

# COMUNE DI PALMANOVA, PRADAMANO E TRIVIGNANO UDINESE



PROVINCIA DI UDINE



## IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp TRIVIGNANO SOLAR 1

Istanza di valutazione di impatto ambientale per la costruzione e l'esercizio di impianti di produzione di energia elettrica alimentati da fonti rinnovabili ai sensi dell'art. 23 D.lgs. n.152/2006

IMMOBILE	Comune di Trivignano Udinese	Foglio 05 Mappali 58 - 404 - 409 Foglio 06 Mappali 20 - 22 - 48 - 49 - 60 - 226 - 227 - 234 - 236 - 237 - 239 - 257 - 259 - 265 - 268 - 391 - 394 - 440 - 445 Foglio 16 Mappali 18 - 19 - 55
	Comune di Palmanova	Foglio 07 Mappale 12
	Comune di Pradamano	Foglio 03 Mappale 303 Foglio 05 Mappale 564
PROGETTO: <b>VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE</b>	OGGETTO <b>DOC02 - Relazione tecnica</b>	SCALA --
REVISIONE - DATA	VERIFICATO	APPROVATO
REV.00 - 03/12/2021		
IL RICHIEDENTE	ELLOMAY SOLAR ITALY EIGHT S.R.L. 39100 Bolzano - Via Sebastian Altmann 9  FIRMA _____	
IL PROGETTISTA	Ing. Riccardo Valz Gris  FIRMA _____	
TEAM DI PROGETTO	Arch. Rosalba Teodoro - Ing. Francesca Imbrogno  Studio Ing. Valz Gris 20124 Milano - Citycenter Regus - Via Lepetit 8/10 Tel. +39 02 0069 6321 13900 Biella - Via Repubblica 41 Tel. +39 015 32838 - Fax +39 015 30878	
	Per. Agr. Giovanni Cattaruzzi Per. Agr. Luigi Dott. Pravisani  Studio Cattaruzzi 33100 UDINE - Via Gemona	



## I N D I C E

<b>I N D I C E .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. DATI QUANTITATIVI PRINCIPALI .....</b>	<b>5</b>
2.1 <i>Dati dell'impianto fotovoltaico e riduzione emissioni CO<sub>2</sub>.....</i>	5
<b>3. LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL SITO.....</b>	<b>9</b>
3.1 <i>AREA 1 – PRADAMANO.....</i>	9
3.1.1 <i>Stato di fatto .....</i>	10
3.2 <i>AREA 2 – TRIVIGNANO SUD.....</i>	11
3.2.1 <i>Stato di fatto .....</i>	12
3.3 <i>AREA 3 – TRIVIGNANO NORD.....</i>	14
3.3.1 <i>Stato di fatto .....</i>	14
<b>4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....</b>	<b>17</b>
4.1 <i>Stato di progetto .....</i>	18
4.2 <i>Dati ambientali relativi al sito di installazione .....</i>	19
4.3 <i>impianto fotovoltaico su tracker monoassiali .....</i>	21
4.3.1.1 <i>Dati generali Impianto.....</i>	21
4.3.1.2 <i>Descrizione tecnica delle strutture di sostegno ad inseguimento monoassiale .....</i>	23
4.3.1.3 <i>Descrizione di Inverter di stringa e Cabine di trasformazione .....</i>	25
4.3.1.4 <i>Collegamenti elettrici e cavidotti.....</i>	26
4.3.1.5 <i>Moduli fotovoltaici .....</i>	27
4.3.1.6 <i>Cabina di consegna.....</i>	29
4.3.1.7 <i>Connessione a sottostazione Terna.....</i>	29
4.3.1.8 <i>Tecnologia No Dig.....</i>	32
4.4 <i>Controllo e monitoraggio dell'impianto fotovoltaico .....</i>	33
4.5 <i>Impianto di antifurto.....</i>	33
4.6 <i>Cavi elettrici e cablaggio.....</i>	33
4.7 <i>Relazione di calcolo dell'impianto elettrico .....</i>	34
<b>5. LE OPERE DI MITIGAZIONE E ATTIVITA' AGRONOMICHE.....</b>	<b>54</b>
5.1 <i>L'attività agronomica.....</i>	63
<b>6. MOVIMENTAZIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO .....</b>	<b>64</b>
6.1 <i>Dimensioni e Caratteristiche dell'Impianto .....</i>	64
6.2 <i>Stima dei volumi di scavo .....</i>	65
6.3 <i>Modalità Esecutive degli Scavi .....</i>	75
6.4 <i>Cave di prestito.....</i>	76
<b>7. ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE E RICADUTE OCCUPAZIONALI.....</b>	<b>77</b>
7.1 <i>Cronoprogramma .....</i>	77
7.2 <i>Allestimento cantiere .....</i>	78
7.3 <i>Livellamento del terreno .....</i>	78
7.4 <i>Picchettamento del terreno.....</i>	79
7.5 <i>Realizzazione viabilità e piazzole .....</i>	80
7.6 <i>Realizzazione recinzione.....</i>	80
7.7 <i>Sbancamenti e realizzazione piano di posa cabine.....</i>	81



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 2 di 143

7.8	Installazione cabine .....	81
7.9	Infissioni pali/viti montaggio strutture di supporto .....	81
7.10	Cavidotti interrati.....	83
7.11	Montaggio dei quadri di parallelo.....	83
7.12	Stringatura e cablaggi CC .....	84
7.13	Cablaggio cabine .....	84
7.14	Cablaggi MT .....	84
7.15	Montaggio moduli fotovoltaici .....	84
7.16	Smantellamento opere di cantiere e pulizia.....	84
7.17	La ricaduta occupazionale.....	85
7.18	Analisi quantitativa.....	86
<b>8.</b>	<b>PIANO DI DISMISSIONE E RIPRISTINO – GESTIONE DEI RIFIUTI.....</b>	<b>90</b>
8.1	Riferimenti normativi.....	90
8.2	Riciclo dei materiali.....	90
8.3	Dismissione e riciclo dei moduli fotovoltaici.....	91
8.4	Recupero delle materie prime .....	92
8.5	Specifiche tecniche imballaggio moduli su bancali.....	92
8.6	Dismissione e riciclo delle strutture di sostegno.....	92
8.7	Dismissione e riciclo delle forniture elettriche.....	93
8.7.1.1	<i>Dismissione e riciclo delle cabine elettriche .....</i>	<i>93</i>
8.7.1.2	<i>Dismissione e riciclo dei cablaggi.....</i>	<i>94</i>
8.8	Computo metrico della dismissione .....	95
<b>9.</b>	<b>CRONOPROGRAMMA DISMISSIONE .....</b>	<b>96</b>
<b>10.</b>	<b>ILLUMINAZIONE CAMPI FOTOVOLTAICI – IMPATTO NOTTURNO .....</b>	<b>98</b>
<b>11.</b>	<b>INTERFERENZA DEI MODULI CON L’IRRAGGIAMENTO SOLARE AL SUOLO.....</b>	<b>102</b>
	Radiazione solare sotto i tracker.....	102
<b>12.</b>	<b>IMPATTO ACUSTICO .....</b>	<b>105</b>
12.1	Normativa di riferimento .....	105
12.2	Parametri acustici .....	105
12.3	Limiti assoluti di zona DPCM 14/11/97.....	106
12.4	Limiti delle infrastrutture di trasporto .....	108
12.5	Descrizione delle attività e delle sorgenti sonore .....	109
12.5.1	<i>Fase di esercizio.....</i>	<i>109</i>
12.5.1.1	<i>Ubicazione delle attività e zone limitrofe .....</i>	<i>111</i>
12.5.1.2	<i>Individuazione dei ricettori sensibili .....</i>	<i>113</i>
12.5.1.3	<i>Zone di appartenenza e limiti di emissione .....</i>	<i>115</i>
12.5.1.4	<i>Indagine fonometrica .....</i>	<i>116</i>
12.6	Verifica del potenziale disturbo negli ambienti al ricettore.....	116
12.6.1.1	<i>Calcolo del livello ambientale .....</i>	<i>116</i>
12.7	La fase di cantiere all’interno dei campi fotovoltaici e per gli scavi linee elettriche .....	117
<b>ALLEGATO 1 – PVSYST PRADAMANO .....</b>		<b>122</b>
<b>ALLEGATO 2 – PVSYST TRIVIGNANO SUD.....</b>		<b>129</b>
<b>ALLEGATO 3 – PVSYST TRIVIGNANO NORD.....</b>		<b>136</b>







## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento, unitamente alle altre relazioni specialistiche, intende consentire una valutazione d'impatto ambientale.

La valutazione ambientale del progetto ha dunque la finalità di proteggere la salute umana, contribuire con un migliore ambiente alla qualità della vita, provvedere al mantenimento delle specie e conservare la capacità di riproduzione dell'ecosistema in quanto risorsa essenziale per la vita.

A questo scopo, la presente valutazione individua, descrive e valuta, in modo appropriato, per ciascun caso particolare e secondo le disposizioni del D.Lgs. 152/2006, gli impatti diretti e indiretti del progetto.

In particolare vengono analizzati i seguenti elementi:

Professionisti	Aree tematiche coinvolte	Rif. DOC02 Rel. Tecnica	Rif. Altri documenti
Per. Agr. Dr. Luigi Pavisani Ing. Riccardo Valz Gris	Valutazione Impatto ambientale		DOC01 – Valutazione di Impatto Ambientale
<b>RELAZIONI SPECIALISTICHE</b>			
Arch. Rosalba Teodoro	Impatto urbanistico – analisi dei vincoli	/	DOC03 - Relazione urbanistica
Arch. Rosalba Teodoro	Impatto paesaggistico – inserimenti fotografici		DOC04 - Relazione fotografica
Per. Agr. Dr. Luigi Pavisani	Impatto agronomico e opere mitigazione vegetali		DOC05 -Relazione sulle pratiche agricole da condurre all'interno dell'impianto
Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto abbagliamento solare		DOC06 - Relazione abbagliamento
Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto idraulico		DOC07 - Relazione sull'invarianza idraulica
Ing. Francesca Imbrogno	Impatto campi elettromagnetici		DOC08 - Relazione campi elettromagnetici
Dr. Paolo Di Piazza	Relazione geologica		DOC09_01- Relazione geologica
Dott. Massimo Calosi	Relazione archeologica		DOC29 – Relazione archeologica
Ing. Domenico Lo Iudice	Relazioni acustica in fase di esercizio e in fase di cantiere		DOC29_01-Relazione di impatto acustico in fase di esercizio e DOC29_02 - Relazione di impatto acustico in fase di cantiere
 Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto sulla riduzione delle emissioni di CO <sub>2</sub>	pag.8	
 Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto sulla movimentazione delle terre e rocce da scavo: movimentazioni interne ed esterne ai cantieri	pag. 75	
 Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto occupazionale	pag.86	
 Ing. Riccardo Valz Gris	Impatto attività di dismissione e ripristino	pag.95	





# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese RELAZIONE TECNICA

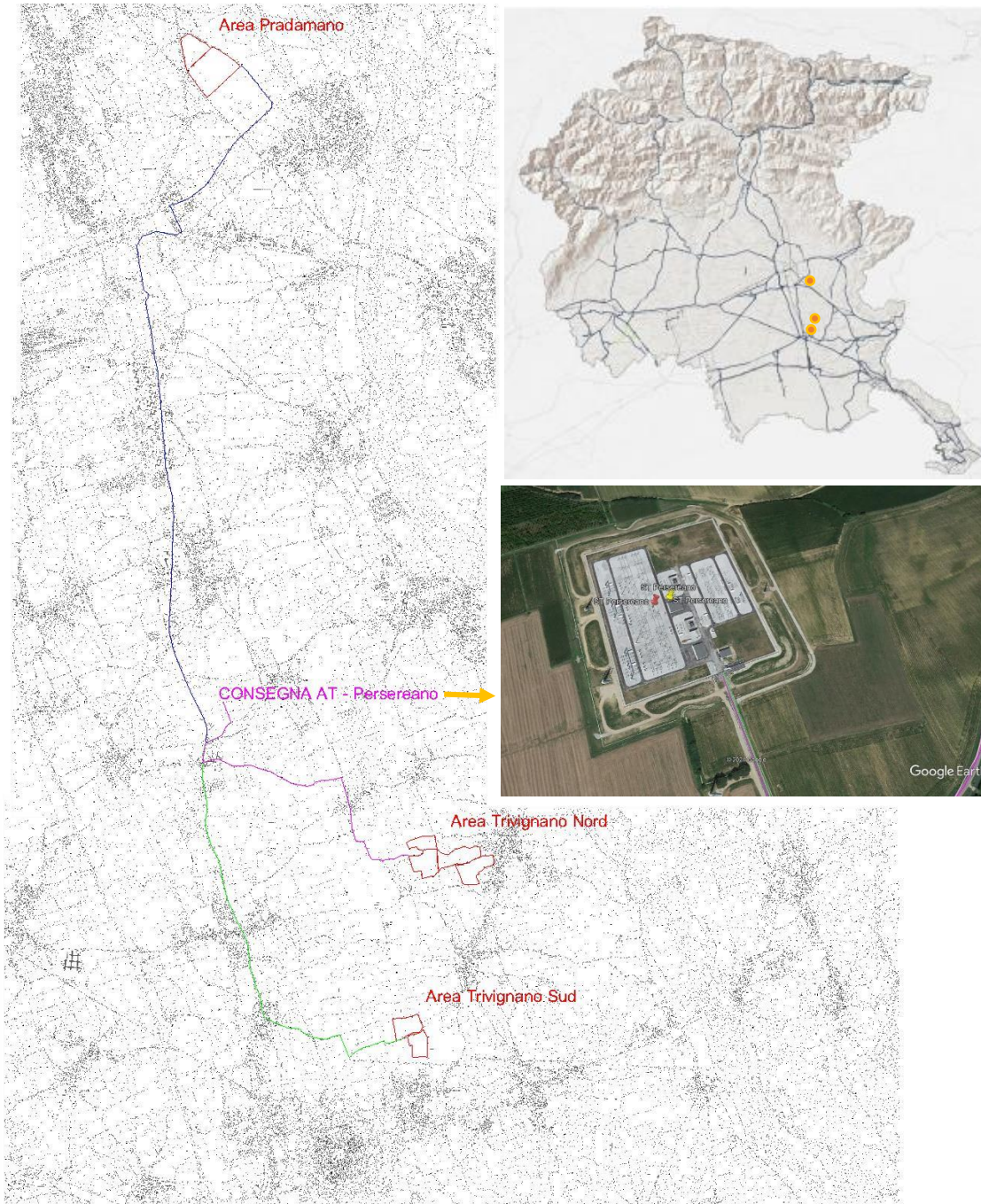


Ing. Riccardo Valz Gris

Impatto illuminazione notturna e irraggiamento  
solare diurno.

pag.101

pag.104





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 5 di 143

## 2. DATI QUANTITATIVI PRINCIPALI

Le aree in esame per il presente progetto consistono in tre aree che si trovano in tre comuni: Palmanova, Trivignano Udinese e Pradamano tutti e tre i comuni in provincia di Udine. Tali aree trovano una buona sincronia con il progetto del campo agrivoltaico, perché permettono di evitare la realizzazione di strutture che limitino la permeabilità del terreno<sup>1</sup>, che ne alterino la flora esistente<sup>2</sup> e che impediscano la permanenza o il passaggio della fauna locale<sup>3</sup>.

Nelle tabelle di seguito la sintesi delle informazioni del progetto:

### Dati generali

#### AREA 1 – PRADAMANO

Ubicazione e denominazione	Comune di Pradamano
Coordinate geografiche	46° 2'30.98"N; 13°16'38.97"E.
Superficie complessiva del terreno	373 064 m <sup>2</sup>
Superficie complessiva moduli	156 792 m <sup>2</sup>
Superficie complessiva mitigazione	23 718 m <sup>2</sup>

#### AREA 2 – TRIVIGNANO SUD

Ubicazione e denominazione	Comune di Trivignano Udinese e Comune di Palmanova
Coordinate geografiche	45°55'15.63"N; 13°19'20.50"E.
Superficie complessiva del terreno	184 360 m <sup>2</sup>
Superficie complessiva moduli	65 885 m <sup>2</sup>
Superficie complessiva mitigazione	16 630 m <sup>2</sup>

#### AREA 3 – TRIVIGNANO NORD

Ubicazione e denominazione	Comune di Trivignano Udinese
Coordinate geografiche	45°56'32.53"N; 13°19'40.34"E.
Superficie complessiva del terreno	449 807 m <sup>2</sup>
Superficie complessiva moduli	162 933 m <sup>2</sup>
Superficie complessiva mitigazione	87 776 m <sup>2</sup>

## 2.1 DATI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO E RIDUZIONE EMISSIONI CO<sub>2</sub>

#### AREA 1 – PRADAMANO

Descrizione	Superficie complessiva	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli	Producibilità annua
	m <sup>2</sup>	MW	numero	m <sup>2</sup>	MWh in rete
Sottocampo 1	13361,38	2,80	5 088	13 005,2	
Sottocampo 2	13361,38	2,80	5 088	13 005,2	
Sottocampo 3	13361,38	2,80	5 088	13 005,2	
Sottocampo 4	13361,38	2,80	5 088	13 005,2	

<sup>1</sup> I pannelli sono sollevati su tracker, le strade di collegamento interno sono in terreno battuto e non è previsto l'uso di asfalto o di altro materiale impermeabile

<sup>2</sup> È prevista la conservazione delle parti boscate, dei filari e delle alberature esistenti sul lotto, potenziando ove necessario la presenza arborea e garantendo nel tempo la manutenzione del verde esistente e del verde messo a dimora come opere di mitigazione

<sup>3</sup> La preservazione delle aree boscate e delle aree di acque lentiche, consente la conservazione delle specie negli habitat esistenti e la presenza di varchi all'interno della recinzione perimetrale consentono il passaggio degli animali



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 6 di 143

Descrizione	Superficie complessiva	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli	Producibilità annua
	m <sup>2</sup>	MW	numero	m <sup>2</sup>	MWh in rete
<b>Sottocampo 5</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5	
<b>Sottocampo 6</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5	
<b>Sottocampo 7</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5	
<b>Sottocampo 8</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5	
<b>Sottocampo 9</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5	
<b>Sottocampo 10</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5	
<b>Sottocampo 11</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5	
<b>Sottocampo 12</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5	
<b>Totale</b>	<b>160840,76</b>	<b>33,67</b>	<b>61 224</b>	<b>156 552,7</b>	<b>58 938</b>

*Il risparmio di CO<sub>2</sub> è stimato in 273,3 g CO<sub>2</sub>/kWh<sup>4</sup> pari a 14.145 t di CO<sub>2</sub>/anno*

**AREA 2 – TRIVIGNANO SUD**

Descrizione	Superficie complessiva	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli	Producibilità annua
	m <sup>2</sup>	MW	numero	m <sup>2</sup>	MWh in rete
<b>Sottocampo 1</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8	
<b>Sottocampo 2</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8	
<b>Sottocampo 3</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8	
<b>Sottocampo 4</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8	
<b>Sottocampo 5</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8	
<b>Sottocampo 6</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8	
<b>Totale</b>	<b>67689,25</b>	<b>14,16</b>	<b>25 776</b>	<b>65 884,7</b>	<b>24 698</b>

*Il risparmio di CO<sub>2</sub> è stimato in 273,3 g CO<sub>2</sub>/kWh pari a 4.885 t di CO<sub>2</sub>/anno*

**AREA 3 – TRIVIGNANO NORD**

Descrizione	Superficie complessiva	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli	Producibilità annua
	m <sup>2</sup>	MW	numero	m <sup>2</sup>	MWh
<b>Sottocampo 1</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 2</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 3</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 4</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 5</b>	13991,63	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 6</b>	13991,63	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 7</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 8</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 9</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 10</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 11</b>	13991,63	2,89	5 256	13 434,59	
<b>Sottocampo 12</b>	13991,63	2,88	5 240	13 393,69	
<b>Totale</b>	<b>167395,40</b>	<b>34,68</b>	<b>63 056</b>	<b>161 174,16</b>	<b>60 196</b>

*Il risparmio di CO<sub>2</sub> è stimato in 273,3 g CO<sub>2</sub>/kWh pari a 14.626 t di CO<sub>2</sub>/anno*

Il software di calcolo tiene conto dei dati garantiti dal produttore e per tali condizioni viene calcolato il decadimento della produzione elettrica. Il revamping dell'impianto è suggerito ogni 10 anni, Tenuto conto di questo rinnovo periodico dei moduli fotovoltaici, la produzione complessiva è la seguente:

<sup>4</sup> Rapporto ISPRA 2020 – Fattori di emissione atmosferica di gas effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali Paesi Europei tab.2.4 pag.31



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 7 di 143

Nel corso dei 30 anni di vita utile dell'impianto, considerando il decadimento dei moduli fotovoltaici, la produzione complessiva è la seguente:

Anno	Pradamano	Trivignano Sud	Trivignano Nord	Totale
	MWh	MWh	MWh	MWh
1	60378	25417	61678	147473
2	60098	25277	61396	146771
3	59819	25137	61114	146070
4	59540	24998	60833	145371
5	59260	24858	60551	144669
6	58981	24718	60269	143968
7	58519	24488	59754	142761
8	58056	24258	59238	141552
9	57594	24028	58723	140345
10	57132	23798	58208	139138
1	60378	25417	61678	147473
2	60098	25277	61396	146771
3	59819	25137	61114	146070
4	59540	24998	60833	145371
5	59260	24858	60551	144669
6	58981	24718	60269	143968
7	58519	24488	59754	142761
8	58056	24258	59238	141552
9	57594	24028	58723	140345
10	57132	23798	58208	139138
	<b>1768131</b>	<b>740931</b>	<b>1805292</b>	<b>4314354</b>





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 8 di 143

Possiamo dunque fare un confronto con la stima del fabbisogno di energia elettrica misurata nel 2019 - Distribuzione regionale di energia elettrica per settore di consumo nel 2019 (volumi in GWh e punti di prelievo in migliaia) anno 2019

REGIONE	DOMESTICO		NON DOMESTICO		TOTALE	
	VOLUMI	PUNTI DI PRELIEVO	VOLUMI	PUNTI DI PRELIEVO	VOLUMI	PUNTI DI PRELIEVO
Piemonte	3.888	2.311	15.837	562	19.726	2.873
Valle d'Aosta	144	108	767	27	911	135
Lombardia	9.630	4.857	51.368	1.076	60.998	5.934
Trentino-Alto Adige	970	550	5.015	165	5.985	715
Veneto	5.113	2.316	22.595	585	27.708	2.902
Friuli-Venezia Giulia	1.248	650	7.674	149	8.922	799
Liguria	1.477	1.030	4.454	254	5.931	1.283
Emilia-Romagna	4.498	2.252	19.912	610	24.410	2.861
Toscana	3.752	1.891	13.743	530	17.496	2.420
Umbria	842	422	4.682	116	5.524	538
Marche	1.395	746	5.072	207	6.467	953
Lazio	5.598	2.780	14.691	649	20.289	3.429
Abruzzo	1.173	716	4.239	161	5.412	877
Molise	258	171	1.044	39	1.302	210
Campania	4.997	2.264	11.257	563	16.254	2.826
Puglia	3.768	1.904	8.586	504	12.354	2.408
Basilicata	462	280	1.809	74	2.271	354
Calabria	1.903	1.022	3.131	225	5.034	1.247
Sicilia	5.268	2.393	9.563	553	14.831	2.946
Sardegna	2.079	879	4.757	202	6.835	1.081
ITALIA	58.462	29.543	210.198	7.249	268.660	36.792

Fonte: ARERA, Indagine sui settori regolati

Il fabbisogno del Friuli Venezia Giulia è pari a 8.922.000 MWh a confronto dei 147 473 MWh prodotti dall'impianto al primo anno.

