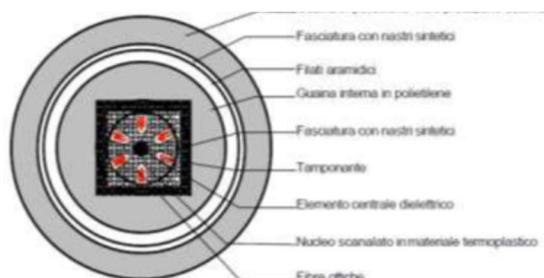


Fig. 1 – Sezione tipica del sistema di telecomunicazioni

Per il calcolo della Distanza di prima approssimazione elettrodotta in AT(Dpa) vedasi relazione specifica.

#### 10.4 Caratteristiche del cavo AT

L'elettrodotto proposto sarà realizzato tramite cavi in alta tensione per posa interrata di ultima generazione con tipologia di isolamento, realizzato in XLPE (polietilene reticolato). Questa tipologia di cavi risulta particolarmente compatta e permette elevate capacità di trasporto ed infine **non presenta problemi di carattere ambientale.**

Infatti, a differenza dei cavi in alta tensione di prima generazione il cui isolamento avveniva a mezzo di olio fluido, questa nuova tecnologia presenta il vantaggio di non richiedere apparecchiature idrauliche ausiliarie necessarie per l'espansione e il rabbocco del fluido dielettrico, con semplificazione dell'esercizio e l'annullamento di perdite di fluidi nei terreni circostanti, da cui la garanzia della massima compatibilità ambientale.

La tipologia di cavo in questione è inoltre caratterizzata da un isolante a basse perdite dielettriche.

La figura che segue mostra uno schema di sezione tipo per questa tipologia di cavi.

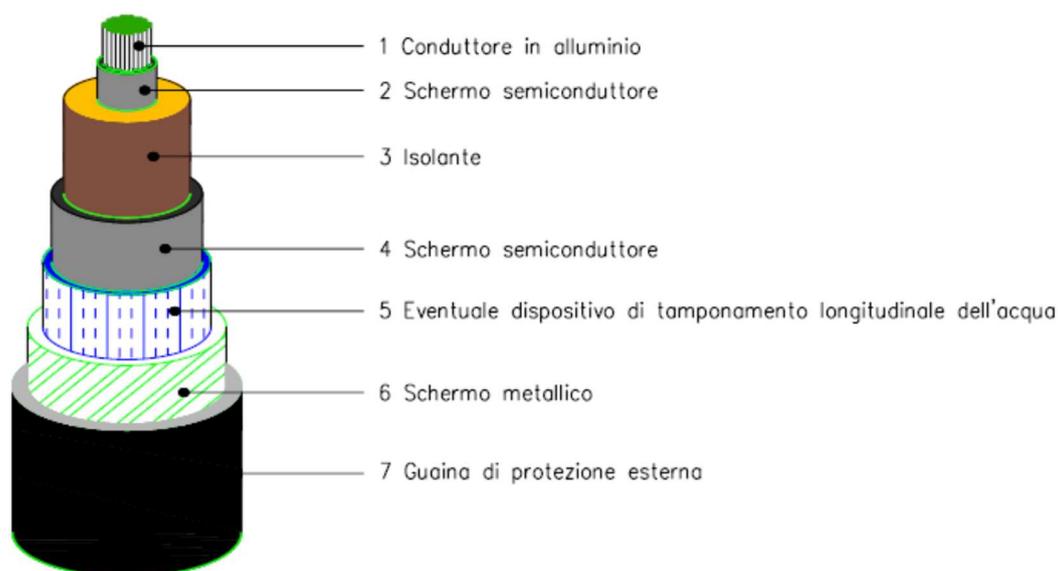


Fig. 6 – Sezione tipica del cavo

## 11. Calcolo della Distanza di prima approssimazione elettrodotto in AT (Dpa)

Il presente capitolo ha lo scopo di definire le ipotesi di calcolo mediante le quali sono stati calcolati sia il campo elettrico e magnetico, sia le fasce di rispetto relativamente ai nuovi collegamenti a 150

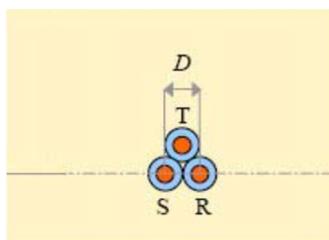
kV in cavo interrato. L’approccio progettuale è conforme al D.P.C.M. dell’8 luglio 2003, “*Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualità per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti*”, nonché della “*Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti*”, approvata con DM 29 maggio 2008.