Il contributo in termini di energia rinnovabile sui consumi del Friuli Venezia Giulia è pari all'**1,65%**.

In termini di CO2 evitata nei 30 anni di esercizio la previsione è pari a

$$4.134.354 \text{ MWh} \times 273.300 \text{ g CO}_2/\text{MWh} \times 10^{-6} = \underline{\underline{1.129.919 \text{ t CO}_2}}$$





### **3. LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL SITO**

---

#### **3.1 AREA 1 – PRADAMANO**

---

L'ambito di intervento si colloca in Provincia di Udine e interessa amministrativamente il Comune di Pradamano. L'intervento consiste, nella realizzazione di un impianto agrivoltaico su tracker monoassiali, delle dimensioni di 33,67 MW, e si estende su un'area di circa 37 ettari, di proprietà privata. Gli elementi di contorno che contengono l'area risultano:

- Lato Nord/ Est: la viabilità della SP 37 (Via Udine) affiancata dalla ciclovia "Alpe Adria Radweg" (Salisburgo – Villaco – Aquileia – Grado) con relativa fascia di rispetto di 30,00 m.
- Lato Sud/ Est terreni agricoli con filare di alberature che rientrano nella Zona E42 di Conservazione e ricostruzione vegetale.
- Lato Sud/ Ovest il tracciato ferroviario Udine – Venezia a cui si affianca una linea Terna con cavo interrato (Udine Sud CP) su sede stradale e relativa area di rispetto di 30,00 m.
- Lato Nord/ Ovest una viabilità comunale con presenza di una servitù di condotta irrigua in fibrocemento a favore del demanio della regione FVG e del concessionario consorzio di Bonifica Pianura Friulana.

Inoltre bisogna tener conto della parte centrale legata alla presenza di una viabilità interpodereale comunale contraddistinta da un filare di platani.

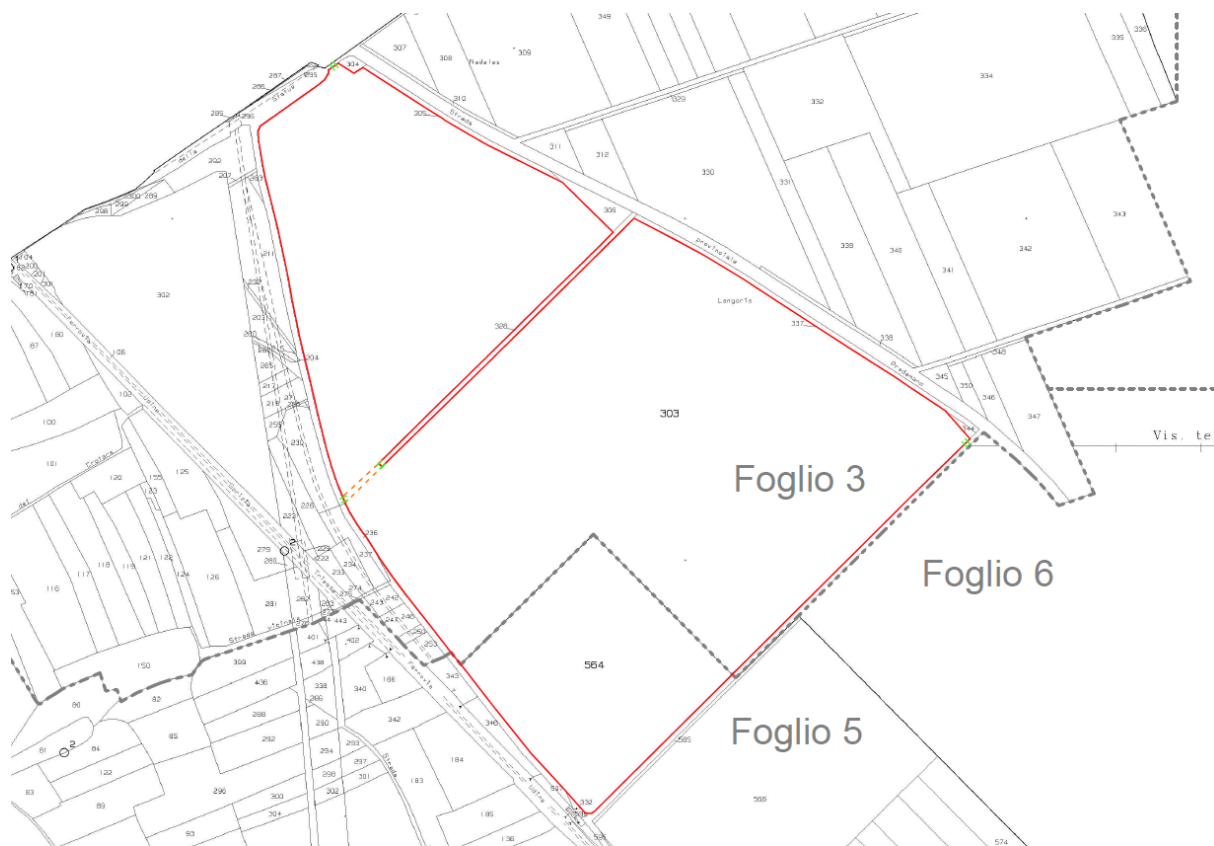


**FIGURA 1** IMMAGINI SATELLITARI DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO CON INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INSTALLAZIONE DELL'IMPIANTO

### **3.1.1 STATO DI FATTO**

Il lotto su cui si intende intervenire è composto da due particelle catastali appartenenti al comune di Pradamano. Il lotto è diviso da una strada interpodereale di proprietà comunale che divide il lotto in due aree. All'interno dell'area è presente un elettrodotto aereo di alta tensione con la relativa servitù di elettrodotto e presenza di traliccio di sostegno delle campate dei fili conduttori. Di seguito l'elenco delle particelle coinvolte e l'inquadramento sulla planimetria catastale.





**FIGURA 2 PLANIMETRIA CATASTALE DEL LOTTO DI INTERVENTO**

COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE		Qualità	Edif.
	n°	n°		Ha.a.ca		
<b>Pradamano</b>	<b>3</b>	<b>303</b>	320 310	32,031	Seminativo	
<b>Pradamano</b>	<b>5</b>	<b>564</b>	52 754	5,275	Seminativo	

**TABELLA 1 - PARTICELLE CATASTALI**

### **3.2 AREA 2 – TRIVIGNANO SUD**

L'ambito di intervento si colloca in Provincia di Udine e interessa amministrativamente il Comune di Trivignano Udinese e Palmanova. L'intervento consiste, nella realizzazione di un impianto agrivoltaico su tracker monoassiali, delle dimensioni di 14,18 MW, e si estende su un'area di circa 18 ettari, di proprietà privata. Gli elementi di contorno che contengono l'area risultano in linea generale in un contesto connotato da una agricoltura estensiva a seminativi, associata a vigneti.





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 13 di 143

COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE		Qualità	Edif.
			n°	Ha. ca		
Trivignano Udinese	16	19	99 110	9,911	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	16	18	4 690	0,469	Seminativo	
Trivignano Udinese	16	55	56 780	5,678	Semin. Arbor.	
Palmanova	7	12	23 780	2,378	Semin. Arbor.	

**TABELLA 2 - PARTICELLE CATASTALI**



### **3.3 AREA 3 – TRIVIGNANO NORD**

L'ambito di intervento si colloca in Provincia di Udine e interessa amministrativamente il Comune di Trivignano Udinese. L'intervento consiste, nella realizzazione di un impianto agrivoltaico su tracker monoassiali, delle dimensioni di 34,68 MW, e si estende su un'area di circa 45 ettari, di proprietà privata.



**FIGURA 5 – IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA OGGETTO DI INTERVENTO CON L'INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI INSTALLAZIONE DELL'IMPIANTO**

#### **3.3.1 STATO DI FATTO**

Il lotto su cui si intende intervenire è composto da ventidue particelle catastali appartenenti al Comune di Trivignano Udinese.

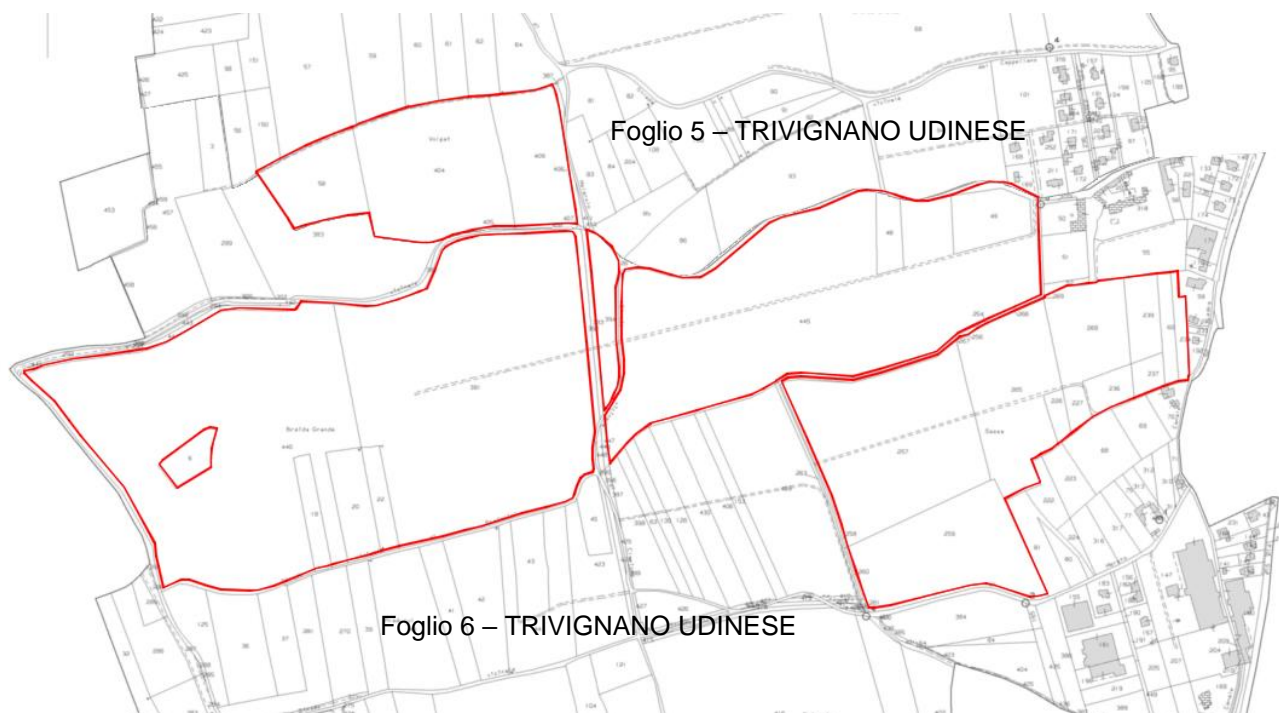
Il lotto è attraversato da una strada vicinale che con direzione Nord-Sud divide il lotto in due aree: area Ovest e area Est prossima all'abitato.

Di seguito l'elenco delle particelle coinvolte e l'inquadramento sulla planimetria catastale.





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO  
DA 33,67+14,18+34,68 MWp  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
RELAZIONE TECNICA**



**FIGURA 2 – PLANIMETRIA CATASTALE DEL LOTTO DI INTERVENTO**

COMUNE	FOGLIO	MAPPALE	SUPERFICIE		Qualità	Edif.
	n°	n°		Ha. ca		
Trivignano Udinese	6	60	2 820	0,28200	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	226	1 760	0,17600	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	227	1 610	0,16100	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	234	2 319	0,23190	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	236	3 225	0,32250	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	237	2 115	0,21150	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	239	5 030	0,50300	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	257	45 720	4,57200	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	259	28 550	2,85500	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	265	25 165	2,51650	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	268	13 197	1,31970	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	5	58	13 120	1,31200	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	5	404	34 791	3,47910	Semin. Arbor.	
Trivignano Udinese	6	20	4 578	0,45780	Seminativo	Fraz.
Trivignano Udinese	6	22	3 680	0,36800	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	48	3 630	0,36300	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	49	7 650	0,76500	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	391	111 241	11,12410	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	394	6 502	0,65020	Seminativo	
Trivignano Udinese	6	440	7 894	0,78940	Seminativo	Fraz.
Trivignano Udinese	6	445	109 247	10,92470	Sem. Arbor.	
Trivignano Udinese	5	409	15 963	1,59630	Seminativo	



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 16 di 143

TABELLA 3 -PARTICELLE CATASTALI



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 17 di 143

#### 4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La morfologia del terreno permette all'impianto, collocato alla giusta distanza dai confini, di essere schermato in buona parte naturalmente per le proprietà intrinseche dei lotti. Il suolo dei terreni agricoli risulta essere abbastanza pianeggiante, pertanto i lotti non avrebbero bisogno di grandi modifiche relative a scavi e riporti.

Nelle tavole grafiche del progetto definitivo allegate alla presente relazione, si è provveduto a verificare le quantità e zone di scavo e rinterro.

L'impianto è suddiviso in tre aeree:

- AREA 1 – PRADAMANO
- AREA 2 – TRIVIGNANO SUD
- AREA 3 – TRIVIGNANO NORD

A sua volta ogni campo è diviso in diversi sottocampi.

##### AREA 1 – PRADAMANO

Descrizione	Superficie complessiva	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli
	m <sup>2</sup>	MW	numero	m <sup>2</sup>
<b>Sottocampo 1</b>	13361,38	2,80	5 088	13 005,2
<b>Sottocampo 2</b>	13361,38	2,80	5 088	13 005,2
<b>Sottocampo 3</b>	13361,38	2,80	5 088	13 005,2
<b>Sottocampo 4</b>	13361,38	2,80	5 088	13 005,2
<b>Sottocampo 5</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5
<b>Sottocampo 6</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5
<b>Sottocampo 7</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5
<b>Sottocampo 8</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5
<b>Sottocampo 9</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5
<b>Sottocampo 10</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5
<b>Sottocampo 11</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5
<b>Sottocampo 12</b>	13424,40	2,81	5 112	13 066,5
<b>Totale</b>	<b>160840,76</b>	<b>33,67</b>	<b>61 224</b>	<b>156 552,7</b>

Il terreno è caratterizzato da un'estensione totale di circa 37 ha, mentre la superficie occupata dai pannelli è di 16 ha pari a circa il 43 % della superficie disponibile.

Le tecniche di installazione del campo fotovoltaico rispettano quanto più possibile il terreno, di fatto essendo elevati su tracker ad inseguimento i pannelli non sono ubicati direttamente sul terreno, ma ne risultano sollevati, inoltre anche le tecniche di infilaggio dei tracker, infissi su pali e senza l'uso dei plinti in c.a., preservano quanto più possibile lo stato del terreno.

Anche gli interventi di sistemazione del terreno previsti, che hanno lo scopo di spianare e livellare il terreno perché sia idoneo all'accoglimento del campo fotovoltaico, non sconvolgono la natura del terreno, e non intervengono in alcun modo sulle presenze alberate.

Anzi il piano di recupero del lotto, prevede la manutenzione delle zone boscate, incluso l'impegno necessario a garantire l'attecchimento delle nuove piantine che saranno messe a dimora come opere di mitigazione come meglio descritte nella relazione specialistica dedicata.





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 18 di 143

**AREA 2 – TRIVIGNANO SUD**

Descrizione	Superficie complessiva	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli
	m <sup>2</sup>	MW	numero	m <sup>2</sup>
<b>Sottocampo 1</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8
<b>Sottocampo 2</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8
<b>Sottocampo 3</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8
<b>Sottocampo 4</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8
<b>Sottocampo 5</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8
<b>Sottocampo 6</b>	11281,54	2,36	4 296	10 980,8
<b>Totale</b>	<b>67689,25</b>	<b>14,16</b>	<b>25 776</b>	<b>65 884,7</b>

Il terreno è caratterizzato da un'estensione totale di circa 18 ha, mentre la superficie occupata dai pannelli è 6,8 ha pari a circa il 38% della superficie disponibile.

Le tecniche di installazione del campo fotovoltaico sono identiche a quelle di Pradamano.

**AREA 3 – TRIVIGNANO NORD**

Descrizione	Superficie complessiva	Potenza installata	Moduli installati	Superficie moduli
	m <sup>2</sup>	MW	numero	m <sup>2</sup>
<b>Sottocampo 1</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 2</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 3</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 4</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 5</b>	13991,63	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 6</b>	13991,63	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 7</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 8</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 9</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 10</b>	13928,61	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 11</b>	13991,63	2,89	5 256	13 434,59
<b>Sottocampo 12</b>	13991,63	2,88	5 240	13 393,69
<b>Totale</b>	<b>167395,40</b>	<b>34,68</b>	<b>63 056</b>	<b>161 174,16</b>

Il terreno è caratterizzato da un'estensione totale di circa 45 ha, mentre la superficie occupata dai pannelli è di 16,7 ha pari a circa il 38% della superficie disponibile. Le tecniche di installazione del campo fotovoltaico sono identiche a quelle di Pradamano.

#### **4.1 STATO DI PROGETTO**

---

Gli interventi riguardano la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza di 82,53 MWp in prevalenza su tracker monoassiali a doppio pannello, distanziati con interasse di 8. Nel caso specifico del AREA 3 – Trivignano Nord sono presenti anche tracker monoassiali a monopannello, distanziati con interasse di 5,5 m.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 19 di 143

#### 4.2 DATI AMBIENTALI RELATIVI AL SITO DI INSTALLAZIONE

I dati ambientali riportati di seguito nel dettaglio si riferiscono specificatamente a Trivignano. Nei calcoli PVSYST riportati negli allegati 1-2-3 sarà utilizzato il calcolo specifico di ogni campo.



PVsyst V7.2.3

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



#### Meteo

Data range 01/01/16 00h00 to 31/12/16 23h00

#### Situation

Latitude 45.95 °N  
Longitude 13.33 °E  
Altitude 45 m  
Time zone UTC+1

#### Source file characteristics

Date type sequential dates  
Time step 1 Hour  
Time shift of real data -21 Min.