Per “fasce di rispetto” si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 microtesla, all’interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003. Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l’APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l’approvazione del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Con Decreto 29 maggio 2008 il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 sopra citato prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come “*la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di  $D_{pa}$  si trovi all’esterno delle fasce di rispetto*”.

Tale decreto prevede per il calcolo della  $D_{pa}$  l’utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo; a tal proposito si riporta di seguito il calcolo della Distanza di prima approssimazione dell’elettrodotto proposto in progetto:

Lo schema di posa in progetto è di tipo a trifoglio come rappresentato nella figura seguente:



<b>INGENIUM</b>   Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco	<b>PROGETTO</b> <b>“AEPV-CO3”</b> Comune di Brindisi (BR) Relazione Campi Elettromagnetici	Brindisi Solar 3 srl
--	---	----------------------

A vantaggio di sicurezza qualora si presentasse la necessità di contenere ulteriormente la distanza della isocampo massima dei 3  $\mu\text{T}$  saranno posizionate schermature e/o loop passivi atte a garantire in ogni caso il rispetto delle Norme.

Detta schermatura è realizzata inserendo i cavi in apposite canalette di materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata.

Si riportano di seguito i limiti di legge relativi ai campi elettrici ed elettromagnetici:

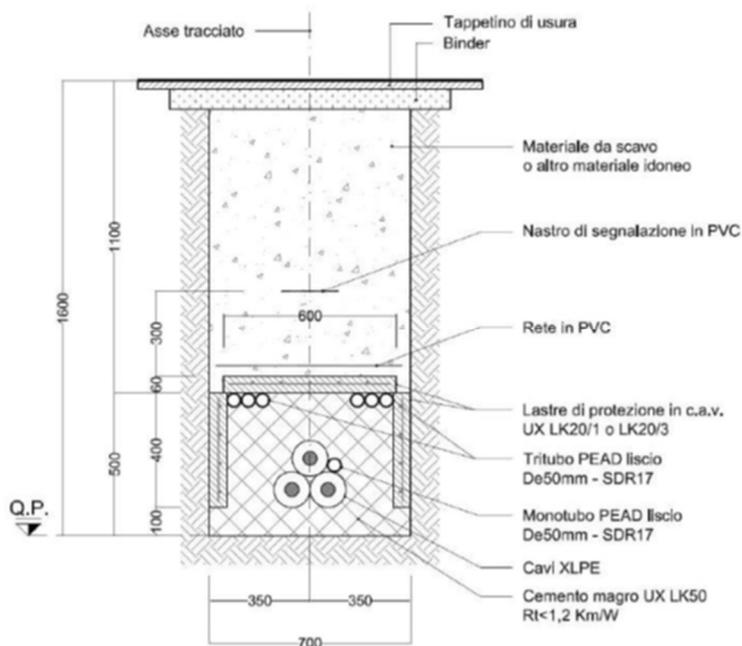
Frequenza 50 Hz	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B ( $\mu\text{T}$ )
<b>Limite di esposizione *</b> (da non superare mai)	<b>5</b>	<b>100</b>
<b>Valore di attenzione **</b> (da non superare in ambienti abitativi già esistenti e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	<b>10</b>
<b>Obiettivo di qualità **</b> (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	<b>3</b>

\* Valori efficaci

\*\*Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

Si riporta di seguito l'andamento della fascia di rispetto e della relativa Distanza di Prima Approssimazione relativa all'opera proposta in progetto, quindi elettrodotto a una singola terna di cavi a 150 kV posati a trifoglio:

<b>SINGOLA TERNA CON CAVI POSATI A TRIFOGLIO</b>	
<b>PROFONDITA' DI POSA</b>	<b>1,4 METRI</b>
<b>CORRENTE</b>	<b>215,26 A</b>
<b>DIAMETRO ESTERNO</b>	<b>106,4 mm</b>
<b>SEZIONE CONDUTTORE</b>	<b>1600 mm<sup>2</sup></b>



Il calcolo che segue è stato implementato secondo la guida CEI 106-11 che propone una serie di formule analitiche approssimate, applicabili senza l'uso di software, che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal baricentro dei conduttori della linea elettrica. Dette formule sono molto utili per effettuare analisi piuttosto precise e soprattutto immediate delle fasce di rispetto.