#### Used parameters in source

Horiz. Global Ambient Temper.  
Horiz. Diffuse Wind Velocity  
Horiz. Beam

#### Hourly meteo - monthly sums

Interval beginning	GlobHor kWh/m <sup>2</sup> /mth	DiffHor kWh/m <sup>2</sup> /mth	T_Amb °C	WindVel m/s
January 16	47.1	21.8	4.2	2.2
February 16	45.1	31.9	7.1	3.1
March 16	86.9	51.2	8.9	3.8
April 16	118.5	66.9	13.4	2.9
May 16	145.5	81.6	16.4	2.8
June 16	149.2	82.6	20.9	2.2
July 16	175.4	81.0	24.1	2.5
August 16	163.6	61.5	22.7	2.7
September 16	131.9	51.1	20.5	2.5
October 16	71.0	38.2	13.4	2.7
November 16	37.7	22.9	9.3	2.8
December 16	52.3	13.8	5.2	2.4
Year 16	1224.5	604.4	13.8	2.7

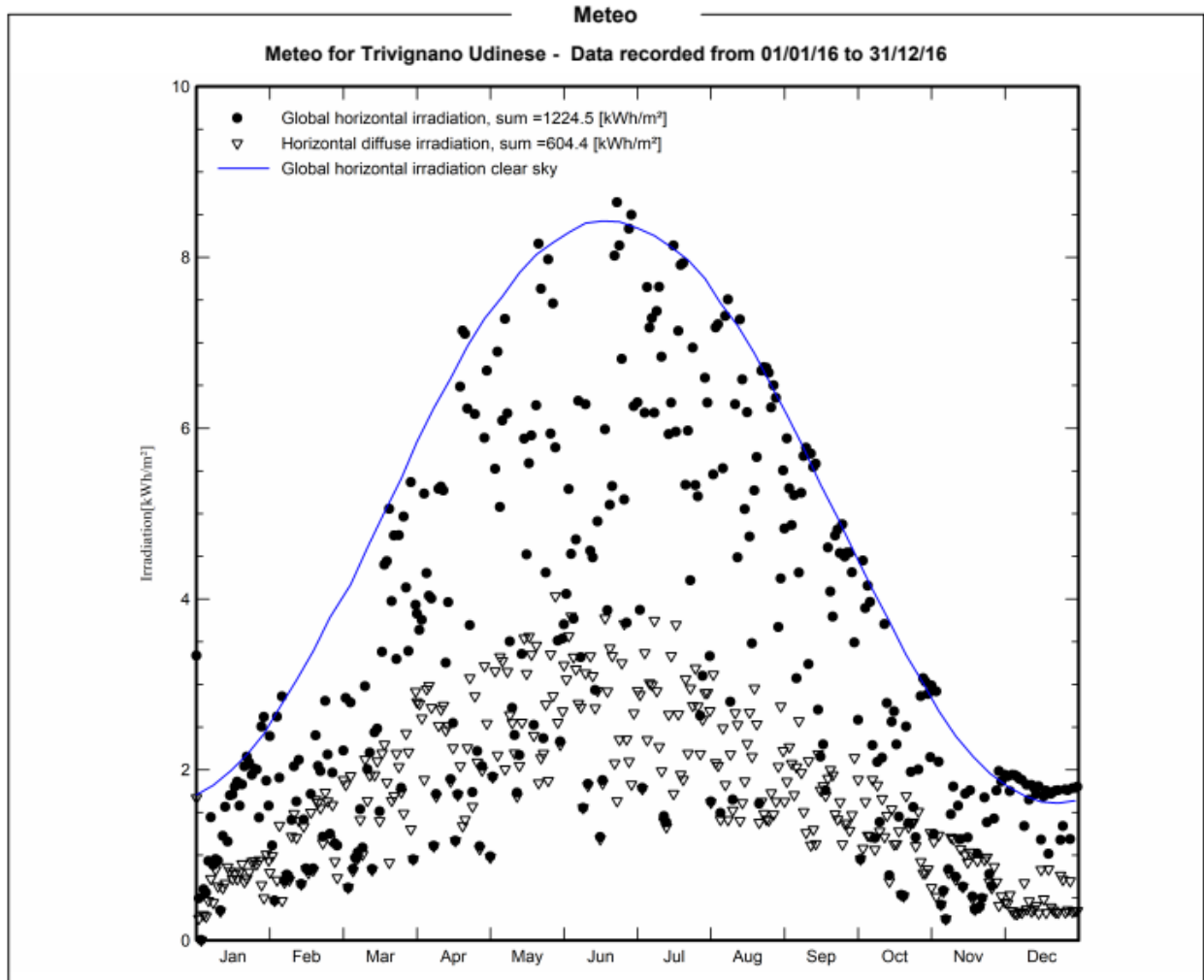


**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



PVsyst V7.2.3

Studio Ing. Valz Gris (Italy)





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 21 di 143

#### 4.3 IMPIANTO FOTOVOLTAICO SU TRACKER MONOASSIALI

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto agrivoltaico che utilizza pannelli fotovoltaici monofacciali in silicio monocristallino caratterizzato su terreno privato a destinazione agricola tipo con le seguenti caratteristiche:

##### 4.3.1.1 Dati generali Impianto

Tipo di terreno: Terreno agricolo  
Potenza di picco: circa 82,53 Wp  
Posizionamento del generatore FV: installazione al suolo  
Orientamento asse generatore FV: NORD-SUD  
Angolo di tilt del generatore FV: variabile con inseguimento est-ovest  
Fattore di albedo: erba verde: 0.20  
Fattore di riduzione delle ombre Komb 18%

##### AREA 1 – PRADAMANO

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando 61 224 moduli in silicio monocristallino da 550Wp ciascuno e 12 inverter centralizzati da 2180 kW nominali come dettagliatamente descritto negli elaborati grafici e di seguito.

Come si mostra nella planimetria di progetto su riportata, il progetto prevede la suddivisione dell'impianto fotovoltaico in dodici distinti sottocampi dotati di cabine di trasformazione ed inverter. I pannelli sono su tracker doppi da 48 e 24 pannelli, posti a interasse di 8 m.

In particolare si distinguono:

Stringhe	n. moduli in serie	n. moduli totali	Potenza Singolo modulo (Wp)	Potenza Totale (kWp)
Sottocampo 1	212	24	5 088	2 798,4
Sottocampo 2	212	24	5 088	2 798,4
Sottocampo 3	212	24	5 088	2 798,4
Sottocampo 4	212	24	5 088	2 798,4
Sottocampo 5	213	24	5 112	2 811,6
Sottocampo 6	213	24	5 112	2 811,6
Sottocampo 7	213	24	5 112	2 811,6
Sottocampo 8	213	24	5 112	2 811,6
Sottocampo 9	213	24	5 112	2 811,6
Sottocampo 10	213	24	5 112	2 811,6
Sottocampo 11	213	24	5 112	2 811,6
Sottocampo 12	213	24	5 112	2 811,6
<b>Totali per Campo fotovoltaico</b>		<b>61 224</b>		<b>14 176,8</b>

Per quanto riguarda la superficie coperta:

Calcolo Superfici coperte dai moduli e cabine				
	Quantità	Superficie Singolo elemento [m2]	Superficie coperta [m2]	
Trackers x24		123	63,50	7 809
Trackers x48		1 214	126,05	153 025
Cabine		12	32,59	391
Container		2	18	36
<b>Superficie totale [m2]</b>			<b>161 261</b>	



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 22 di 143

**AREA 2 – TRIVIGNANO SUD**

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando 25 776 moduli in silicio monocristallino da 550Wp ciascuno e 6 inverter centralizzati da 2180 kW nominali come dettagliatamente descritto negli elaborati grafici e di seguito.

Come si mostra nella planimetria di progetto su riportata, il progetto prevede la suddivisione dell'impianto fotovoltaico in sei distinti sottocampi dotati di cabine di trasformazione ed inverter. I pannelli sono su tracker doppi da 48 e 24 pannelli, posti a interasse di 8 m.

In particolare si distinguono:

Stringhe	n. moduli in serie	n. moduli totali	Potenza Singolo modulo (Wp)	Potenza Totale (kWp)	
Sottocampo 1	179	24	4 296	550	2 362,8
Sottocampo 2	179	24	4 296	550	2 362,8
Sottocampo 3	179	24	4 296	550	2 362,8
Sottocampo 4	179	24	4 296	550	2 362,8
Sottocampo 5	179	24	4 296	550	2 362,8
Sottocampo 6	179	24	4 296	550	2 362,8
<b>Totali per Campo fotovoltaico</b>		<b>25 776</b>			<b>14 176,8</b>

Per quanto riguarda la superficie coperta:

Calcolo Superfici coperte dai moduli e cabine			
	Quantità	Superficie Singolo elemento [m2]	Superficie coperta [m2]
Trackers x24	91	63,50	5 778
Trackers x48	492	126,05	62 016
Cabine	6	32,59	195
Container	2	18	36
		<b>Superficie totale [m2]</b>	<b>67 961</b>

**AREA 3 – TRIVIGNANO NORD**

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando 63 056 moduli in silicio monocristallino da 550Wp ciascuno e 12 inverter centralizzati da 2180 kW nominali come dettagliatamente descritto negli elaborati grafici e di seguito.

Come si mostra nella planimetria di progetto su riportata, il progetto prevede la suddivisione dell'impianto fotovoltaico in dodici distinti sottocampi dotati di cabine di trasformazione ed inverter. I pannelli sono su posti su tracker doppi da 48 e 24 pannelli, posti a interasse di 8 m e su tracker monofila da 20, posti a interasse di 5,5 m .

In particolare si distinguono:

Stringhe	n. moduli in serie	n. moduli totali	Potenza Singolo modulo (Wp)	Potenza Totale (kWp)	
Sottocampo 1	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 2	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 3	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 4	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 5	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 6	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 7	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 8	219	24	5 256	550	2 890,8



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 23 di 143

Sottocampo	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 9	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 10	219	24	5 256	550	2 890,8
Sottocampo 11	219	24	5 240	550	2 882,0
Sottocampo 12				63 056	34 620,8
<b>Totali per Campo fotovoltaico</b>					

Per quanto riguarda la superficie coperta:

Calcolo Superfici coperte dai moduli e cabine			
	Quantità	Superficie Singolo elemento [m2]	Superficie coperta [m2]
Trackers x20	70	52,11	3 647
Trackers x24	183	63,50	11 620
Trackers x48	1 193	126,05	150 378
Cabine/altri Volumi tecnici	12	32,59	391
Container	2	18	36
<b>Superficie totale [m2]</b>			<b>166 072</b>

I moduli fotovoltaici saranno posati a terra tramite idonee strutture in acciaio zincato con inseguimento mono-assiale, come meglio descritto in seguito, disposti in file parallele opportunamente distanziate onde evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco. L'impianto sarà di tipo GRID-CONNECTED (connesso alla rete elettrica per l'immissione dell'energia). La misura dell'energia prodotta si realizzerà nel Locale di misura all'interno del manufatto Step Up ed avverrà, come prescritto dalle norme vigenti, attraverso un contatore di energia di tipo elettromeccanico con visualizzazione della quantità di energia ceduta alla rete elettrica esterna.

#### 4.3.1.2 Descrizione tecnica delle strutture di sostegno ad inseguimento monoassiale



Il progetto prevede l'impiego di tecnologie ad inseguimento monoassiale che permettono nel contempo di aumentare significativamente la redditività degli impianti e di ridurre l'impatto visivo degli stessi, avendo altezze inferiori. L'inseguitore solare est-ovest ha l'obiettivo di massimizzare l'efficienza energetica e i costi di un impianto fotovoltaico a terra che impiega pannelli fotovoltaici in silicio cristallino. Questo obiettivo si raggiunge con un singolo prodotto che garantisce i vantaggi di una soluzione di inseguimento solare con una semplice installazione e manutenzione come quella degli array fissi post-driven. Il tracker orizzontale monoassiale, che utilizza dispositivi elettromeccanici, segue il sole tutto il giorno, da est a ovest sull'asse di rotazione orizzontale nord-sud (inclinazione 0°). I layout di campo con inseguitori monoasse orizzontali sono molto flessibili, ciò significa che mantenere tutti gli assi di rotazione paralleli l'uno all'altro è tutto ciò che è necessario per posizionare opportunamente i tracker. Il





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 24 di 143

sistema di backtracking controlla e assicura che una serie di pannelli non oscuri gli altri pannelli adiacenti, quando l'angolo di elevazione del sole è basso nel cielo, all'inizio o alla fine della giornata.

### SKYSMART 2 TRACKER SPECIFICATIONS

Tracking Type	Independent horizontal single-axis tracker
Tracking Range	$\pm 60^\circ$
Driving System	Slewing drive, parallel multi-point design, 24VDC Motor
Modules per Tracker	Up to 120 modules per tracker
System Voltage	1,000 V or 1,500 V
Ground Coverage Ratio	Typical $\geq 35\%$
Foundation Options	Ramming/Pre-drilling/Concrete Piles
Terrain Adaption	Up to 20% N-S Slope
Structure Material	Hot dipped galvanized/Pre-galvanized steel
Power Supply	Powered by PV strings, back-up Li-ion battery
Daily Energy Consumption	Typical 0.08kWh
Standard Wind Design	105mph (47m/s) per ASCE7-10, higher wind load available
Wind Protection`	18m/s
Module Supported	All commercially available modules
Operation Temperature	-30°C to 60°C

### ELECTRONIC CONTROLLER SPECIFICATIONS

Control System	1 controller per tracker
Control Algorithm	Astronomical algorithms + Tilt sensor close loop
Tracking Accuracy	$\leq \pm 2^\circ$
Backtracking	Yes
Communication Options	LoRa wireless/ RS 485 cable
Night Position	Yes

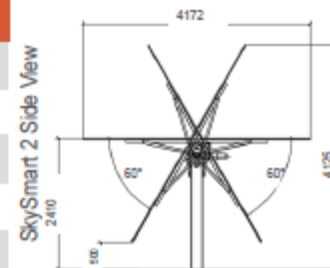


FIGURA 3 - DATI DEI TRACKER

Il Backtracking massimizza il rapporto di copertura del suolo. Grazie a questa funzione, è possibile ridurre la distanza centrale tra le varie stringhe. Pertanto, l'intero impianto fotovoltaico occupa meno terreno di quelli che impiegano soluzioni di localizzazione simili. L'assenza di inclinazione del cambiamento stagionale, (cioè il tracciamento "stagionale") ha scarso effetto sulla produzione di energia e consente una struttura meccanica molto più semplice che rende un sistema intrinsecamente affidabile. Questo design semplificato si traduce in una maggiore acquisizione di energia a un costo simile a una struttura fissa. Con il potenziale miglioramento della produzione di energia dal 15% al 35%, l'introduzione di una tecnologia di inseguimento economica ha facilitato lo sviluppo di sistemi fotovoltaici su vasta scala. Si rimanda alla relazione tecnica specifica sugli impianti per maggiori dettagli tecnologici.





#### 4.3.1.3 *Descrizione di Inverter di stringa e Cabine di trasformazione*

Le tre aree in cui è diviso l'impianto sono serviti nel complesso da 30 inverter, trasformatori e cabine di trasformazione.

*Container di trasformazione:*

E' prevista l'installazione di inverter centralizzati.

A **Pradamano e Trivignano Nord** sono previste 24 Cabine tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2180.

A **Trivignano Sud** sono previste n.6 cabine con inverter tipo SINACON PV - MARCA Siemens con inverter PV2180.

L'insieme degli inverter ha una potenza complessiva di 65,4 MW.

Di seguito vengono riportate le schede tecniche di riferimento:





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Inverter - Sinacon PV2180			
Manufacturer	Siemens	<b>Commercial data</b>	
Model	Sinacon PV2180	Availability :	Prod. Since 2017
		Data source :	Manufacturer 2019
		<b>Remarks</b>	
		Tecnologia:	Without LV Transfo, 3Level NPC-IGBT
		Protezione:	IP65
		Controllo:	Touchscreen
		<b>Sizes</b>	
		Width	1860 mm
		Height	3734 mm
		Depth	1142 mm
		Weight	2200.00 kg
<b>Input characteristics (PV array side)</b>			
Operating mode	MPPT		
Minimum MPP Voltage (Vmin)	875 V	Nominal PV Power (Pnom DC)	2216 kW
Maximum MPP Voltage (Vmax)	1500 V	Maximum PV Power (Pmax DC)	4360 kW
Absolute max. PV Voltage (Vmax array)	1500 V	Power Threshold (Pthresh.)	1000 W
Behaviour at Vmin/Vmax	Limitation		
Behaviour at Pnom	Limitation		
<b>Output characteristics (AC grid side)</b>			
Grid voltage (Imax)	Triphased 600 V	Nominal AC Power (Pnom AC)	2180 kWac
Grid frequency	50/60 Hz	Maximum AC Power (Pmax AC)	2180 kWac
		Nominal AC current (Inom AC)	2100 A
		Maximum AC current (Imax AC)	2100 A
<b>Efficiency defined for 3 voltages</b>			
	V	Maximum efficiency	European average efficiency
		%	%
Low voltage	952	98,9	98,8
Medium voltage	1000	98,9	98,7
High voltage	1350	98,7	98,5
<b>Remarks and Technical features</b>			
Array isolation monitoring			
Internal DC switch			
Internal AC switch			
Output Voltage disconnect adjustment			

*Trasformatori ad olio:*

I trasformatori marca Sirmet Elettrica srl modello UE2500-6/0.4-0

15 ±2x2,5% / 0.4kV

2500 kVA a 35°C

Vcc%= da 5 a 8,5% rif.

Dyn11

I prim. = 82°

I secon.= 3.080 A

Grado di protezione IP54

Contenimento olio:

- 2.300 kg totali 2,65 m<sup>3</sup>
- fossa in basamento ca al di sotto dei trasformatori dim. ca 2,5x3 m h=0,15 protetta da pioggia tramite tettoia copertura trasformatori

**4.3.1.4 Collegamenti elettrici e cavidotti**

La connessione in serie dei moduli fotovoltaici dovrà essere effettuata utilizzando i connettori multicontact pre-installati dal produttore nelle scatole di giunzione poste sul retro di ogni modulo. I cavi dovranno essere stesi fino a dove possibile all'interno degli appositi canali previsti nei profili delle strutture di fissaggio. Per la distribuzione dei cavi all'esterno si devono praticare degli scavi (profondità non inferiore a 0,8 m per i cavi di media tensione su proprietà privata e pari ad almeno 1,2 metri su terreno pubblico) seguendo un percorso il più possibile parallelo a strade o passaggi. I cavi MT dovranno essere separati da quelli BT e i cavi BT separati da quelli di segnalazione e monitoraggio. Ad intervalli di circa 15/20 m per tratti rettilinei e ad ogni derivazione si interporranno dei pozzetti rompitratta (del tipo prefabbricato con chiusino in cemento) per agevolare la posa delle condutture e consentire l'ispezione ed il controllo dell'impianto. I cavi, anche se del tipo per posa direttamente interrata, devono essere protetti meccanicamente mediante tubi. Il percorso interrato deve essere segnalato, ad esempio colorando



opportunamente i tubi (si deve evitare il colore giallo, arancio, rosso) oppure mediante nastri segnalatori posti a 20 cm sopra le tubazioni. Le tubazioni dei cavidotti in PVC devono essere di tipo pesante (resistenza allo schiacciamento non inferiore a 750 N). Ogni singolo elemento è provvisto ad una estremità di bicchiere per la giunzione. Il tubo è posato in modo che esso si appoggi sul fondo dello scavo per tutta la lunghezza; è completo di ogni minuteria ed accessorio per renderlo in opera conformemente alle norme CEI 23-29.

#### 4.3.1.5 Moduli fotovoltaici

I moduli previsti sono Longi **LR5-72HPH 525-550M** Monofacciali.

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando moduli in silicio monocristallino con caratteristiche tecniche dettagliate nel datasheet allegato.

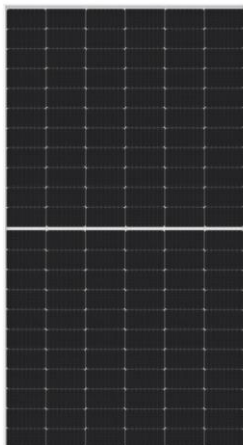
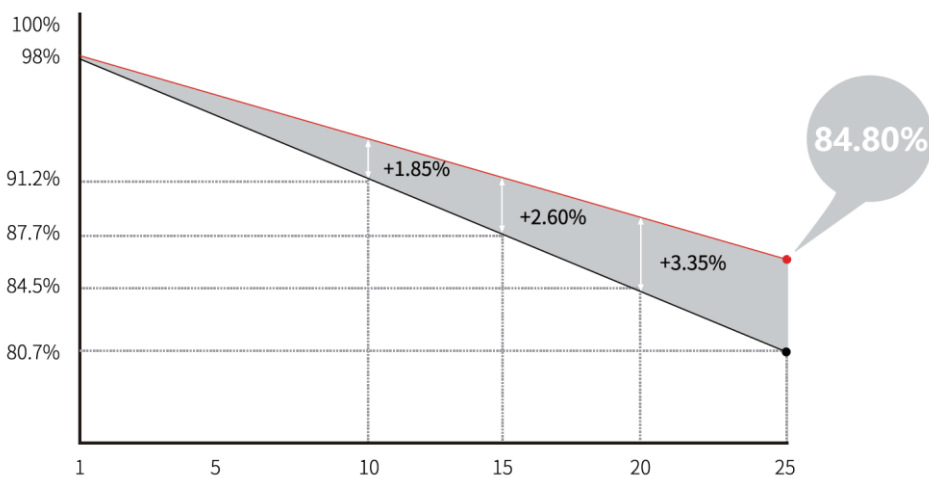
Ogni modulo dispone di diodi di by-pass alloggiati in una cassetta IP68 e posti in antiparallelo alle celle così da salvaguardare il modulo in caso di contro-polarizzazione di una o più celle dovuta ad ombreggiamenti o danneggiamenti.

I moduli scelti sono forniti di cornice e con garanzia di una potenza non inferiore al 90% del valore iniziale dopo 10 anni di funzionamento ed all'84,8% dopo 20 anni.

Ogni stringa di moduli sarà munita di diodo di blocco per isolare ogni stringa dalle altre in caso di accidentali ombreggiamenti, guasti etc.

La linea elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici sarà messa a terra mediante appositi scaricatori di sovratensione con indicazione ottica di fuori servizio, al fine di garantire la protezione dalle scariche di origine atmosferica.