La formula da applicare per linea in cavo interrato con cavi unipolari posati a trifoglio è la stessa utilizzata per le linee aeree con conduttori a triangolo:

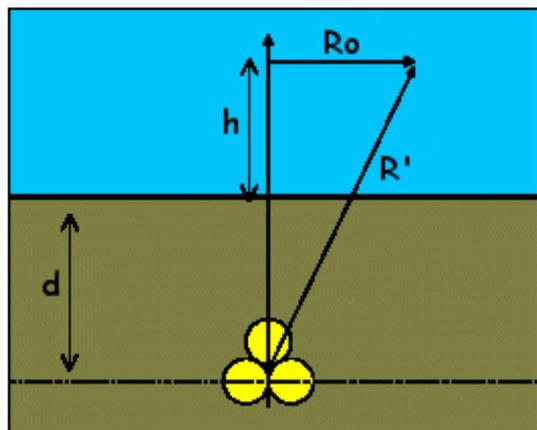
$$B = \frac{P \cdot I}{R^2} \cdot 0,1 \cdot \sqrt{6} \quad [\mu T]$$

dove P [m] è la distanza fra i conduttori disposti ai vertici di un triangolo (in caso di distanze differenti, P diventa la media delle distanze fra i tre conduttori), I [A] è la corrente, simmetrica ed equilibrata, che attraversa i conduttori, R [m] è la distanza dal baricentro dei conduttori alla quale calcolare l'induzione magnetica B (la formula è valida per  $R \gg P$ ). Rovesciando la logica, è anche possibile calcolare la distanza R' dal baricentro dei conduttori, alla quale l'induzione magnetica si riduce al valore dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu T$ :

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{P \cdot I} \quad [m]$$

Invece della distanza dal baricentro è fondamentale conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo ( $h=0$ )  $R_0$  (figura), oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto dell'obiettivo di qualità di  $3 \mu\text{T}$  ( $d$  è la profondità di posa):

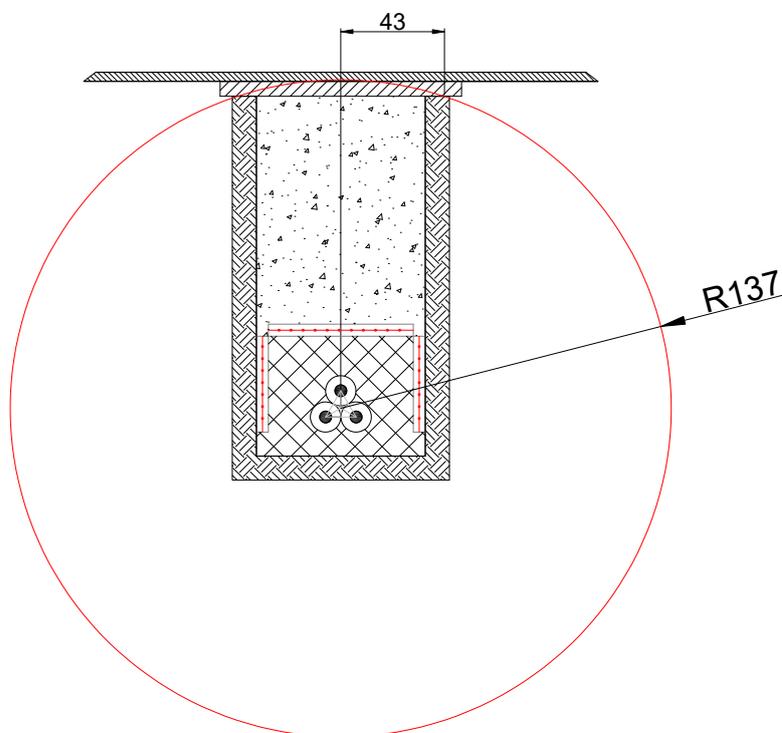
$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot P \cdot I - d^2} \quad [\text{m}]$$



Il calcolo analitico è stato eseguito con l'ausilio di un foglio di calcolo appositamente implementato.