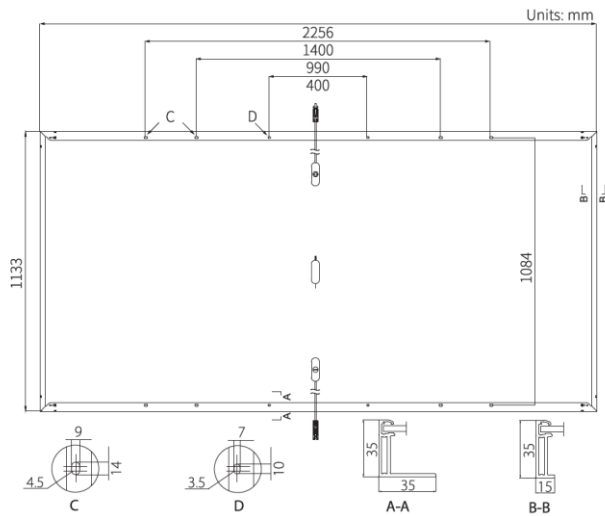
25-Year Power Warranty





# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese RELAZIONE TECNICA

Pag 28 di 143



### Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm <sup>2</sup> , positive 400 / negative 200mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	27.2kg
Dimension	2256×1133×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC

### Electrical Characteristics STC: AM1.5 1000W/m<sup>2</sup> 25°C Test uncertainty for Pmax ±3%

Power Class	525	530	535	540	545	550
Maximum Power (Pmax/W)	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.05	49.20	49.35	49.50	49.65	49.80
Short Circuit Current (Isc/A)	13.65	13.71	13.78	13.85	13.92	13.98
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.20	41.35	41.50	41.65	41.80	41.95
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.75	12.82	12.90	12.97	13.04	13.12
Module Efficiency(%)	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3	21.5

### Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ +5 W
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	25A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2

### Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

### Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/°C

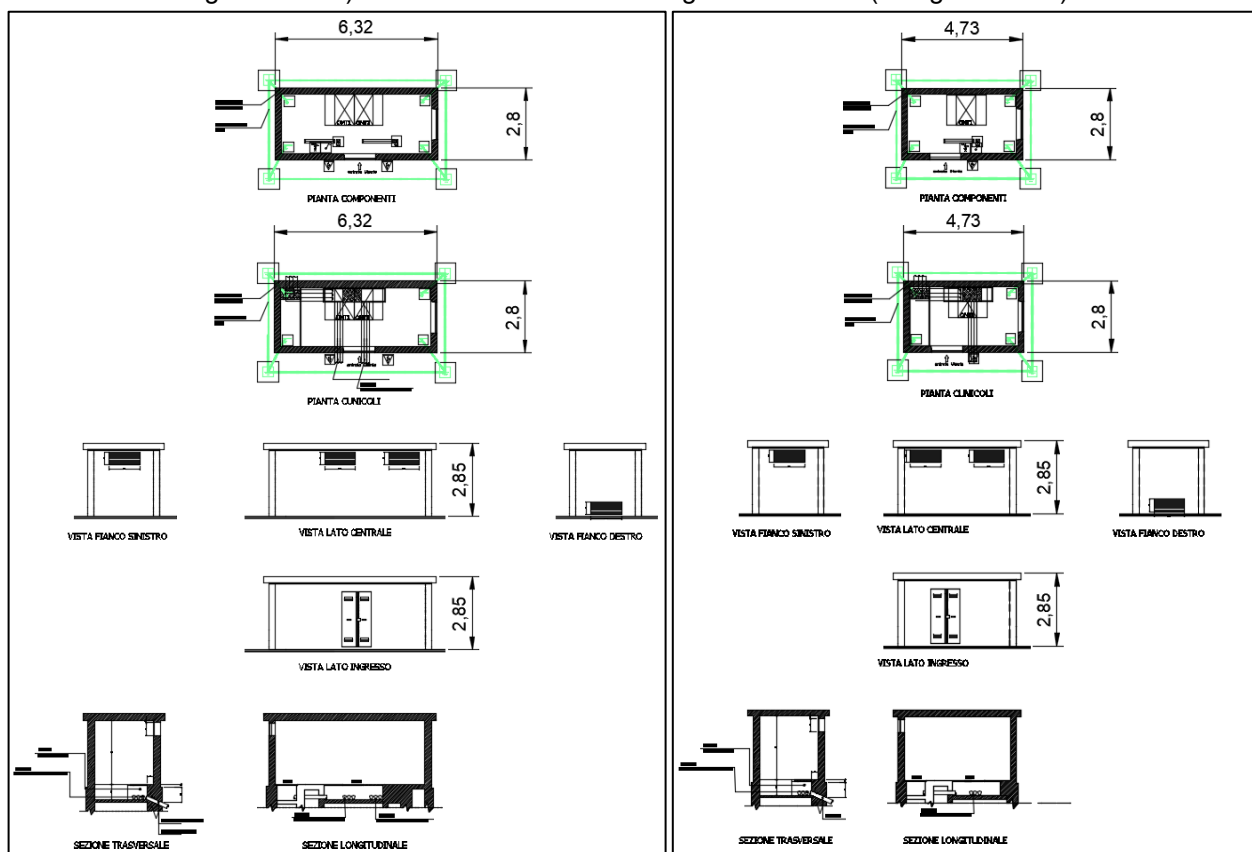


#### 4.3.1.6 Cabina di consegna

Le cabine di consegna saranno tre e saranno ubicate nei pressi dell'ingresso principale di ogni area (le planimetrie di progetto sono riportate nelle TAV10 - *Planimetria di progetto e sezioni Pradamano*, TAV12 - *Planimetria di progetto e sezioni Trivignano Sud* e TAV14 - *Planimetria di progetto e sezioni Trivignano Nord*).

L'edificio avrà dimensioni diverse per il lotto di Trivignano Sud e uguali dimensioni per i lotti Trivignano Nord e Pradamano. Le costruzioni saranno realizzate in c.a.

Nelle figure sono riportate le dimensioni delle cabine di consegna, a sinistra la cabina di consegna delle Aree 1 e 3 (Pradamano e Trivignano Nord) a destra la cabina di consegna dell'Area 2 (Trivignano Sud)



#### 4.3.1.7 Connessione a sottostazione Terna

Si tratta di tre campi fotovoltaici in siti che si trovano sotto differenti comuni ed elettricamente indipendenti. L'energia prodotta dagli impianti sarà veicolata tramite un cavidotto in MT interrato della lunghezza:

- Area 1 - Pradamano - ST pari a circa 12 km;
- Area 2 - Trivignano Sud - ST pari a circa 7,1 km;
- Area 3 - Trivignano Nord - ST pari a circa 5 km

percorrendo la strada provinciale e regionale in una sottostazione AT di Terna da 220 kV situata in località Persereano.

Di seguito si possono osservare i tre tracciati:

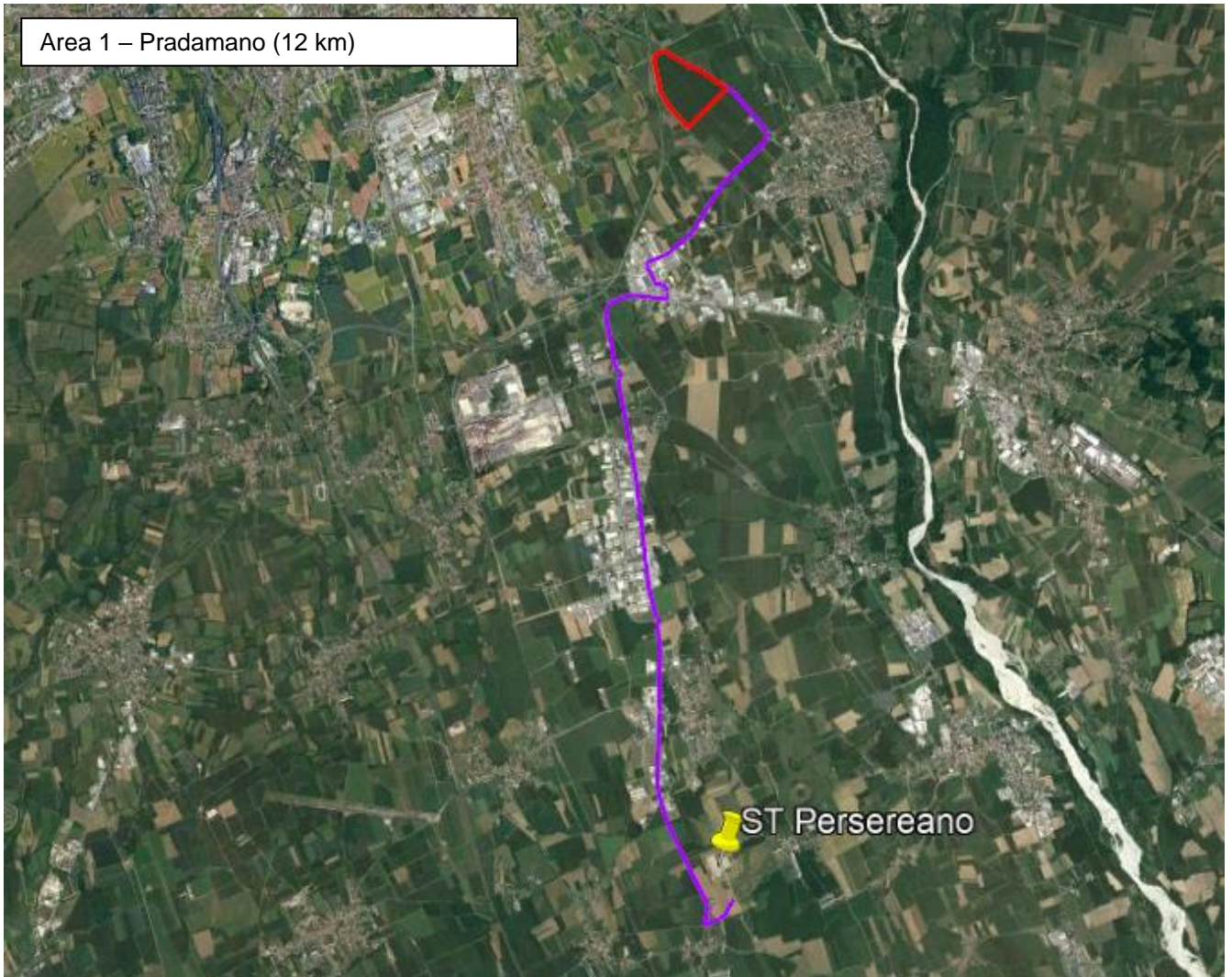




**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 30 di 143

Area 1 – Pradamano (12 km)







Area 2 – Trivignano Sud (7,1 km)



Area 3 – Trivignano Nord (5 km)



Il progetto prevede la realizzazione di tre linee dirette dalla cabina di consegna di ogni campo alla stazione di Step Up di Perseano.





Sulle tavole grafiche dei collegamenti alla Step Up sono indicate le localizzazioni dei punti singoli previsti. Si tratta di un fosso per la linea di Pradamano, di 6 fossi e 2 ponti per Trivignano Nord e di 2 fossi per Trivignano Sud.

#### 4.3.1.8 Tecnologia No Dig

Si effettuerà la posa dei cavi con tecnica HDD Horizontal Directional Drilling prevedendo la esecuzione dei pozzi di lancio ed arrivo a distanza non inferiore a 5 m dal confine di proprietà delle aree di pertinenza delle ferrovie dello Stato.

Si procederà alla posa dei cavi con l'ausilio di tecnica non invasiva No Dig.



Nello specifico si prevede di adottare la tecnologia del Horizontal Directional Drilling (HDD) che prevede la esecuzione della perforazione eseguita mediante utensile direzionabile. La capacità di controllo della traiettoria piano altimetrica è data dall'impiego contemporaneo di un sistema di guida e di una testa perforante direzionabile. La posizione della testa di scavo è monitorata in continuo grazie alla presenza di una sonda: è così possibile controllare il tracciato della perforazione con il profilo di progetto, riscontrare e correggere in tempo reale eventuali deviazioni. Il controllo elettronico piano altimetrico della perforazione in uno all'utilizzo di tubazioni flessibili (tipo in PEAD) permettono la realizzazione di tracciati di notevole curvatura.

Operativamente la realizzazione dell'attraversamento prevede tre macro fasi che sinteticamente si riportano nel seguito:

1. Esecuzione della postazione di partenza dove viene posizionato l'impianto di perforazione. Realizzazione di un foro pilota di piccolo diametro che, rispettando il profilo di progetto, avrà il suo punto di approdo sul lato opposto a quello di immissione ovvero oltre l'infrastruttura oggetto di interferenza. Il foro in questione, è eseguito mediante lancia di perforazione e l'inserimento nel terreno della batteria di aste mentre, l'asportazione del terreno scavato avviene per mezzo di fanghi bentonitici a circolazione continua.
2. Alesatura del foro mediante allargamento del foro pilotato al fine di raggiungere il diametro richiesto per l'alloggiamento della condotta. L'operazione viene eseguita con l'ausilio di getti di fango che consentono l'asportazione del terreno e la stabilizzazione delle pareti del foro mentre gli alesatori-compattatori ruotano per effetto del moto trasmesso dalle aste ed esercitano un'azione fresante allargando il foro.
3. Tiro della tubazione – procedendo nella stessa direzione della alesatura il tubo in PEAD di attraversamento viene agganciato all'alesatore e viene trainato fino ad occupare l'intera lunghezza della perforazione. Un apposito giunto evita che il moto rotatorio dell'alesatore possa indurre nella tubazione una sollecitazione di tipo torsionale.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 33 di 143

La tecnologia utilizzata (HDD) permette di limitare i punti di intervento al punto di lancio e di arrivo in cui si effettueranno gli scavi per posizionare la strumentazione. Prima di effettuare la perforazione verranno eseguite una serie di indagini, quali ad esempio l'introspezione mediante radar della natura del sottosuolo e della presenza di altri impianti (indagine litologica) che consentano di ricostruire la situazione del sottosuolo nel tratto interessato dalla posa dei tubi.

La bentonite è un'argilla fine mescolata con l'acqua per formare i fanghi di trivellazione. Questi fanghi permettono il raffreddamento dello strumento di trivellazione e di alesaggio, il consolidamento delle pareti del tunnel ed agevolano anche la trivellazione grazie alla pressione. Essi contribuiscono anche all'evacuazione dei materiali di scavo prima del trascinarsi della condotta. E' possibile modificare leggermente la densità di questo prodotto, talvolta in corso d'opera, per facilitare la trivellazione ed il trascinarsi. I fanghi di trivellazione saranno riciclati ed utilizzati in un circuito chiuso.

I punti interessati dalla tecnologia NO DIG sono i evidenziati sulle specifiche tavole di progetto.

#### **4.4 CONTROLLO E MONITORAGGIO DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

---

Per garantire un controllo continuo e immediato dello stato dell'impianto saranno installati sia un sistema di controllo remoto via web sia un apparato di monitoraggio ed immagazzinamento dei dati di funzionamento dell'impianto. Per i dettagli riguardanti il sistema di telecontrollo si rimanda alla relazione tecnica ed agli elaborati grafici specifici.

#### **4.5 IMPIANTO DI ANTIFURTO**

---

L'impianto sarà dotato di sistema TVCC a circuito chiuso a controllo remoto, completo di collegamenti con palo e plinto e barriere anti-intrusione.

Sia durante le fasi di realizzazione dell'impianto sia durante la vita utile un Istituto di Vigilanza installerà un sistema a ponte radio attraverso il quale potrà monitorare nelle ore notturne il parco fotovoltaico.

Il sistema garantisce che in caso di manomissioni da parte di malintenzionati, l'allarme generato sia trasferito alla sala di controllo dell'Istituto di Vigilanza che provvederà a far intervenire una pattuglia di controllo.

#### **4.6 CAVI ELETTRICI E CABLAGGIO**

---

I collegamenti elettrici lato DC dai moduli ai quadri di sottocampo, dai quadri di sottocampo ai quadri di campo, e dai quadri di campo agli inverter, verranno realizzati mediante l'utilizzo di cavi di adeguata sezione tale da garantire perdite complessive inferiori al 2% (come di seguito specificato). Inoltre, i cavi saranno a norma CEI 20-13, CEI20-22II e CEI 20-37 I, marchiatura I.M.Q., colorazione delle anime secondo norme UNEL, grado d'isolamento di 4 kV. Per non compromettere la sicurezza di chi opera sull'impianto durante la verifica o l'adeguamento o la manutenzione, i conduttori avranno la seguente colorazione:

Conduttori di protezione:            giallo-verde (obbligatorio)

Conduttore di neutro:                blu chiaro (obbligatorio)

Conduttore di fase:                  grigio / marrone

Conduttore per circuiti in C.C.:    chiaramente    siglato con indicazione del positivo con "+" e del negativo con "-".



I cavi sono dimensionati come descritto nel paragrafo dedicato e nei tabulati di calcolo allegati

#### 4.7 RELAZIONE DI CALCOLO DELL'IMPIANTO ELETTRICO

##### Calcolo delle correnti di impiego

Il calcolo delle correnti d'impiego viene eseguito in base alla classica espressione:

$$I_b = \frac{P_d}{k_{ca} \cdot V_n \cdot \cos \varphi}$$

nella quale:

- $k_{ca} = 1$  sistema monofase o bifase, due conduttori attivi;
- $k_{ca} = 1.73$  sistema trifase, tre conduttori attivi.

Se la rete è in corrente continua il fattore di potenza  $\cos \varphi$  è pari a 1.

Dal valore massimo (modulo) di  $I_b$  vengono calcolate le correnti di fase in notazione vettoriale (parte reale ed immaginaria) con le formule:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= I_b \cdot e^{-j\varphi} = I_b \cdot (\cos \varphi - j \sin \varphi) \\ \dot{I}_2 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 2\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos \left( \varphi - \frac{2\pi}{3} \right) - j \sin \left( \varphi - \frac{2\pi}{3} \right) \right) \\ \dot{I}_3 &= I_b \cdot e^{-j(\varphi - 4\pi/3)} = I_b \cdot \left( \cos \left( \varphi - \frac{4\pi}{3} \right) - j \sin \left( \varphi - \frac{4\pi}{3} \right) \right) \end{aligned}$$

Il vettore della tensione  $V_n$  è supposto allineato con l'asse dei numeri reali:

$$\dot{V}_n = V_n + j0$$

La potenza di dimensionamento  $P_d$  è data dal prodotto:

$$P_d = P_n \cdot \text{coeff}$$

nella quale *coeff* è pari al fattore di utilizzo per utenze terminali oppure al fattore di contemporaneità per utenze di distribuzione.

Per le utenze terminali la potenza  $P_n$  è la potenza nominale del carico, mentre per le utenze di distribuzione  $P_n$  rappresenta la somma vettoriale delle  $P_d$  delle utenze a valle ( $\square P_d$  a valle).

La potenza reattiva delle utenze viene calcolata invece secondo la:

$$Q_n = P_n \cdot \tan \varphi$$

per le utenze terminali, mentre per le utenze di distribuzione viene calcolata come somma vettoriale delle potenze reattive nominali a valle ( $\square Q_d$  a valle).

Il fattore di potenza per le utenze di distribuzione viene valutato, di conseguenza, con la:

$$\cos \varphi = \cos \left( \arctan \left( \frac{Q_n}{P_n} \right) \right)$$

##### Dimensionamento dei cavi

Il criterio seguito per il dimensionamento dei cavi è tale da poter garantire la protezione dei conduttori alle correnti di sovraccarico.

In base alla norma CEI 64-8/4 (par. 433.2), infatti, il dispositivo di protezione deve essere coordinato con la conduttura in modo da verificare le condizioni:

a)  $I_b \leq I_n \leq I_z$

b)  $I_f \leq 1.45 \cdot I_z$

Per la condizione a) è necessario dimensionare il cavo in base alla corrente nominale della protezione a monte. Dalla corrente  $I_b$ , pertanto, viene determinata la corrente nominale della protezione (seguendo i valori normalizzati) e con questa si procede alla determinazione della sezione.

Il dimensionamento dei cavi rispetta anche i seguenti casi:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 35 di 143

- condutture senza protezione derivate da una conduttura principale protetta contro i sovraccarichi con dispositivo idoneo ed in grado di garantire la protezione anche delle condutture derivate;
- conduttura che alimenta diverse derivazioni singolarmente protette contro i sovraccarichi, quando la somma delle correnti nominali dei dispositivi di protezione delle derivazioni non supera la portata  $I_z$  della conduttura principale.

L'individuazione della sezione si effettua utilizzando le tabelle di posa assegnate ai cavi. Elenchiamo alcune tabelle, indicate per il mercato italiano:

- IEC 60364-5-52 (PVC/EPR);
- IEC 60364-5-52 (Mineral);
- CEI-UNEL 35024/1;
- CEI-UNEL 35024/2;
- CEI-UNEL 35026;
- CEI 20-91 (HEPR).

In media tensione, la gestione del calcolo si divide a seconda delle tabelle scelte:

- CEI 11-17;
- CEI UNEL 35027 (1-30kV).
- EC 60502-2 (6-30kV)
- IEC 61892-4 off-shore (fino a 30kV)

Il programma gestisce ulteriori tabelle, specifiche per alcuni paesi. L'elenco completo è disponibile nei Riferimenti normativi.

Esse oltre a riportare la corrente ammissibile  $I_z$  in funzione del tipo di isolamento del cavo, del tipo di posa e del numero di conduttori attivi, riportano anche la metodologia di valutazione dei coefficienti di declassamento.

La portata minima del cavo viene calcolata come:

$$I_{z \min} = \frac{I_n}{k}$$

dove il coefficiente  $k$  ha lo scopo di declassare il cavo e tiene conto dei seguenti fattori:

- tipo di materiale conduttore;
- tipo di isolamento del cavo;
- numero di conduttori in prossimità compresi eventuali paralleli;
- eventuale declassamento deciso dall'utente.