K	P (m)	I (A)	R' (m)	
0,286	0,106	215,26	1,37	
k	P (m)	I (A)	d (m)	Ro (m)
0,082	0,106	215,26	1,3	0,43

Di seguito si riporta la rappresentazione grafica di  $R'$  pari a 1,37 metri e  $R_0$  pari a 0,43 metri, che ne prova la correttezza dell'analisi.



LA DPA risulta quindi pari a 1 metro approssimata per eccesso come previsto dal Decreto 29 Maggio 2008.

## 12. Cavidotto in Media Tensione

Il cavidotto in MT 30.000 V di connessione si sviluppa per circa 10.521 metri, e collega l'impianto Agrifotovoltaico dalla cabina di raccolta posizionata nel sub lotto C3.13, alla stazione di utenza di elevazione 30.000/150.000 V posizionata al foglio 177 del Comune di Brindisi, nei pressi della stazione SE di terna 380/150 kV.

La potenza massima di immissione in uscita dalla cabina di raccolta è pari a 55,86 MW come previsto dalla STMG di TERNA codice 201900555. I cavi idonei a trasportare detta potenza a tale tensione sono del tipo ARG7H1R 18/30 kV (conduttore in alluminio). Per detta potenza a tale tensione la portata di corrente risulta pari a circa 1075 A. A tale scopo sono necessari 2 cavi per fase da 630 mmq, che con modalità di posa interrata a trifoglio hanno una portata massima pari a  $706 \times 2 \times 0,80 = 1129$  A, tale configurazione comporta una caduta di tensione pari a circa il 3%. Tuttavia in fase

esecutiva si potrà optare in accordo con il committente per l'utilizzo di cavi di tipologia con conduttore in rame. A titolo di esempio utilizzando cavi del tipo RG7H1R 18/30 kV, e cioè con conduttore in rame, di sezione pari a 400 mmq, che con modalità di posa interrata in piano hanno una portata massima pari a  $685 \times 2 \times 0,80 = 1096$  A, la caduta di tensione risulterebbe in questo caso pari al 2,9%. La presenza di cavi elettrici verrà debitamente segnalata tramite posa di nastro monitor lungo gli scavi. I ripristini degli scavi effettuati su strada asfaltata verranno eseguiti a regola d'arte in considerazione delle direttive impartite dal gestore della viabilità (sia essa comunale o provinciale), in uniformità a quanto già realizzato, al fine di rendere omogenea la finitura del manto stradale lungo la parte della strada interessata dallo scavo. In fase esecutiva si dovrà fare particolare attenzione alla corretta posa dei cavi al fine di minimizzare gli effetti della mutua induzione tra i cavi che altrimenti non permette una equiripartizione di corrente tra i conduttori in parallelo per fase.

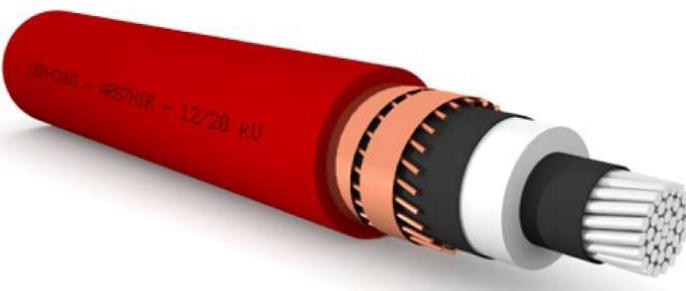
## 12.1 Caratteristiche del cavo MT

**CAVI MEDIA TENSIONE - ENERGIA**  
**MEDIUM VOLTAGE CABLES - POWER**

**ARG7H1R 1,8/3 kV - 18/30 kV**  
MEDIA TENSIONE - SENZA PIOMBO  
MEDIUM VOLTAGE - LEAD-FREE




RIFERIMENTO NORMATIVO/STANDARD REFERENCE	
Costruzione e requisiti/Construction and specifications	IEC 60502 CEI 20-13
Misura delle scariche parziali/Measurement of partial discharges	CEI 20-16 IEC 60885-3
Propagazione fiamma/Flame propagation	CEI EN 60332-1-2
Gas corrosivi o alogenidrici/Corrosive gases or halogens	CEI EN 50267-2-1



Le immagini sono puramente illustrative e coperte da copyright ©

## 13. Calcolo della Distanza di Prima Approssimazione Cavidotto in MT

<b>INGENIUM</b>   Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco	PROGETTO “AEPV-CO3” Comune di Brindisi (BR) Relazione Campi Elettromagnetici	Brindisi Solar 3 srl
--	---	----------------------

Il presente capitolo ha lo scopo di definire le ipotesi di calcolo mediante le quali sono stati calcolati sia il campo elettrico e magnetico, sia le fasce di rispetto relativamente ai nuovi collegamenti a 30.000 V in cavo interrato. L’approccio progettuale è conforme al D.P.C.M. dell’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”, nonché della “Metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti”, approvata con DM 29 maggio 2008.

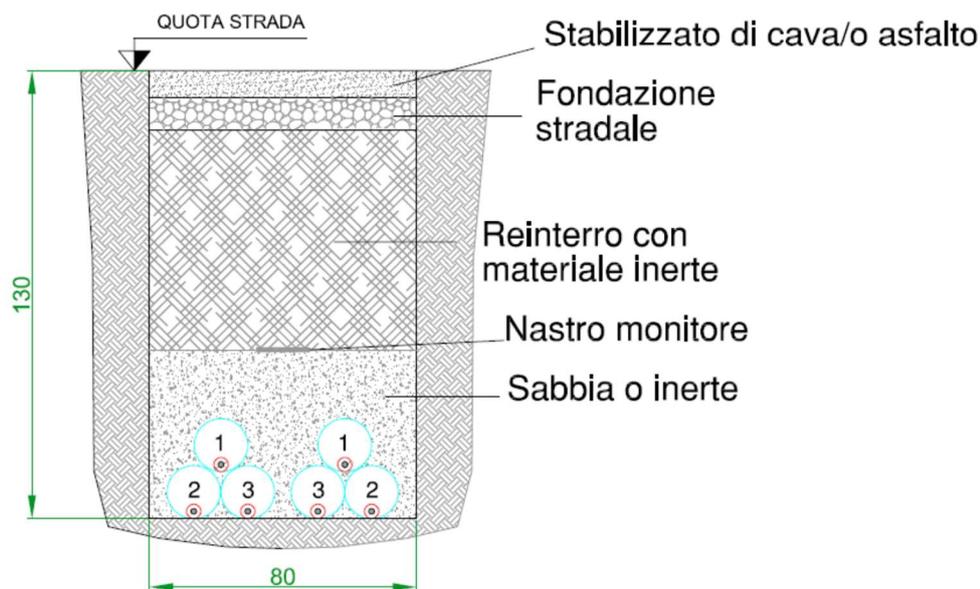
Per “fasce di rispetto” si intendono quelle definite dalla Legge 22 febbraio 2001 n° 36, ovvero il volume racchiuso dalla curva isolivello a 3 microtesla, all’interno delle quali non è consentita alcuna destinazione di edifici ad uso residenziale, scolastico, sanitario, ovvero un uso che comporti una permanenza superiore a 4 ore, da determinare in conformità alla metodologia di cui al D.P.C.M. 08/07/2003. Tale DPCM prevede (art. 6 comma 2) che l’APAT (ora ISPRA), sentite le ARPA, definisca la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto con l’approvazione del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. Con Decreto 29 maggio 2008 il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato la metodologia di calcolo per la determinazione delle fasce di rispetto degli elettrodotti.

Al fine di semplificare la gestione territoriale e il calcolo delle fasce di rispetto, il Decreto 29 Maggio 2008 sopra citato prevede che il gestore debba calcolare la distanza di prima approssimazione, definita come “la distanza in pianta sul livello del suolo, dalla proiezione del centro linea, che garantisce che ogni punto la cui proiezione al suolo disti dalla proiezione del centro linea più di Dpa si trovi all’esterno delle fasce di rispetto”.

Tale decreto prevede per il calcolo della Dpa l’utilizzo della configurazione spaziale dei conduttori, geometrica e di fase che forniscono il risultato più cautelativo; a tal proposito si riporta di seguito il calcolo della Distanza di prima approssimazione dell’elettrodotto proposto in progetto:

Lo schema di posa in progetto è di tipo a trifoglio come rappresentato nella figura seguente:

**ELETTRODOTTO IN MEDIA TENSIONE 30.000 V**  
Doppia Terna RG7H1R 18/30 kV  
**TRINCEA E RELATIVA POSA DI CAVIDOTTI SU STRADA BATTUTA**  
(sez. 80x130 cm) - Conforme CEI 11-17



A vantaggio di sicurezza qualora si presentasse la necessità di contenere ulteriormente la distanza della isocampo massima dei 3  $\mu$ T saranno posizionate schermature e/o loop passivi atte a garantire in ogni caso il rispetto delle Norme. Detta schermatura è realizzata inserendo i cavi in apposite canalette di materiale ferromagnetico riempite con cemento a resistività termica stabilizzata.