La sezione viene scelta in modo che la sua portata (moltiplicata per il coefficiente  $k$ ) sia superiore alla  $I_{z \min}$ . Gli eventuali paralleli vengono calcolati nell'ipotesi che abbiano tutti la stessa sezione, lunghezza e tipo di posa (vedi norma 64.8 par. 433.3), considerando la portata minima come risultante della somma delle singole portate (declassate per il numero di paralleli dal coefficiente di declassamento per prossimità).

La condizione b) non necessita di verifica in quanto gli interruttori che rispondono alla norma CEI 23.3 hanno un rapporto tra corrente convenzionale di funzionamento  $I_f$  e corrente nominale  $I_n$  minore di 1.45 ed è costante per tutte le tarature inferiori a 125 A. Per le apparecchiature industriali, invece, le norme CEI 17.5 e IEC 947 stabiliscono che tale rapporto può variare in base alla corrente nominale, ma deve comunque rimanere minore o uguale a 1.45.

Risulta pertanto che, in base a tali normative, la condizione b) sarà sempre verificata.

Le condutture dimensionate con questo criterio sono, pertanto, protette contro le sovracorrenti.

### **Integrale di Joule**

Dalla sezione dei conduttori del cavo deriva il calcolo dell'integrale di Joule, ossia la massima energia specifica ammessa dagli stessi, tramite la:

$$I^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2$$

La costante  $K$  viene data dalla norma CEI 64-8/4 (par. 434.3), per i conduttori di fase e neutro e, dal paragrafo 64-8/5 (par. 543.1), per i conduttori di protezione in funzione al materiale conduttore e al materiale isolante. Per i cavi



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 36 di 143

ad isolamento minerale le norme attualmente sono allo studio, i paragrafi sopraccitati riportano però nella parte commento dei valori prudenziali.

I valori di K riportati dalla norma sono per i conduttori di fase (par. 434.3):

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma etilenpropilenica G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 200
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 200
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 74
Cavo in alluminio e isolato in G, G5-G7:	K = 92

I valori di K per i conduttori di protezione unipolari (par. 543.1) tab. 54B:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 143
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 166
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 176
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 143
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 95
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 110
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 116

I valori di K per i conduttori di protezione in cavi multipolari (par. 543.1) tab. 54C:

Cavo in rame e isolato in PVC:	K = 115
Cavo in rame e isolato in gomma G:	K = 135
Cavo in rame e isolato in gomma G5-G7:	K = 143
Cavo in rame serie L rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie L nudo:	K = 228
Cavo in rame serie H rivestito in materiale termoplastico:	K = 115
Cavo in rame serie H nudo:	K = 228
Cavo in alluminio e isolato in PVC:	K = 76
Cavo in alluminio e isolato in gomma G:	K = 89
Cavo in alluminio e isolato in gomma G5-G7:	K = 94

#### **Dimensionamento dei conduttori di neutro**

La norma CEI 64-8 par. 524.2 e par. 524.3, prevede che la sezione del conduttore di neutro, nel caso di circuiti polifasi, possa avere una sezione inferiore a quella dei conduttori di fase se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- il conduttore di fase abbia una sezione maggiore di 16 mm<sup>2</sup>;
- la massima corrente che può percorrere il conduttore di neutro non sia superiore alla portata dello stesso
- la sezione del conduttore di neutro sia almeno uguale a 16 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in rame e a 25 mm<sup>2</sup> se il conduttore è in alluminio.

Nel caso in cui si abbiano circuiti monofasi o polifasi e questi ultimi con sezione del conduttore di fase minore di 16 mm<sup>2</sup> se conduttore in rame e 25 mm<sup>2</sup> se conduttore in alluminio, il conduttore di neutro deve avere la stessa sezione del conduttore di fase. In base alle esigenze progettuali, sono gestiti fino a tre metodi di dimensionamento del conduttore di neutro, mediante:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione tramite rapporto tra le portate dei conduttori;
- determinazione in relazione alla portata del neutro.





Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore in questione secondo i seguenti vincoli dati dalla norma:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_n = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_n = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio consiste nell'impostare il rapporto tra le portate del conduttore di fase e il conduttore di neutro, e il programma determinerà la sezione in base alla portata.

Il terzo criterio consiste nel dimensionare il conduttore tenendo conto della corrente di impiego circolante nel neutro come per un conduttore di fase.

Le sezioni dei neutri possono comunque assumere valori differenti rispetto ai metodi appena citati, comunque sempre calcolati a regola d'arte.

### **Dimensionamento dei conduttori di protezione**

Le norme CEI 64.8 par. 543.1 prevedono due metodi di dimensionamento dei conduttori di protezione:

- determinazione in relazione alla sezione di fase;
- determinazione mediante calcolo.

Il primo criterio consiste nel determinare la sezione del conduttore di protezione seguendo vincoli analoghi a quelli introdotti per il conduttore di neutro:

$$\begin{aligned} S_f < 16\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f \\ 16 \leq S_f \leq 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = 16\text{mm}^2 \\ S_f > 35\text{mm}^2: & \quad S_{PE} = S_f / 2 \end{aligned}$$

Il secondo criterio determina tale valore con l'integrale di Joule, ovvero la sezione del conduttore di protezione non deve essere inferiore al valore determinato con la seguente formula:

$$S_p = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

dove:

- $S_p$  è la sezione del conduttore di protezione ( $\text{mm}^2$ );
- $I$  è il valore efficace della corrente di guasto che può percorrere il conduttore di protezione per un guasto di impedenza trascurabile (A);
- $t$  è il tempo di intervento del dispositivo di protezione (s);
- $K$  è un fattore il cui valore dipende dal materiale del conduttore di protezione, dell'isolamento e di altre parti.

Se il risultato della formula non è una sezione unificata, viene presa una unificata immediatamente superiore.

In entrambi i casi si deve tener conto, per quanto riguarda la sezione minima, del paragrafo 543.1.3.

Esso afferma che la sezione di ogni conduttore di protezione che non faccia parte della condotta di alimentazione non deve essere, in ogni caso, inferiore a:

- 2,5  $\text{mm}^2$  rame o 16  $\text{mm}^2$  alluminio se è prevista una protezione meccanica;
- 4  $\text{mm}^2$  o 16  $\text{mm}^2$  alluminio se non è prevista una protezione meccanica;

E' possibile, altresì, determinare la sezione mediante il rapporto tra le portate del conduttore di fase e del conduttore di protezione.

Nei sistemi TT, la sezione dei conduttori di protezione può essere limitata a:

- 25  $\text{mm}^2$ , se in rame;
- 35  $\text{mm}^2$ , se in alluminio;

### **Calcolo della temperatura dei cavi**

La valutazione della temperatura dei cavi si esegue in base alla corrente di impiego e alla corrente nominale tramite le seguenti espressioni:





$$T_{cavo}(I_b) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_b^2}{I_z^2} \right)$$
$$T_{cavo}(I_n) = T_{ambiente} + \left( \alpha_{cavo} \cdot \frac{I_n^2}{I_z^2} \right)$$

espresse in °C.

Esse derivano dalla considerazione che la sovratemperatura del cavo a regime è proporzionale alla potenza in esso dissipata.

Il coefficiente  $\alpha_{cavo}$  è vincolato dal tipo di isolamento del cavo e dal tipo di tabella di posa che si sta usando.

### Cadute di tensione

Le cadute di tensione sono calcolate vettorialmente. Per ogni utenza si calcola la caduta di tensione vettoriale lungo ogni fase e lungo il conduttore di neutro (se distribuito). Tra le fasi si considera la caduta di tensione maggiore che viene riportata in percentuale rispetto alla tensione nominale:

$$c.d.t(ib) = \max \left( \left( \sum_{i=1}^k \dot{Z}_{f_i} \cdot \dot{I}_{f_i} - \dot{Z}_{n_i} \cdot \dot{I}_{n_i} \right) \right)_{f=R,S,T}$$

con  $f$  che rappresenta le tre fasi R, S, T;

con  $n$  che rappresenta il conduttore di neutro;

con  $i$  che rappresenta le  $k$  utenze coinvolte nel calcolo;

Il calcolo fornisce, quindi, il valore esatto della formula approssimata:

$$c.d.t(I_b) = k_{cdt} \cdot I_b \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot (R_{cavo} \cdot \cos\varphi + X_{cavo} \cdot \sin\varphi) \cdot \frac{100}{V_n}$$

con:

- $K_{cdt} = 2$  per sistemi monofase;
- $K_{cdt} = 1.73$  per sistemi trifase.

I parametri  $R_{cavo}$  e  $X_{cavo}$  sono ricavati dalla tabella UNEL in funzione del tipo di cavo (unipolare/multipolare) ed alla sezione dei conduttori; di tali parametri il primo è riferito a 70° C per i cavi con isolamento PVC, a 90° C per i cavi con isolamento EPR; mentre il secondo è riferito a 50Hz, ferme restando le unità di misura in  $\Omega/\text{km}$ .

Se la frequenza di esercizio è differente dai 50 Hz si imposta

$$X'_{cavo} = \frac{f}{50} \cdot X_{cavo}$$

La caduta di tensione da monte a valle (totale) di una utenza è determinata come somma delle cadute di tensione vettoriale, riferite ad un solo conduttore, dei rami a monte all'utenza in esame, da cui, viene successivamente determinata la caduta di tensione percentuale riferendola al sistema (trifase o monofase) e alla tensione nominale dell'utenza in esame.

Sono adeguatamente calcolate le cadute di tensione totali nel caso siano presenti trasformatori lungo la linea (per esempio trasformatori MT/BT o BT/BT). In tale circostanza, infatti, il calcolo della caduta di tensione totale tiene conto sia della caduta interna nei trasformatori, sia della presenza di spine di regolazione del rapporto spire dei trasformatori stessi.

Se al termine del calcolo delle cadute di tensione alcune utenze abbiano valori superiori a quelli definiti, si ricorre ad un procedimento di ottimizzazione per far rientrare la caduta di tensione entro limiti prestabiliti (limiti dati da CEI 64-8 par. 525). Le sezioni dei cavi vengono forzate a valori superiori cercando di seguire una crescita uniforme fino a portare tutte le cadute di tensione sotto i limiti.

### Fornitura della rete

La conoscenza della fornitura della rete è necessaria per l'inizializzazione della stessa al fine di eseguire il calcolo dei guasti.

Le tipologie di fornitura possono essere:

- in bassa tensione



- in media tensione
- in alta tensione
- ad impedenza nota
- in corrente continua

I parametri trovati in questa fase servono per inizializzare il calcolo dei guasti, ossia andranno sommati ai corrispondenti parametri di guasto della utenza a valle. Noti i parametri alle sequenze nel punto di fornitura, è possibile inizializzare la rete e calcolare le correnti di cortocircuito secondo le norme CEI EN 60909-0. Tali correnti saranno utilizzate in fase di scelta delle protezioni per la verifica dei poteri di interruzione delle apparecchiature.

### Media e Alta tensione

Nel caso in cui la fornitura sia in media o alta tensione si considerano i seguenti dati di partenza:

- Tensione di fornitura  $V_{mt}$  (in kV);
- Corrente di corto circuito trifase massima,  $I_{kmax}$  (in kA);
- Corrente di corto circuito monofase a terra massima,  $I_{k1ftmax}$  (in kA);

Se si conoscono si possono aggiungere anche le correnti:

- Corrente di corto circuito trifase minima,  $I_{kmin}$  (in kA);
- Corrente di corto circuito monofase a terra minima,  $I_{k1ftmin}$  (in kA);

Dai dati si ricavano le impedenze equivalenti della rete di fornitura per determinare il generatore equivalente di tensione.

$$Z_{ccmt} = \frac{1,1 \cdot V_{mt}}{\sqrt{3} \cdot I_{kmax}} \cdot 1000$$

da cui si ricavano le componenti dirette:

$$\cos\varphi_{ccmt} = \sqrt{1 - (0,995)^2}$$

$$X_{dl} = 0,995 \cdot Z_{ccmt}$$

$$R_{dl} = \cos\varphi_{ccmt} \cdot Z_{ccmt}$$

e le componenti omopolari:

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot V_{mt}}{I_{k1ftmax}} \cdot 1000 \cdot \cos\varphi_{ccmt} - (2 \cdot R_{dl})$$

$$X_0 = R_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi_{ccmt})^2} - 1}$$

### Trasformatori

Se nella rete sono presenti dei trasformatori a due avvolgimenti, i dati di targa richiesti sono:

- potenza nominale  $P_n$  (in kVA);
- perdite di cortocircuito  $P_{cc}$  (in W);
- tensione di cortocircuito  $V_{cc}$  (in %)
- rapporto tra la corrente di inserzione e la corrente nominale  $I_{lr}/I_{rt}$ ;
- rapporto tra la impedenza alla sequenza omopolare e quella di corto circuito;
- tipo di collegamento;
- tensione nominale del primario  $V_1$  (in kV);
- tensione nominale del secondario  $V_{o2}$  (in V).

Dai dati di targa si possono ricavare le caratteristiche elettriche dei trasformatori, ovvero:

Impedenza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

$$Z_{cct} = \frac{v_{cc}}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Resistenza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

$$R_{cct} = \frac{P_{cc}}{1000} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n^2}$$

Reattanza di cortocircuito del trasformatore espressa in mΩ:

$$X_{cct} = \sqrt{Z_{cct}^2 - R_{cct}^2}$$

L'impedenza a vuoto omopolare del trasformatore viene ricavata dal rapporto con l'impedenza di cortocircuito dello stesso:

$$Z_{vot} = Z_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

dove il rapporto  $Z_{vot}/Z_{cct}$  vale usualmente 10-20.

In uscita al trasformatore si otterranno pertanto i parametri alla sequenza diretta, in mΩ:

$$Z_d = |\dot{Z}_{cct}| = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

nella quale:

$$R_d = R_{cct}$$

$$X_d = X_{cct}$$

I parametri alla sequenza omopolare dipendono invece dal tipo di collegamento del trasformatore in quanto, in base ad esso, abbiamo un diverso circuito equivalente.

Pertanto, se il trasformatore è collegato triangolo/stella (Dy), si ha:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \frac{\left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}{1 + \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)}$$

Diversamente, se il trasformatore è collegato stella/stella (Yy) avremmo:

$$R_{ot} = R_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

$$X_{ot} = X_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

$$Z_{ot} = Z_{cct} \cdot \left( \frac{Z_{vot}}{Z_{cct}} \right)$$

**Fattori di correzione per generatori e trasformatori (EN 60909-0)**



La norma EN 60909-0 fornisce una serie di fattori correttivi per il calcolo delle impedenze di alcune macchine presenti nella rete. Quelle utilizzate per il calcolo dei guasti riguardano i generatori e i trasformatori.

#### **Fattore di correzione per trasformatori (EN 60909-0 par. 6.3.3)**

Per i trasformatori a due avvolgimenti, con o senza regolazione delle spire, quando si stanno calcolando le correnti massime di cortocircuito, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza  $K_T$  tale che:

$$Z_{cctK} = K_T \cdot Z_{cct}$$
$$K_T = 0.95 \cdot \frac{C_{max}}{1 + 0.6 \cdot x_T}$$

dove

$$x_T = \frac{X_{cct}}{V_{02}^2 / P_n}$$

è la reattanza relativa del trasformatore e  $C_{max}$  è preso dalla tabella 1 ed è relativo alla tensione lato bassa del trasformatore.

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.

#### **Fattore di correzione per generatori sincroni (EN 60909-0 par. 6.6.1)**

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei sistemi alimentati direttamente da generatori senza trasformatori intermedi, si deve introdurre un fattore di correzione  $K_G$  tale che:

$$Z_{GK} = K_G \cdot Z_G$$

con

$$K_G = \frac{V_{02}}{U_{rG}} \cdot \frac{C_{max}}{1 + x'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

dove

$$x'' = \frac{X''}{V_{02}^2 / P_n}$$

è la reattanza satura relativa subtransitoria del generatore.

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare.

Nella formula compaiono a numeratore e denominatore la tensione nominale di sistema e la tensione nominale del generatore ( $U_{rG}$ ). In Ampère  $U_{rG}$  non è gestita, quindi si considera  $V_{02}/U_{rG} = 1$ .

#### **Fattore di correzione per gruppi di produzione con regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.1)**

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza  $K_S$  da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SK} = K_S \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

con

$$K_S = \frac{C_{max}}{1 + |x'' - x_T| \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare. La formula per  $K_S$  non considera eventuali differenze tra valori nominali delle macchine e tensione nominale del sistema elettrico.

#### **Fattore di correzione per gruppi di produzione senza regolazione automatica della tensione del trasformatore (EN 60909-0 par. 6.7.2)**

Nel calcolo delle correnti massime di cortocircuito iniziali nei gruppi di produzione, si deve introdurre un fattore di correzione di impedenza  $K_{SO}$  da applicare alla impedenza complessiva nel lato alta del trasformatore:

$$Z_{SOK} = K_{SO} \cdot (t_r^2 \cdot Z_G + Z_{THV})$$

con



$$K_{SO} = (1 \pm p_T) \cdot \frac{c_{max}}{1 + x'' \cdot \sqrt{1 - \cos \varphi_{rG}}}$$

Dove  $p_T$  è la variazione di tensione del trasformatore tramite la presa a spina scelta. Nel programma viene impostato il fattore  $(1-p_T)$ , con  $p_T = (|V_{sec}-V_{02}|)/V_{02}$ .  
Tale fattore deve essere applicato alla impedenza diretta, inversa ed omopolare. La formula per  $K_{SO}$  non considera eventuali differenze tra valori nominali delle macchine e tensione nominale del sistema elettrico.

### Generatori sincroni

In media tensione ed in bassa tensione è possibile inserire più generatori.

I dati di targa richiesti per i generatori sono:

- potenza nominale  $P_n$  (in kVA);
- reattanza sincrona percentuale  $x_s$ ;
- reattanza subtransitoria percentuale  $x''$ ;
- reattanza subtransitoria in quadratura percentuale  $x''_q$ ;
- reattanza alla sequenza omopolare percentuale  $x_0$ .

La reattanza subtransitoria si calcola con la formula:

$$X'' = \frac{x''}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

dalla quale si ricavano le componenti alla sequenza diretta da usare nel calcolo dei guasti subtransitori:

$$R_d = 0$$

$$X_d = X''$$

La componente resistiva si trascura rispetto alla componente reattiva del generatore.

L'impedenza sincrona, da usare nei guasti simmetrici permanenti, si calcola con la formula:

$$X_s = \frac{x_s}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

Per i guasti asimmetrici, sia subtransitorio che permanente, servono le sequenze inverse ed omopolari.  
Per il calcolo dell'impedenza alla sequenza inversa, con la reattanza subtransitoria in quadratura:

$$X''_q = \frac{x''_q}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

si applica la formula:

$$X_i = \frac{X'' + X''_q}{2}$$

Infine, si ricava la reattanza omopolare come:

$$R_0 = 0$$
$$X_0 = \frac{x_0}{100} \cdot \frac{V_{02}^2}{P_n}$$

### Attenuazione della corrente di guasto per guasti simmetrici e vicini

Vedere Motori sincroni.

### Generatori asincroni

[Olivieri e Ravelli, Elettrotecnica II° vol., Edizioni CEDAM]

Come ogni altra macchina elettrica, anche il motore asincrono è reversibile, quindi può diventare un generatore di energia elettrica. Quando la macchina funziona a vuoto, essa assorbe energia per la magnetizzazione del campo



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 43 di 143

rotante e per le perdite. Se si applica al rotore una coppia motrice si passa ad uno scorrimento negativo ed una conseguente produzione di energia.

Il programma Ampère simula il funzionamento del generatore asincrono tramite lo studio del diagramma circolare. Impostata la potenza attiva, viene ricavata la potenza reattiva corrispondente assorbita dalla rete, da cui si calcolano le correnti erogate. La potenza attiva sarà quindi erogata dalla macchina, mentre quella reattiva assorbita dalla rete.

La generatrice asincrona può erogare solo correnti sfasate di un certo angolo in anticipo rispetto alla f.e.m. che genera: e questo sfasamento non può essere in alcun modo regolato, ma assume un valore suo proprio per ogni valore della corrente erogata.

I parametri caratteristici da richiedere sono:

- Potenza meccanica
- Rendimento N - nominale
- Rendimento 3/4 N
- Rendimento 2/4 N
- Fattore di potenza N - nominale
- Fattore di potenza 3/4 N
- Fattore di potenza 2/4 N
- P numero di coppie polari

Si individuano così tre punti appartenenti al diagramma circolare della macchina asincrona.

Altrimenti vengono richiesti i seguenti dati, sempre necessari per determinare il diagramma circolare:

- Potenza meccanica
- Rendimento N - nominale
- Fattore di potenza N - nominale
- Potenza assorbita a vuoto
- Fattore di potenza a vuoto
- P numero di coppie polari

I generatori asincroni trifasi contribuiscono al guasto transitorio per tutti i punti della rete dai quali sono "visti". Condizione necessaria per il calcolo del contributo al guasto è che il generatore sia alimentato da un'altra fonte, che gli fornisce la potenza reattiva necessaria al suo funzionamento.

I calcoli dei guasti seguono le stesse procedure utilizzate per i Motori asincroni.

#### **Attenuazione della corrente di guasto per guasti simmetrici e vicini**

Vedere Motori asincroni.

#### **Calcolo dei guasti**

Con il calcolo dei guasti vengono determinate le correnti di cortocircuito minime e massime immediatamente a valle della protezione dell'utenza (inizio linea) e a valle dell'utenza (fondo linea).

Le condizioni in cui vengono determinate sono:

- guasto trifase (simmetrico);
- guasto bifase (disimmetrico);
- guasto bifase-neutro (disimmetrico);
- guasto bifase-terra (disimmetrico);
- guasto fase terra (disimmetrico);
- guasto fase neutro (disimmetrico).

I parametri alle sequenze di ogni utenza vengono inizializzati da quelli corrispondenti dell'utenza a monte che, a loro volta, inizializzano i parametri della linea a valle.

#### **Calcolo delle correnti massime di cortocircuito**

Il calcolo delle correnti di cortocircuito massime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0. Sono previste le seguenti condizioni generali:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori in regime di guasto subtransitorio. Eventuale gestione della attenuazione della corrente per il guasto trifase 'vicino' alla sorgente.





- tensione di alimentazione nominale valutata con fattore di tensione  $C_{max}$ ;
- impedenza di guasto minima della rete, calcolata alla temperatura di 20°C.

La resistenza diretta, del conduttore di fase e di quello di protezione, viene riportata a 20 °C, partendo dalla resistenza data dalle tabelle UNEL 35023-2012 che può essere riferita a 70 o 90 °C a seconda dell'isolante, per cui esprimendola in mΩ risulta:

$$R_{dc} = \frac{R_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \left( \frac{1}{1 + (\alpha \cdot \Delta T)} \right)$$

dove  $\Delta T$  è 50 o 70 °C e  $\alpha = 0.004$  a 20 °C.

Nota poi dalle stesse tabelle la reattanza a 50 Hz, se  $f$  è la frequenza d'esercizio, risulta:

$$X_{dc} = \frac{X_c}{1000} \cdot \frac{L_c}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

possiamo sommare queste ai parametri diretti della utenza a monte ottenendo così la impedenza di guasto minima a fine utenza.

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza diretta sono:

$$R_{db} = \frac{R_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000}$$

La reattanza è invece:

$$X_{db} = \frac{X_b}{1000} \cdot \frac{L_b}{1000} \cdot \frac{f}{50}$$

Per le utenze con impedenza nota, le componenti della sequenza diretta sono i valori stessi di resistenza e reattanza dell'impedenza.

Per quanto riguarda i parametri alla sequenza omopolare, occorre distinguere tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ottengono da quelli diretti tramite le:

$$R_{0cN} = R_{dc} + 3 \cdot R_{dcN}$$

$$X_{0cN} = 3 \cdot X_{dc}$$

Per il conduttore di protezione, invece, si ottiene:

$$R_{0cPE} = R_{dc} + 3 \cdot R_{dcPE}$$

$$X_{0cPE} = 3 \cdot X_{dc}$$

dove le resistenze  $R_{dcN}$  e  $R_{dcPE}$  vengono calcolate come la  $R_{dc}$ .

Per le utenze in condotto in sbarre, le componenti della sequenza omopolare sono distinte tra conduttore di neutro e conduttore di protezione.

Per il conduttore di neutro si ha:

$$R_{0bN} = R_{db} + 3 \cdot R_{dbN}$$

$$X_{0bN} = 3 \cdot X_{db}$$

Per il conduttore di protezione viene utilizzato il parametro di reattanza dell'anello di guasto fornito dai costruttori:

$$R_{0bPE} = R_{db} + 3 \cdot R_{dbPE}$$

$$X_{0bPE} = X_{db} + 3 \cdot (X_{b-ring} - X_{db})$$

I parametri di ogni utenza vengono sommati con i parametri, alla stessa sequenza, della utenza a monte, espressi in mΩ:

$$R_d = R_{dc} + R_{d-up}$$

$$X_d = X_{dc} + X_{d-up}$$

$$R_{0N} = R_{0cN} + R_{0N-up}$$

$$X_{0N} = X_{0cN} + X_{0N-up}$$



$$R_{0PE} = R_{0cPE} + R_{0PE-up}$$

$$X_{0PE} = X_{0cPE} + X_{0PE-up}$$

Per le utenze in condotto in sbarre basta sostituire *sbarra a cavo*.  
 Ai valori totali vengono sommate anche le impedenze della fornitura.

Noti questi parametri vengono calcolate le impedenze (in mΩ) di guasto trifase:

$$Z_{k \min} = \sqrt{R_d^2 + X_d^2}$$

Fase neutro (se il neutro è distribuito):

$$Z_{k1N \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0N})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0N})^2}$$

Fase terra:

$$Z_{k1PE \min} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot R_d + R_{0PE})^2 + (2 \cdot X_d + X_{0PE})^2}$$

Da queste si ricavano le correnti di cortocircuito trifase  $I_{k \max}$ , fase neutro  $I_{k1N \max}$ , fase terra  $I_{k1PE \max}$  e bifase  $I_{k2 \max}$  espresse in kA:

$$I_{k \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \min}}$$

$$I_{k1N \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N \min}}$$

$$I_{k1PE \max} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \min}}$$

$$I_{k2 \max} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_{k \min}}$$

Infine dai valori delle correnti massime di guasto si ricavano i valori di cresta delle correnti:

$$I_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k \max}$$

$$I_{p1N} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1N \max}$$

$$I_{p1PE} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1PE \max}$$

$$I_{p2} = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

dove:

$$\kappa \approx 1.02 + 0.98 \cdot e^{-3 \frac{R_d}{X_d}}$$

Calcolo della corrente di cresta per guasto trifase secondo la norma IEC 61363-1: Electrical installations of ships. Se richiesto,  $I_p$  può essere calcolato applicando il metodo semplificato della norma riportato al paragrafo 6.2.5 Neglecting short-circuit current decay. Esso prevede l'utilizzo di un coefficiente  $k = 1.8$  che tiene conto della massima asimmetria della corrente dopo il primo semiperiodo di guasto.

#### Calcolo delle correnti minime di cortocircuito

Il calcolo delle correnti di cortocircuito minime viene condotto come descritto nella norma CEI EN 60909-0 par 7.1.2 per quanto riguarda:

- guasti con contributo della fornitura e dei generatori. Il contributo dei generatori è in regime permanente per i guasti trifasi 'vicini', mentre per i guasti 'lontani' o asimmetrici si considera il contributo subtransitorio;
- la tensione nominale viene moltiplicata per il fattore di tensione  $C_{min}$ , che può essere 0.95 se  $C_{max} = 1.05$ , oppure 0.90 se  $C_{max} = 1.10$  (Tab. 1 della norma CEI EN 60909-0); in media e alta tensione il fattore  $C_{min}$  è pari a 1;

Per la temperatura dei conduttori si può scegliere tra:

- il rapporto Cenelec R064-003, per cui vengono determinate le resistenze alla temperatura limite dell'isolante in servizio ordinario del cavo;



- la norma CEI EN 60909-0, che indica le temperature alla fine del guasto.

Le temperature sono riportate in relazione al tipo di isolamento del cavo, precisamente:

Isolante	Cenelec R064-003 [°C]	CEI EN 60909-0 [°C]
PVC	70	160
G	85	200
G5/G7/G10/EPR	90	250
HEPR	120	250
serie L rivestito	70	160
serie L nudo	105	160
serie H rivestito	70	160
serie H nudo	105	160

Da queste è possibile calcolare le resistenze alla sequenza diretta e omopolare alla temperatura relativa all'isolamento del cavo:

$$R_{d \max} = R_d \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0N \max} = R_{0N} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

$$R_{0PE \max} = R_{0PE} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Queste, sommate alle resistenze a monte, danno le resistenze massime.

Valutate le impedenze mediante le stesse espressioni delle impedenze di guasto massime, si possono calcolare le correnti di cortocircuito trifase  $I_{k1min}$  e fase terra, espresse in kA:

$$I_{k \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k \max}}$$

$$I_{k1N \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1N \max}}$$

$$I_{k1PE \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k1PE \max}}$$

$$I_{k2 \min} = \frac{0.95 \cdot V_n}{2 \cdot Z_{k \max}}$$

### Calcolo guasti bifase-neutro e bifase-terra

Riportiamo le formule utilizzate per il calcolo dei guasti. Chiamiamo con  $Z_d$  la impedenza diretta della rete, con  $Z_i$  l'impedenza inversa, e con  $Z_0$  l'impedenza omopolare.

Nelle formule riportate in seguito,  $Z_0$  corrisponde all'impedenza omopolare fase-neutro o fase-terra.

$$I_{k2} = \left| -j \cdot V_n \cdot \frac{\dot{Z}_0 - \alpha \cdot \dot{Z}_i}{\dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_i + \dot{Z}_d \cdot \dot{Z}_0 + \dot{Z}_i \cdot \dot{Z}_0} \right|$$

e la corrente di picco:

$$I_{p2} = k \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k2 \max}$$

### Guasti monofasi a terra linee MT

Calcolo correnti omopolari a seguito di guasto fase-terra in circuiti di media-alta tensione.

Il calcolo dei guasti a terra in reti di media e alta tensione coinvolge lo studio dell'effetto capacitivo della rete durante il regime di guasto.

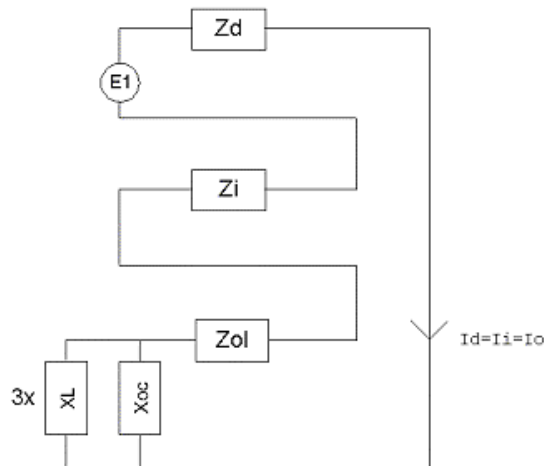
Inoltre, le tecniche di determinazione delle linee guaste tramite relè varmetrici richiedono la conoscenza dei valori di corrente omopolare in funzione dei punti di guasto.

La nuova CEI 0-16 (e precedentemente la Enel DK5600), con l'introduzione del collegamento a terra del centro stella in media, richiede uno strumento per il dimensionamento della bobina di Petersen e il coordinamento delle protezioni degli utenti.

Per rispondere a tutte queste problematiche, Ampère Professional esegue il calcolo del regime di corrente omopolare a seguito di un guasto fase-terra.



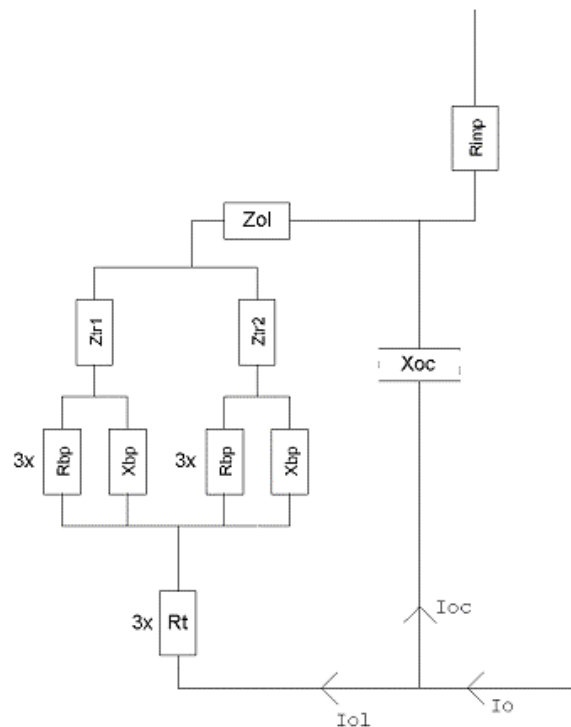
Il modello di calcolo delle correnti omopolari, seguendo la teoria delle sequenze dirette, inverse e omopolari, per un guasto fase-terra è il seguente:



Con  $Z_d$  e  $Z_i$  si intendono le impedenze alle sequenze diretta ed inversa.

Per il calcolo dell'impedenza omopolare occorre considerare più elementi (vedi figura in basso, esempio con due trasformatori in parallelo):

- $Z_{ol}$ : impedenza omopolare del tratto di linea dal punto di guasto fino al trasformatore a monte;
- $Z_{tr}$ : impedenza omopolare del trasformatore (vista a secondario);
- $Z_{bp\tau}$ : ( $R_{bp}+jX_{bp}$ ) impedenza bobina di Petersen, costituita da un resistore ed una induttanza in parallelo;
- $R_t$ : resistenza di terra punto di collegamento a terra del centro stella del trasformatore;
- $R_{imp}$ : resistenza per guasto a terra non franco;
- $X_{oc}$ : reattanza capacitiva di tutta la rete appartenente alla stessa zona dell'utenza guasta e a valle dello stesso trasformatore.



Nota: il valore di  $X_{oc}$  è praticamente lo stesso per qualsiasi punto di guasto. Riferimenti: Lezioni di Impianti elettrici di Antonio Paolucci (Dipartimento Energia Elettrica Università di Padova) e CEI 11-37.

Per calcolare con buona approssimazione la  $X_{oc}$ , si utilizzano le due formule:

$$I_g = \frac{3 \cdot E}{X_{oc}}$$



$$I_g = (0.003 \cdot L1 + 0.2 \cdot L2) \cdot V_{kv}$$

dove  $I_g$  è la corrente di guasto a terra calcolata considerando la sola reattanza capacitiva nella prima formula, mentre nella seconda è riportato il suo valore se si è a conoscenza delle lunghezze (in km) di rete aerea L1 ed in cavo L2 della rete in media.  $V_{kv}$  è il valore di tensione nominale concatenata espressa in kV.

Uguagliando le due formule, ed esplicitando per  $X_{oc}$  si ottiene:

$$X_{oc} = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^9}{(0.003 \cdot l1 + 0.2 \cdot l2)} \cdot \frac{f_0}{f}$$

con  $l1$  e  $l2$  espresse in metri,  $X_{oc}$  espressa in mohm,  $f_0 = 50$  Hz e  $f$  la frequenza di lavoro.

Calcolata la corrente di guasto omopolare  $I_o$ , secondo lo schema riportato nella figura precedente, rispetto a tutti i punti di guasto (valle delle utenze), si deve calcolare come essa si ripartisce nella rete e quanta viene vista da ogni protezione omopolare 67N distribuita nella rete.

Per prima cosa la  $I_o$  va ripartita in due correnti:  $I_{oc}$  per la  $X_{oc}$ , l'altra ( $I_{ol}$ ) per il centro stella del trasformatore attraverso la bobina di Petersen.

Poi, la  $I_{ol}$  viene suddivisa tra gli eventuali trasformatori in parallelo, proporzionalmente alla potenza.

La  $I_{oc}$ , essendo la corrente capacitiva che si richiude attraverso le capacità della rete, va suddivisa tra le utenze in cavo o aeree in media proporzionalmente alla capacità di ognuna (condensatori in parallelo).

Per ora non si tiene conto dei fattori di riduzione relativi a funi di guardia delle linee elettriche aeree e degli schermi metallici dei cavi sotterranei.

Tali fattori determinerebbero una riduzione della corrente  $I_{oc}$  e  $I_{ol}$  in quanto esisterebbe una terza componente nella  $I_o$  che si richiude attraverso questi elementi.

### Scelta delle protezioni

La scelta delle protezioni viene effettuata verificando le caratteristiche elettriche nominali delle condutture ed i valori di guasto; in particolare le grandezze che vengono verificate sono:

- corrente nominale, secondo cui si è dimensionata la conduttura;
- numero poli;
- tipo di protezione;
- tensione di impiego, pari alla tensione nominale della utenza;
- potere di interruzione, il cui valore dovrà essere superiore alla massima corrente di guasto a monte dell'utenza  $I_{km max}$ ;
- taratura della corrente di intervento magnetico, il cui valore massimo per garantire la protezione contro i contatti indiretti (in assenza di differenziale) deve essere minore della minima corrente di guasto alla fine della linea ( $I_{mag max}$ ).

### Verifica della protezione a cortocircuito delle condutture

Secondo la norma 64-8 par.434.3 "Caratteristiche dei dispositivi di protezione contro i cortocircuiti.", le caratteristiche delle apparecchiature di protezione contro i cortocircuiti devono soddisfare a due condizioni:

- il potere di interruzione non deve essere inferiore alla corrente di cortocircuito presunta nel punto di installazione (a meno di protezioni adeguate a monte);
- la caratteristica di intervento deve essere tale da impedire che la temperatura del cavo non oltrepassi, in condizioni di guasto in un punto qualsiasi, la massima consentita.

La prima condizione viene considerata in fase di scelta delle protezioni. La seconda invece può essere tradotta nella relazione:

$$I^2 \cdot t \leq K^2 S^2$$

ossia in caso di guasto l'energia specifica sopportabile dal cavo deve essere maggiore o uguale a quella lasciata passare dalla protezione.

La norma CEI al par. 533.3 "Scelta dei dispositivi di protezioni contro i cortocircuiti" prevede pertanto un confronto tra le correnti di guasto minima (a fondo linea) e massima (inizio linea) con i punti di intersezione tra le curve. Le condizioni sono pertanto:

- a) Le intersezioni sono due:
  - $I_{ccmin} \text{ e } I_{inters min}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_a$ );
  - $I_{ccmax} \text{ e } I_{inters max}$  (quest'ultima riportata nella norma come  $I_b$ ).





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 49 di 143

- b) L'intersezione è unica o la protezione è costituita da un fusibile:
  - $I_{ccmin}^3 I_{inters} min.$
- c) L'intersezione è unica e la protezione comprende un magnetotermico:
  - $I_{cc} max \leq I_{inters} max.$

Sono pertanto verificate le relazioni in corrispondenza del guasto, calcolato, minimo e massimo. Nel caso in cui le correnti di guasto escano dai limiti di esistenza della curva della protezione il controllo non viene eseguito.

**Note:**

- La rappresentazione della curva del cavo è una iperbole con asintoti  $K^2 S^2$  e la  $I_z$  dello stesso.
- La verifica della protezione a cortocircuito eseguita dal programma consiste in una verifica qualitativa, in quanto le curve vengono inserite riprendendo i dati dai grafici di catalogo e non direttamente da dati di prova; la precisione con cui vengono rappresentate è relativa.

**Verifica di selettività**

E' verificata la selettività tra protezioni mediante la sovrapposizione delle curve di intervento. I dati forniti dalla sovrapposizione, oltre al grafico sono:

- Corrente  $I_c$  di intervento in corrispondenza ai massimi tempi di interruzione previsti dalla CEI 64-8: pertanto viene sempre data la corrente ai 5s (valido per le utenze di distribuzione o terminali fisse) e la corrente ad un tempo determinato tramite la tabella 41A della CEI 64.8 par 413.1.3. Fornendo una fascia di intervento delimitata da una caratteristica limite superiore e una caratteristica limite inferiore, il tempo di intervento viene dato in corrispondenza alla caratteristica limite inferiore. Tali dati sono forniti per la protezione a monte e per quella a valle;
- Tempo di intervento in corrispondenza della minima corrente di guasto alla fine dell'utenza a valle: minimo per la protezione a monte (determinato sulla caratteristica limite inferiore) e massimo per la protezione a valle (determinato sulla caratteristica limite superiore);
- Rapporto tra le correnti di intervento magnetico: delle protezioni;
- Corrente al limite di selettività: ossia il valore della corrente in corrispondenza all'intersezione tra la caratteristica limite superiore della protezione a valle e la caratteristica limite inferiore della protezione a monte (CEI 23.3 par 2.5.14).
- Selettività: viene indicato se la caratteristica della protezione a monte si colloca sopra alla caratteristica della protezione a valle (totale) o solo parzialmente (parziale a sovraccarico se l'intersezione tra le curve si ha nel tratto termico).
- Selettività cronometrica: con essa viene indicata la differenza tra i tempi di intervento delle protezioni in corrispondenza delle correnti di cortocircuito in cui è verificata.

Nelle valutazioni si deve tenere conto delle tolleranze sulle caratteristiche date dai costruttori.

Quando possibile, alla selettività grafica viene affiancata la selettività tabellare tramite i valori forniti dalle case costruttrici. I valori forniti corrispondono ai limiti di selettività in A relativi ad una coppia di protezioni poste una a monte dell'altra. La corrente di guasto minima a valle deve risultare inferiore a tale parametro per garantire la selettività.

**Protezione contro i contatti indiretti**

Secondo la norma 64-8 par. 413, un dispositivo di protezione deve interrompere automaticamente l'alimentazione per proteggere contro i contatti indiretti i circuiti e i componenti elettrici, in modo che, in caso di guasto, non possa persistere una tensione di contatto pericolosa per una persona.

E' definita la tensione di contatto limite convenzionale a 50 V in c.a. e 120 V in c.c. non ondulata, oltre la quale esiste pericolo. Tuttavia, in alcune circostanze, è possibile superare tale valore purché la protezione intervenga entro 5 secondi o tempi definiti dalla norma, a seconda del sistema elettrico adottato.

**Sistemi TN**

Tutte le masse dell'impianto devono essere collegate al punto di messa a terra del sistema di alimentazione con conduttori di protezione che devono essere messi a terra in corrispondenza o in prossimità di ogni trasformatore o generatore di alimentazione.

La norma richiede che deve essere soddisfatta la condizione:



$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

$U_0$  è la tensione nominale verso terra;

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente, ed in Ampère corrisponde alla variabile  $Zk1(ft)_{max}$ ;

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A della norma.