Si riportano di seguito i limiti di legge relativi ai campi elettrici ed elettromagnetici:

Frequenza 50 Hz	Intensità di campo elettrico E (kV/m)	Induzione Magnetica B ( $\mu$ T)
<b>Limite di esposizione *</b> (da non superare mai)	<b>5</b>	<b>100</b>
<b>Valore di attenzione **</b> (da non superare in ambienti abitativi già esistenti e comunque nei luoghi adibiti a permanenze non inferiori a 4 ore)	-	<b>10</b>
<b>Obiettivo di qualità **</b> (da non superare per i nuovi elettrodotti o le nuove abitazioni in prossimità di elettrodotti esistenti)	-	<b>3</b>

\* Valori efficaci

\*\*Mediana dei valori nell'arco delle 24 ore nelle normali condizioni di esercizio

Il calcolo che segue è stato implementato secondo la guida CEI 106-11 che propone una serie di formule analitiche approssimate, applicabili senza l'uso di software, che permettono il calcolo immediato dell'induzione magnetica ad una data distanza dal baricentro dei conduttori della linea elettrica. Dette formule sono molto utili per effettuare analisi piuttosto precise e soprattutto immediate delle fasce di rispetto.

La formula da applicare per linea in cavo interrato con cavi unipolari posati a trifoglio è la stessa utilizzata per le linee aeree con conduttori a triangolo:

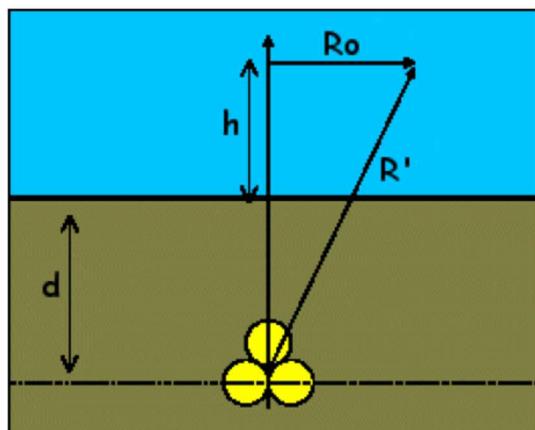
$$B = \frac{P \cdot I}{R^2} \cdot 0,1 \cdot \sqrt{6} \quad [\mu\text{T}]$$

dove P [m] è la distanza fra i conduttori disposti ai vertici di un triangolo (in caso di distanze differenti, P diventa la media delle distanze fra i tre conduttori), I [A] è la corrente, simmetrica ed equilibrata, che attraversa i conduttori, R [m] è la distanza dal baricentro dei conduttori alla quale calcolare l'induzione magnetica B (la formula è valida per  $R \gg P$ ). Rovesciando la logica, è anche possibile calcolare la distanza R' dal baricentro dei conduttori, alla quale l'induzione magnetica si riduce al valore dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$ :

$$R' = 0,286 \cdot \sqrt{P \cdot I} \quad [\text{m}]$$

Invece della distanza dal baricentro è fondamentale conoscere la distanza dall'asse della linea a livello del suolo ( $h=0$ )  $R_0$  (figura), oltre la quale l'induzione magnetica scende al di sotto dell'obiettivo di qualità di 3  $\mu\text{T}$  (d è la profondità di posa):