Il programma verifica che:

$$I_a \leq I_{a.c.i.} = \frac{U_0}{Z_s}$$

Dove  $I_{a.c.i.}$  è una variabile di Ampère (Corrente contatti indiretti  $I_a$ ) utilizzata per il confronto con i valori di sgancio delle protezioni.

$I_{a.c.i.}$  normalmente è pari alla corrente di guasto a terra  $Ik1(ft)_{min}$  calcolata dal programma.

Esso calcola anche la corrente:

$$I_{50V} = \frac{50}{Z_E}$$

dove  $Z_E$  è l'impedenza che collega la massa del dispositivo al punto di messa a terra del sistema.

$I_{a.c.i.}$  assume il valore di  $I_{50V}$  se quest'ultima è maggiore della  $Ik1(ft)_{min}$ , in pratica si accettano correnti di sgancio superiori fino al valore che porta le masse alla tensione limite convenzionale, quindi:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{50}{Z_E}, \frac{U_0}{Z_s}\right)$$

Se richiesto dal progetto, è possibile imporre a ciascuna utenza il valore di  $I_{a.c.i.}$  a  $I_{50V}$  o  $I_{25V}$  e assicurare di non superare mai le tensioni di contatto limite.

Per i sistemi TN-C, il programma verifica la continuità del PEN e che non vi siano protezioni o sezionatori inseriti nel conduttore.

### Sistemi TT

Tutte le masse protette contro i contatti indiretti dallo stesso dispositivo di protezione devono essere collegate allo stesso impianto di terra.

Il punto neutro di ogni trasformatore o di ogni generatore deve essere collegato a terra, in modo da permettere l'interruzione dell'alimentazione al primo guasto franco su una massa collegata al dispersore di resistenza di terra  $R_E$ .

I dispositivi di protezione devono essere a corrente differenziale e deve essere soddisfatta la condizione:

$$R_E \cdot I_{dn} \leq U_L$$

dove:

$R_E$  è la resistenza del dispersore dell'impianto di terra, al quale il programma aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile  $Z_E$ ;

$I_{dn}$  è la corrente nominale differenziale;

$U_L$  è la tensione limite convenzionale (normalmente 50 V).

Il programma verifica che:

$$I_{dn} \leq I_{a.c.i.} = \frac{U_L}{Z_E}$$



Per completezza, quando il programma possiede tutti gli elementi per calcolare la corrente di circolazione di un guasto a terra, ossia la  $I_{k1(ft) \min}$ , allora  $I_{a.c.i.}$  è scelta tra la maggiore delle due correnti, similmente al sistema TN:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{U_L}{Z_E}, \frac{U_0}{Z_s}\right)$$

Ovviamente, per la normativa italiana, il dispositivo di protezione deve essere solo a corrente differenziale.

### Sistemi IT

Nei sistemi IT le parti attive devono essere isolate da terra oppure essere collegate a terra attraverso un'impedenza di valore sufficientemente elevato.

Le masse devono essere messe a terra, e nel caso di un singolo guasto a terra, deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$R_E \cdot I_d \leq U_L$$

dove:

$R_E$  è la resistenza del dispersore, al quale il programma aggiunge anche l'impedenza dei cavi di protezione che collegano la massa protetta, calcolando la variabile  $Z_E$ ;

$I_d$  è la corrente del primo guasto a terra, che per il programma sarà pari alla corrente di guasto a terra  $I_{k1(ft) \min}$  nelle condizioni complessive di rete definite nel progetto.

Il programma verifica che:

$$V_T = Z_E \cdot I_d \leq U_L$$

dove  $V_T$  è la tensione della massa a guasto, una variabile di Ampère che per i sistemi IT è associata al primo guasto a terra.

La norma richiede l'interruzione automatica dell'alimentazione per un secondo guasto su di un conduttore attivo differente, ovviamente appartenente alla stessa area elettrica a valle della fornitura o di un trasformatore.

Viene indicata la formula che deve essere rispettata, che in generale è la seguente:

$$2 \cdot Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

dove:

$U_0$  è la tensione nominale verso terra;

$Z_s$  è l'impedenza dell'anello di guasto che comprende la sorgente;

$I_a$  è la corrente che provoca l'interruzione automatica del dispositivo di protezione, entro il tempo definito nella Tab. 41A della norma.

Il coefficiente 2 indica che il secondo guasto può manifestarsi in un circuito differente, ed in più la norma suggerisce di considerare il caso più severo, comprendendo anche i guasti sul neutro.

Il programma Ampère assolve a queste indicazioni risolvendo il seguente algoritmo:

$$I_a \leq I_{a.c.i.} = \min_{s2} \frac{U_0}{(Z_{s1} + Z_{s2})}$$

dove:

$Z_{s1}$  è l'impedenza dell'anello di guasto della utenza in considerazione;

$Z_{s2}$  è l'impedenza dell'anello di guasto di una seconda utenza;

$I_{a.c.i.}$  è la minima corrente di guasto, calcolata permutando tutte le utenze  $s2$  appartenenti alla stessa area elettrica di  $s1$ .

Il valore  $\text{Max}(Z_{s1} + Z_{s2})$  è memorizzato nella variabile  $ZIT \max$  di Ampère.

$I_{a.c.i.}$  normalmente è pari alla corrente di guasto a terra  $I_{k(IT) \min}$  calcolata dal programma.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 52 di 143

Esso calcola anche la corrente:

$$I_{50V} = \frac{50}{Z_E}$$

dove  $Z_E$  è l'impedenza che collega la massa del dispositivo al punto di messa a terra del sistema.

la c.i. assume il valore di  $I_{50V}$  se quest'ultima è maggiore della  $I_k(IT)_{min}$ , in pratica si accettano correnti di sgancio superiori fino al valore che portano le masse alla tensione limite convenzionale, quindi:

$$I_{a.c.i.} = \max\left(\frac{50}{Z_E}, \frac{U_0}{ZIT_{max}}\right)$$

**Nota.** Il programma permette di applicare il punto 413.1.1.1 della CEI 64-8, e quindi validare a contatti indiretti una utenza che presenta, in caso di guasto, un valore di tensione inferiore alla tensione limite convenzionale.

In pratica, a differenza di quanto spiegato finora, le tarature delle protezioni possono essere superiori anche alla corrente  $I_{50V}$ .

### Riferimenti normativi

#### Norme di riferimento per la Bassa tensione:

- CEI 0-21: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 11-20 IVa Ed. 2000-08: Impianti di produzione di energia elettrica e gruppi di continuità collegati a reti I e II categoria.
- CEI EN 60909-0 IIIa Ed. (IEC 60909-0:2016-12): Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 0: Calcolo delle correnti.
- IEC 60909-4 First ed. 2000-7: Correnti di cortocircuito nei sistemi trifasi in corrente alternata. Parte 4: Esempi per il calcolo delle correnti di cortocircuito.
- CEI 11-28 1993 Ia Ed. (IEC 781): Guida d'applicazione per il calcolo delle correnti di cortocircuito nelle reti radiali e bassa tensione.
- CEI EN 60947-2 (CEI 17-5) Ed. 2018-04: Apparecchiature a bassa tensione. Parte 2: Interruttori automatici.
- CEI 20-91 2010: Cavi elettrici con isolamento e guaina elastomerici senza alogeni non propaganti la fiamma con tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua per applicazioni in impianti fotovoltaici.
- CEI EN 60898-1 (CEI 23-3/1 Ia Ed.) 2004: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari.
- CEI EN 60898-2 (CEI 23-3/2) 2007: Interruttori automatici per la protezione dalle sovracorrenti per impianti domestici e similari Parte 2: Interruttori per funzionamento in corrente alternata e in corrente continua.
- CEI 64-8 VIIa Ed. 2012: Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua.
- IEC 364-5-523: Wiring system. Current-carrying capacities.
- IEC 60364-5-52 IIIa Ed. 2009: Electrical Installations of Buildings - Part 5-52: Selection and Erection of Electrical Equipment - Wiring Systems.
- CEI UNEL 35016 2016: Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011).
- CEI UNEL 35023 2020: Cavi di energia per tensione nominale U uguale ad 1 kV - Cadute di tensione.
- CEI UNEL 35024/1 2020: Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35024/2 1997: Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026 2000: Cavi elettrici con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000 V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua. Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 61439 2012: Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT).



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 53 di 143

- CEI 17-43 IIa Ed. 2000: Metodo per la determinazione delle sovratemperature, mediante estrapolazione, per apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT) non di serie (ANS).
- CEI 23-51 2016: Prescrizioni per la realizzazione, le verifiche e le prove dei quadri di distribuzione per installazioni fisse per uso domestico e similare.
- NF C 15-100 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento dei cavi secondo norme francesi.
- UNE 20460 Calcolo di impianti elettrici in bassa tensione e relative tabelle di portata e declassamento (UNE 20460-5-523) dei cavi secondo regolamento spagnolo.
- British Standard BS 7671:2008: Requirements for Electrical Installations;
- ABNT NBR 5410, Segunda edição 2004: Instalações elétricas de baixa tensão;

**Norme di riferimento per la Media tensione**

- CEI 0-16: Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica.
- CEI 99-2 (CEI EN 61936-1) 2011: Impianti con tensione superiore a 1 kV in c.a.
- CEI 11-17 IIIa Ed. 2006: Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica. Linee in cavo.
- CEI-UNEL 35027 IIa Ed. 2009: Cavi di energia per tensione nominale U da 1 kV a 30 kV.
- CEI 99-4 2014: Guida per l'esecuzione di cabine elettriche MT/BT del cliente/utente finale.
- CEI 17-1 VIIa Ed. (CEI EN 62271-100) 2013: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 100: Interruttori a corrente alternata.
- CEI 17-130 (CEI EN 62271-103) 2012: Apparecchiatura ad alta tensione Parte 103: Interruttori di manovra e interruttori di manovra sezionatori per tensioni nominali superiori a 1 kV fino a 52 kV compreso.
- IEC 60502-2 2014: Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV – Part 2.
- IEC 61892-4 IIa Ed. 2019-04: Mobile and fixed offshore units – Electrical installations. Part 4: Cables.





## 5. LE OPERE DI MITIGAZIONE E ATTIVITA' AGRONOMICHE

L'impianto fotovoltaico produce energia elettrica sfruttando l'energia solare, pertanto non ha impatti sull'ambiente durante la fase di esercizio, se non la componente prettamente visiva di potenziale alterazione del paesaggio. A tal proposito sono state proposte delle opere di mitigazione che migliorano la mimesi dell'impianto all'interno del contesto paesaggistico al fine di ridurne al massimo la vista.

Mentre per la fase di esercizio, le opere di mitigazione saranno legate alla produzione degli impatti del cantiere, che si intende comunque mitigare come di seguito descritto.

Nella fase di cantiere verranno prese tutte le misure idonee a contrastare gli impatti (rumore, produzione di polveri, ecc) attraverso l'imbibizione delle superfici sterrate e l'uso di macchinari dotati di idonei silenziatori e carterature e comunque in buona condizione di manutenzione.

Inoltre, sia per ridurre le emissioni di rumore che quelle di gas inquinanti e polveri, si provvederà a limitare la velocità dei mezzi in prossimità del cantiere e a spegnere il motore degli stessi non appena non sia necessaria la loro operatività.

La qualità dell'acqua non verrà modificata in quanto l'intervento non prevede l'utilizzo, né in fase di costruzione, né in fase di esercizio, di materiale inquinante o pericoloso. L'utilizzo di pali di ridotto diametro, infissi a poca profondità nel terreno permetterà di non interferire con i serbatoi idrici sotterranei o con i livelli di falda acquifera. Tale soluzione risulta essere quella di minor impatto ai fini dell'invarianza del terreno lasciando inalterata la distribuzione delle acque di falda presenti, nella fattispecie, a più di 1,5 metri di profondità.

Nell'area Trivignano Nord, essendo situata nei pressi del centro abitato, è stato effettuato una modifica sul perimetro delle mitigazioni al fine di migliorare la percezione paesaggistica nel suo insieme. Ovvero nello studio sono state prese in considerazione due zone dell'impianto come indicato in figura.



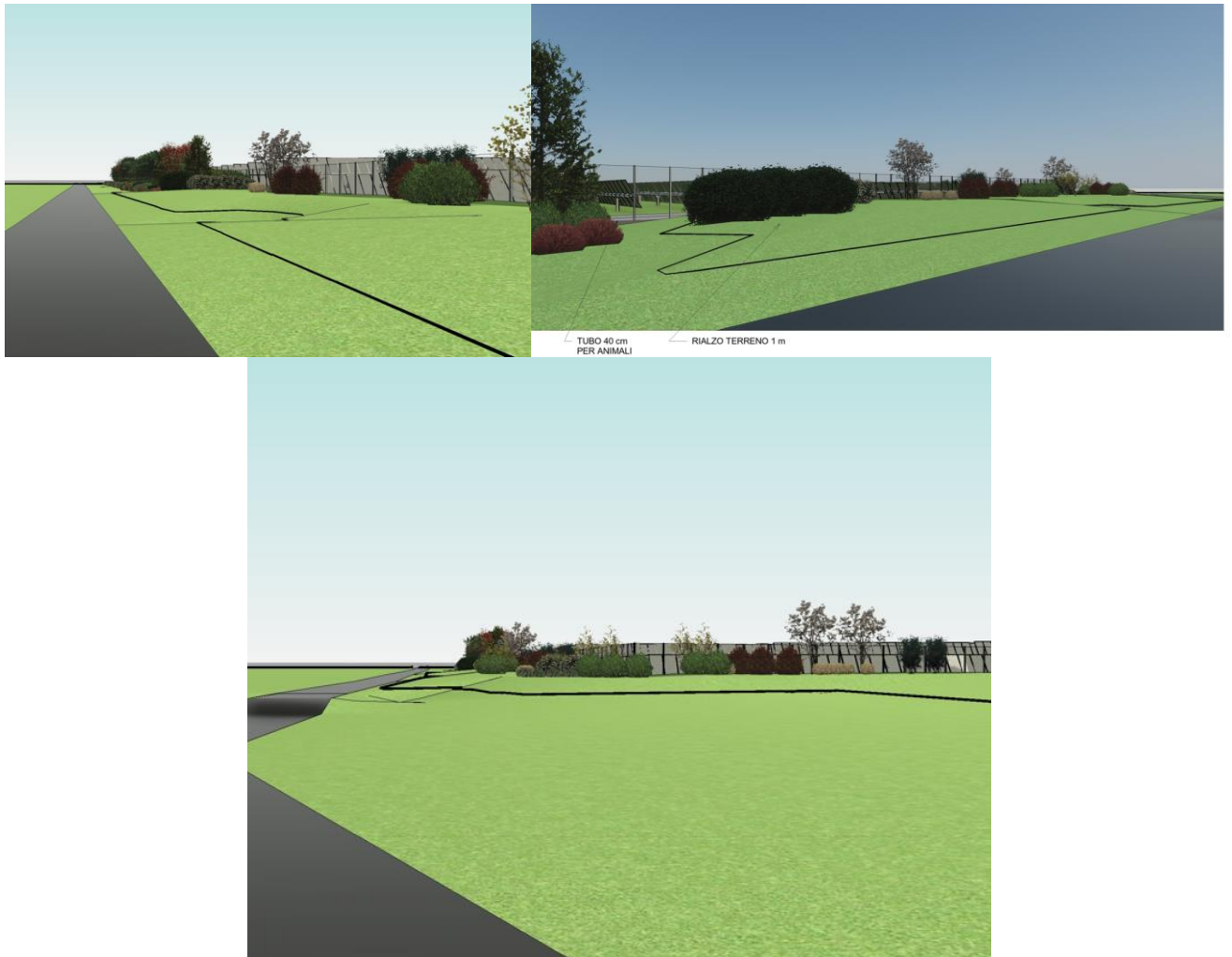
All'interno di queste due zone sono state sostituite le strutture di sostegno a doppio pannello, con strutture mono-pannello in quanto risultano essere più basse, inoltre si è deciso di diradare e diminuire in altezza gli elementi di barriera vegetale. Questa scelta è stata fatta per evitare l'effetto "barriera" dato dalle mitigazioni perimetrali che è tanto più evidente nelle posizioni angolari dei grandi campi fotovoltaici. Tale opzione rende più morbida la vista del campo fotovoltaico, inserendo mitigazioni più rade e lavorando sui dislivelli e quote perimetrali.

Si riportano le foto-simulazioni dello studio paesaggistico appena descritto e riferito alle zone evidenziate nella planimetria precedente:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 55 di 143

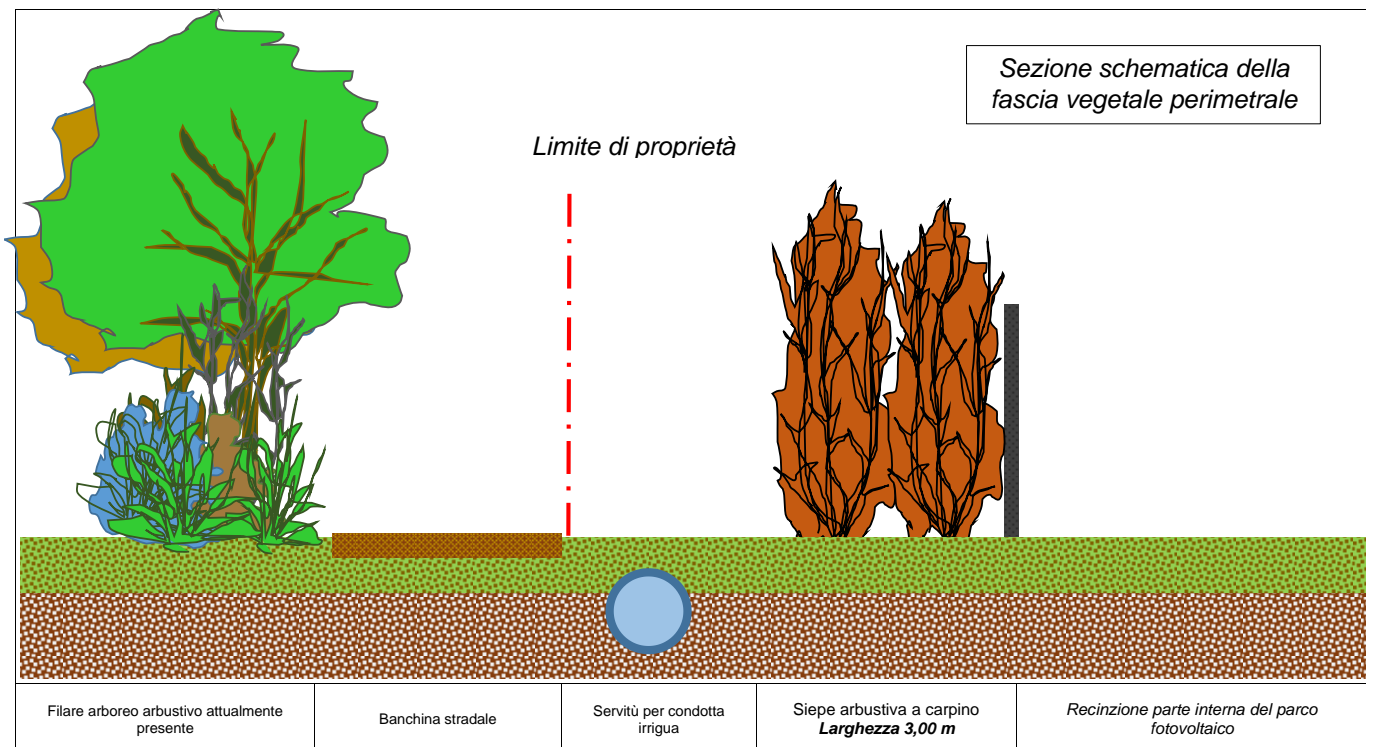
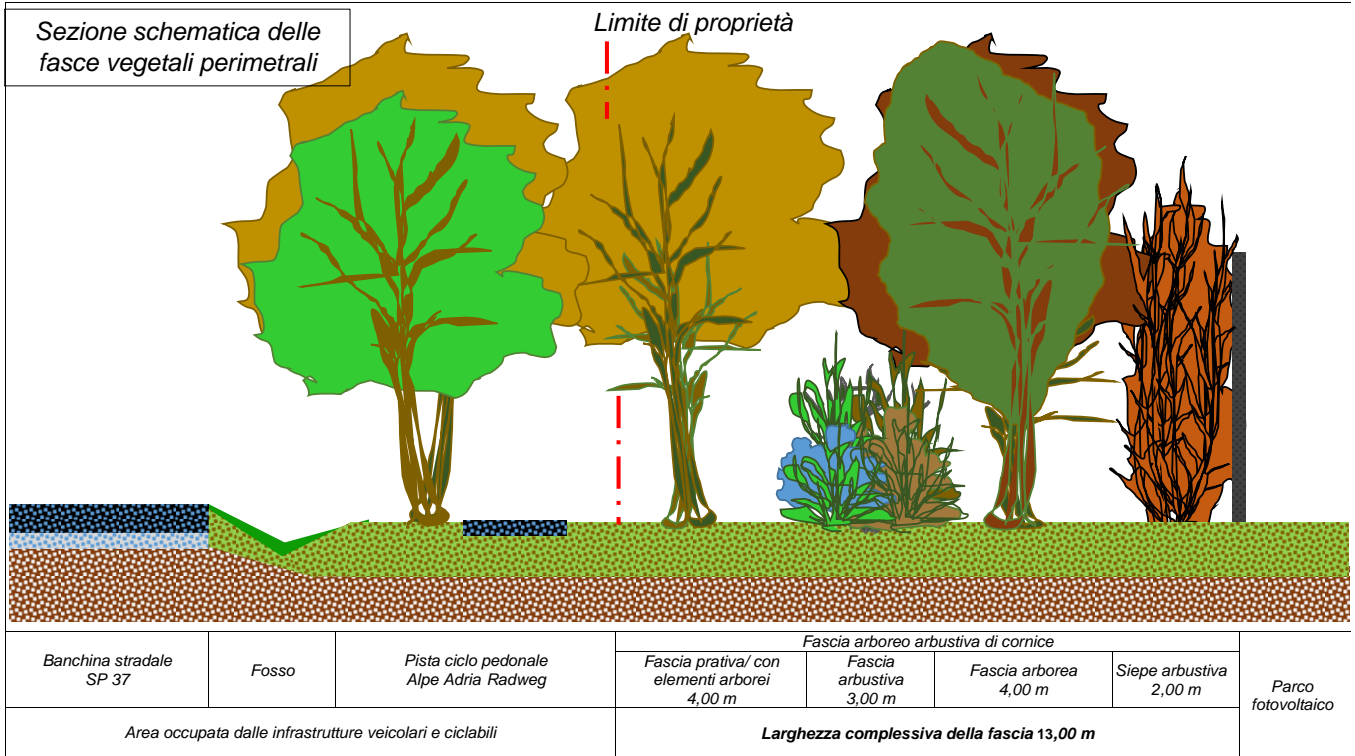


Nella **relazione agronomica** sono ampiamente illustrate le opere di mitigazione vegetali previste.