$$R_0 = \sqrt{0,082 \cdot P \cdot I - d^2} \quad [\text{m}]$$

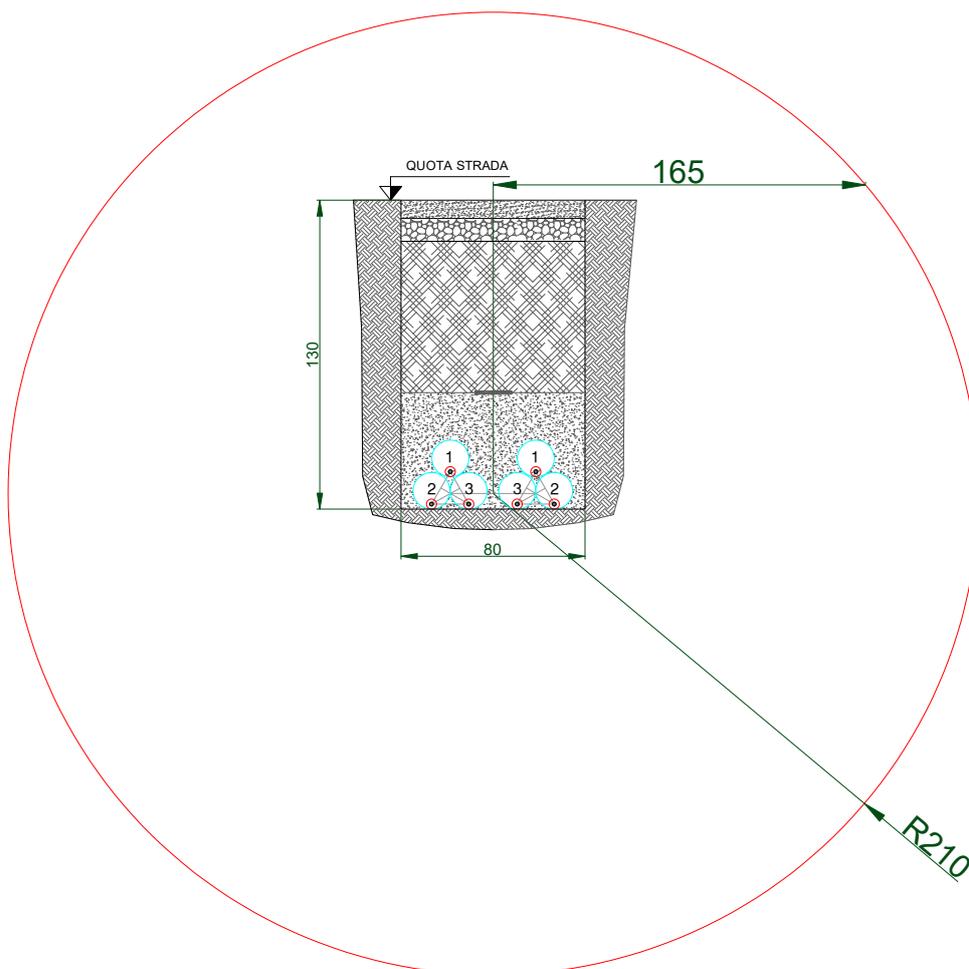


Il calcolo analitico è stato eseguito con l'ausilio di un foglio di calcolo appositamente implementato.

K	P (m)	I (A)	R' (m)	
0,286	0,05	1075	2,10	
k	P (m)	I (A)	d (m)	Ro (m)
0,082	0,05	1075	1,3	1,65

Di seguito si riporta la rappresentazione grafica di R' pari a 2,1 metri e R<sub>0</sub> pari a 1,65 metri, che ne prova la correttezza dell'analisi.

ELETTRODOTTO IN MEDIA TENSIONE 30.000 V  
Doppia Terna RG7H1R 18/30 kV  
TRINCEA E RELATIVA POSA DI CAVIDOTTI SU STRADA BATTUTA  
(sez. 80x130 cm) - Conforme CEI 11-17



<b>INGENIUM</b>   Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco	<b>PROGETTO</b> “AEPV-CO3” Comune di Brindisi (BR) Relazione Campi Elettromagnetici	Brindisi Solar 3 srl
--	--	----------------------

LA DPA risulta quindi pari a 2 metri approssimata per eccesso come previsto dal Decreto 29 Maggio 2008.

#### **14. Calcolo della Distanza di prima approssimazione cabine MT/AT (Dpa)**

In relazione alle cabine elettriche di trasformazione, nello specifico è prevista la trasformazione della potenza dell'impianto Agrivoltaico nella stazione di utenza da 30.000 V a 150.000 V, la principale sorgente di emissione è il trasformatore MT/AT.

In base al DM del MATTM del 29.05.2008, cap.5.2.1, l'ampiezza delle DPA si determina come di seguito descritto.

Tale determinazione si basa sulla corrente di media tensione del trasformatore e considerando una distanza dalle fasi pari al diametro dei cavi reali in uscita dal trasformatore. Per determinare le DPA si applica quanto segue:

$$\frac{DPA}{\sqrt{I}} = 0,40942 \cdot x^{0,5242}$$

dove:

DPA= distanza di prima approssimazione (m)

I= corrente nominale (A)

x= diametro dei cavi (m)

Considerando che I=1075 A e che il cavo scelto sul lato MT del trasformatore è 2 x (3x630)mm<sup>2</sup>, con diametro esterno pari a circa 30,3 mm, si ottiene una DPA pari a 2,14 metri, che si pone pari a 3 metri per rispettare le condizioni del Decreto Ministeriale che regola la materia. La sezione di elevazione MT/AT all'interno della stazione di utenza come è possibile osservare dalle planimetrie di progetto è posizionata in aperta campagna risultando quindi distante da ogni ambiente sensibile o presidiato.

#### **15. Calcolo della Distanza di prima approssimazione cabina di raccolta MT (Dpa)**

Tutte le potenze all'uscita delle cabine di trasformazione presenti nell'impianto Agrivoltaico convogliate in un'unica cabina di raccolta MT, posizionata all'interno del Sub lotto C.13.

In questo caso la principale sorgente di emissione sono le stesse correnti dei quadri MT.

Considerando che il cavo scelto in uscita dalla cabina di raccolta di cui trattasi è lo stesso cavo che arriva alla stazione di elevazione di utenza con la stessa corrente 1075 A, si può ritenere che il valore della DPA sia anche in questo caso pari a 3 metri.



Anche in questo caso la cabina come è possibile osservare dalle planimetrie di progetto è posizionata in aperta campagna risultando distante da ogni ambiente sensibile o presidiato.

Quanto sopra esaurisce la verifica in merito al campo magnetico, in merito alla verifica relativa al campo elettrico, si premette che la linea elettrica durante il suo normale funzionamento genera un campo elettrico ed un campo magnetico. Il primo è proporzionale alla tensione della linea stessa, mentre il secondo (come abbiamo rappresentato dalle analisi e calcoli di cui sopra) è proporzionale alla corrente che vi circola. Entrambi decrescono molto rapidamente con la distanza. Nel caso di cavi interrati, la presenza dello schermo e la relativa vicinanza dei conduttori delle tre fasi elettriche rende di fatto il **campo elettrico nullo ovunque**. Pertanto il rispetto della normativa vigente in relazione al campo elettrico in corrispondenza dei recettori sensibili è sempre garantito indipendentemente dalla distanza degli stessi dall'elettrodotto.

## 16. Conclusioni

In conclusione dalle valutazioni effettuate si conferma che i tracciati degli elettrodotti oggetto della seguente proposta sono stati studiati in modo da rispettare il limiti previsti dal DPCM 8 luglio 2003:

- il valore del **campo elettrico** è sempre inferiore al limite fissato in 5kV/m

INGENIUM  Studio di Ingegneria di Ciraci Francesco	PROGETTO “AEPV-CO3” Comune di Brindisi (BR) Relazione Campi Elettromagnetici	Brindisi Solar 3 srl
--	---	----------------------

- il valore del **campo di induzione magnetica**, in corrispondenza dei punti sensibili (abitazioni, aree in cui si prevede una permanenza di persone per più di 4 ore nella giornata) è sempre inferiore a 3  $\mu$ T.

## 17. Sicurezza cantieri

I lavori si svolgeranno nel rispetto della normativa e del D.Lgs. 81/08 e successiva modifica e integrazioni D.Lgs. 106/09. Pertanto, in fase di progettazione la Società provvederà a nominare un Coordinatore per la sicurezza, abilitato ai sensi della predetta normativa, che redigerà il Piano di Sicurezza e Coordinamento. Successivamente, in fase di realizzazione dell'opera, sarà nominato un Coordinatore per la esecuzione dei lavori, anch'esso abilitato, che vigilerà durante tutta la durata dei lavori sul rispetto da parte delle ditte appaltatrici delle norme di legge in materia di sicurezza e delle disposizioni previste nel Piano di Sicurezza e Coordinamento.

Ceglie Messapica

14/12/2023

Ing. Ciraci Francesco