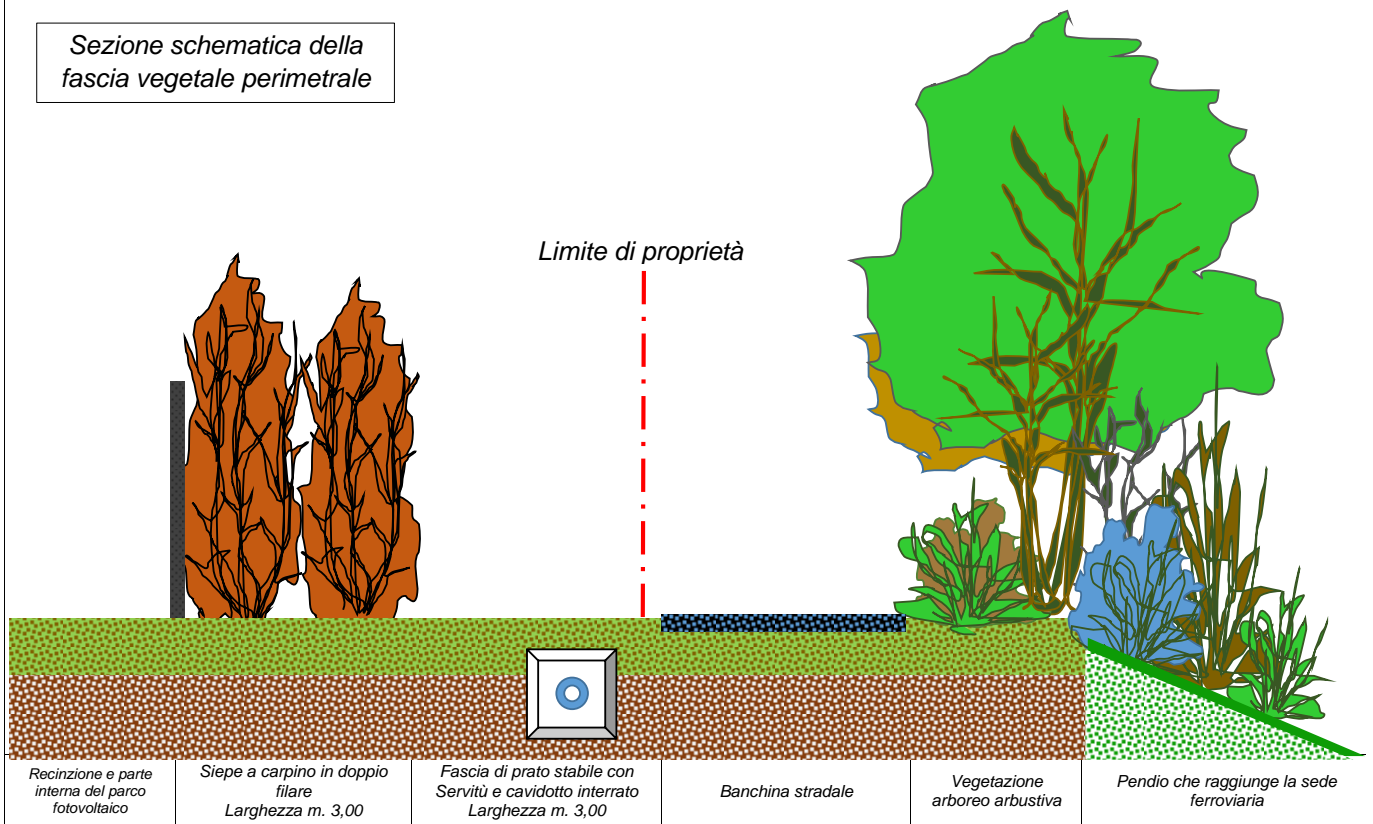


**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

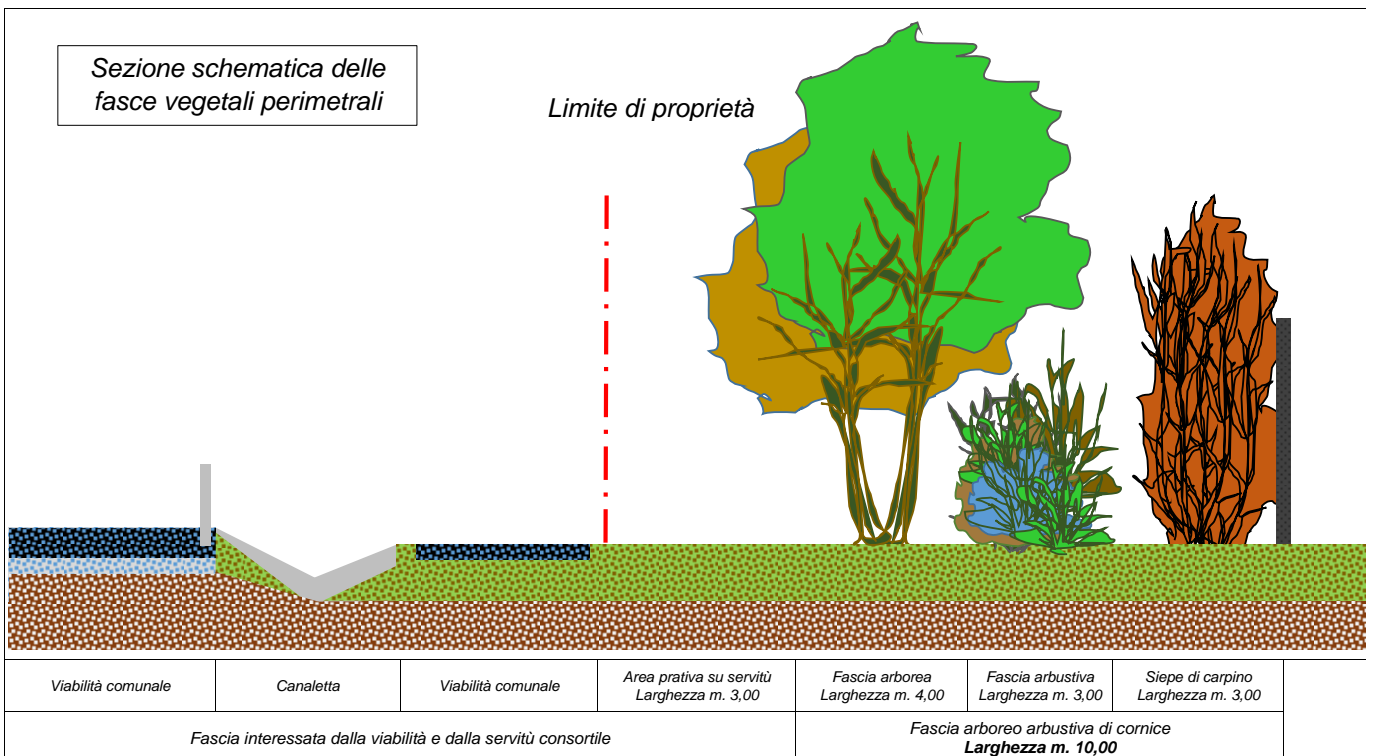




*Sezione schematica della fascia vegetale perimetrale*



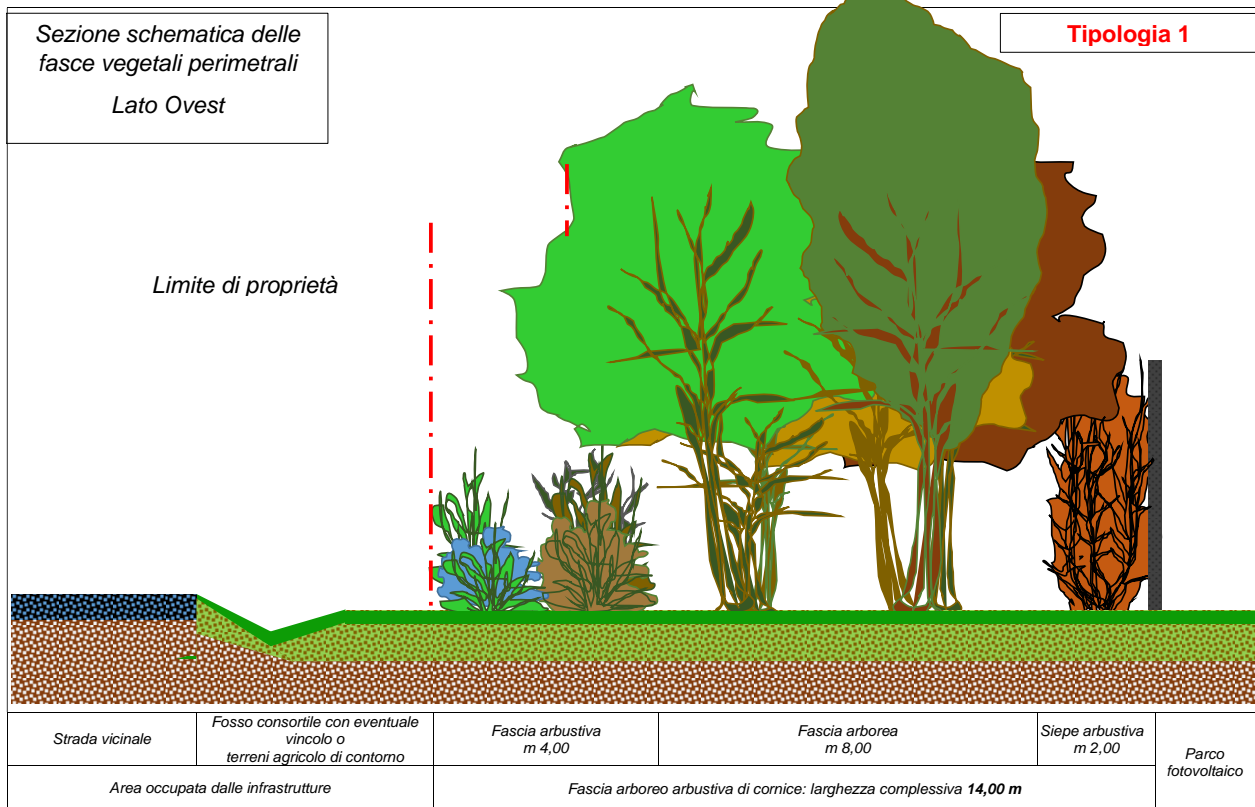
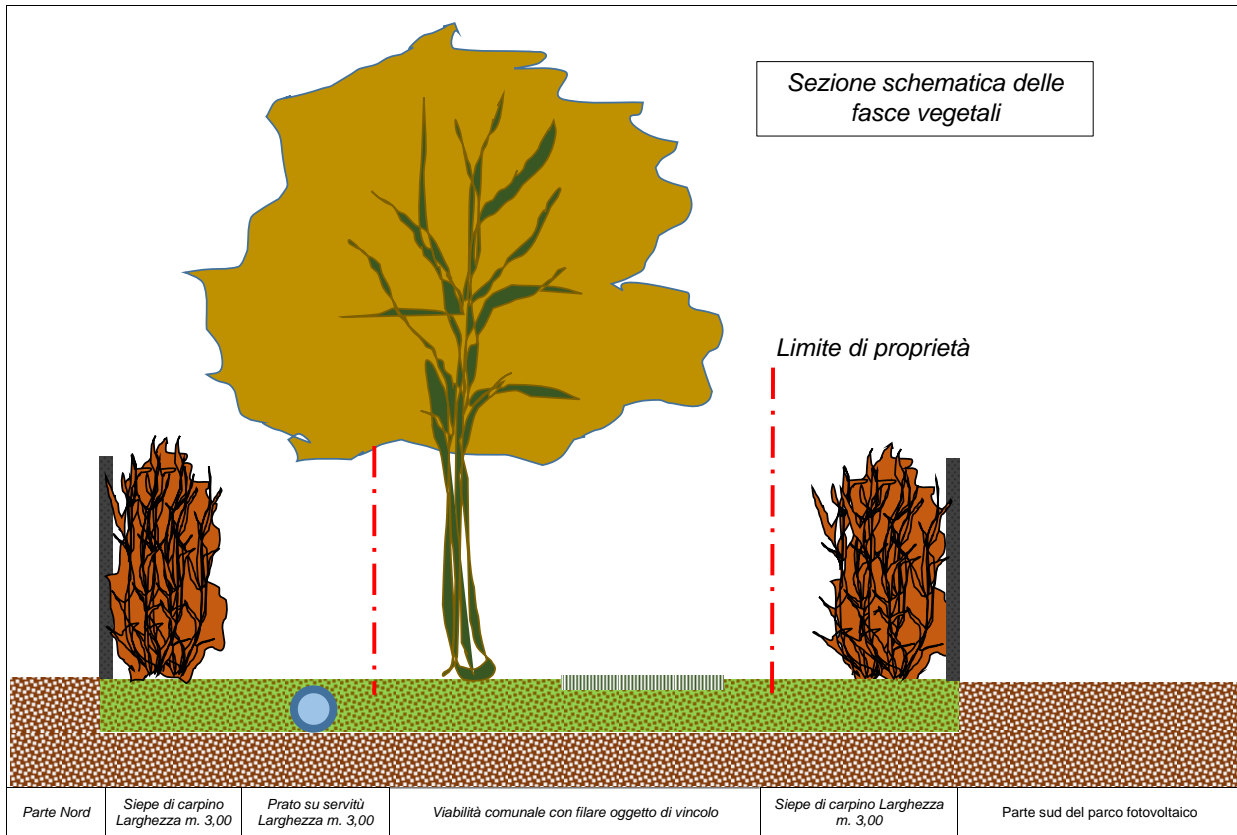
*Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali*







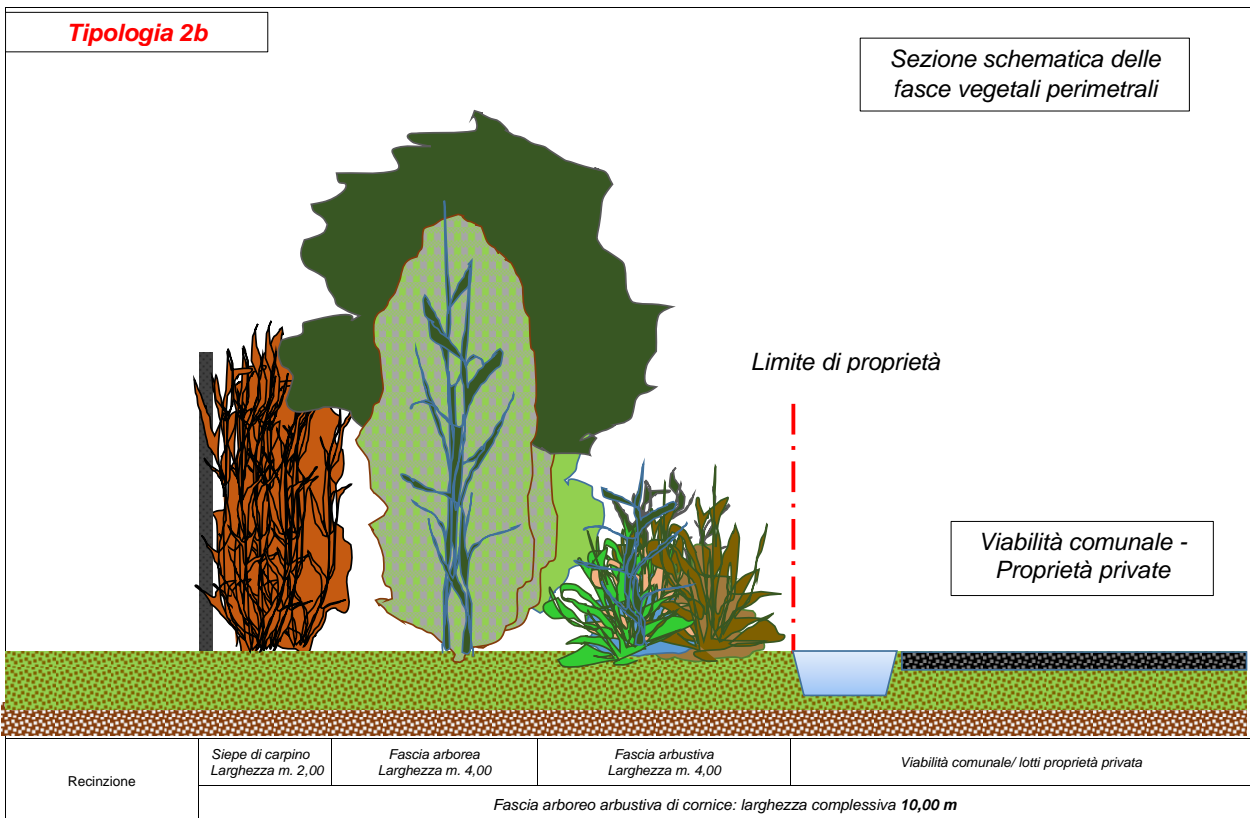
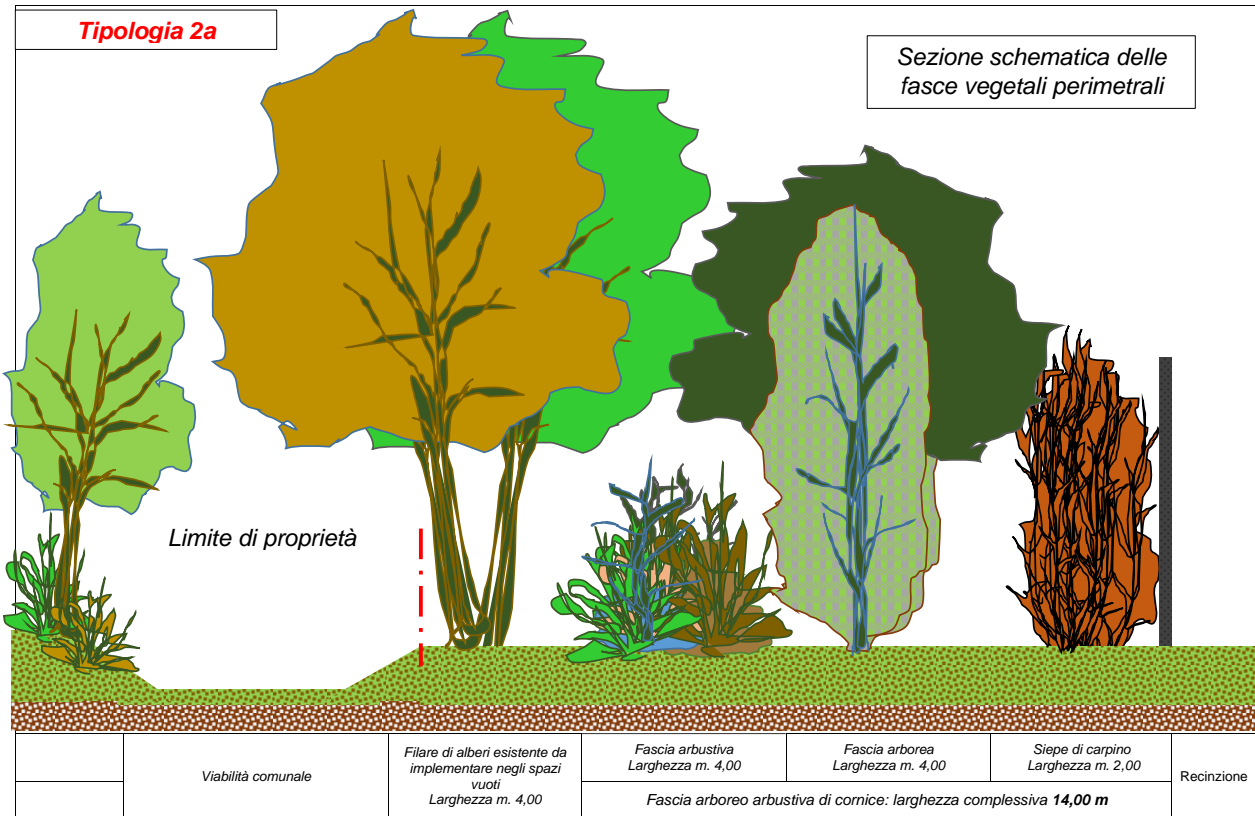
**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**







**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

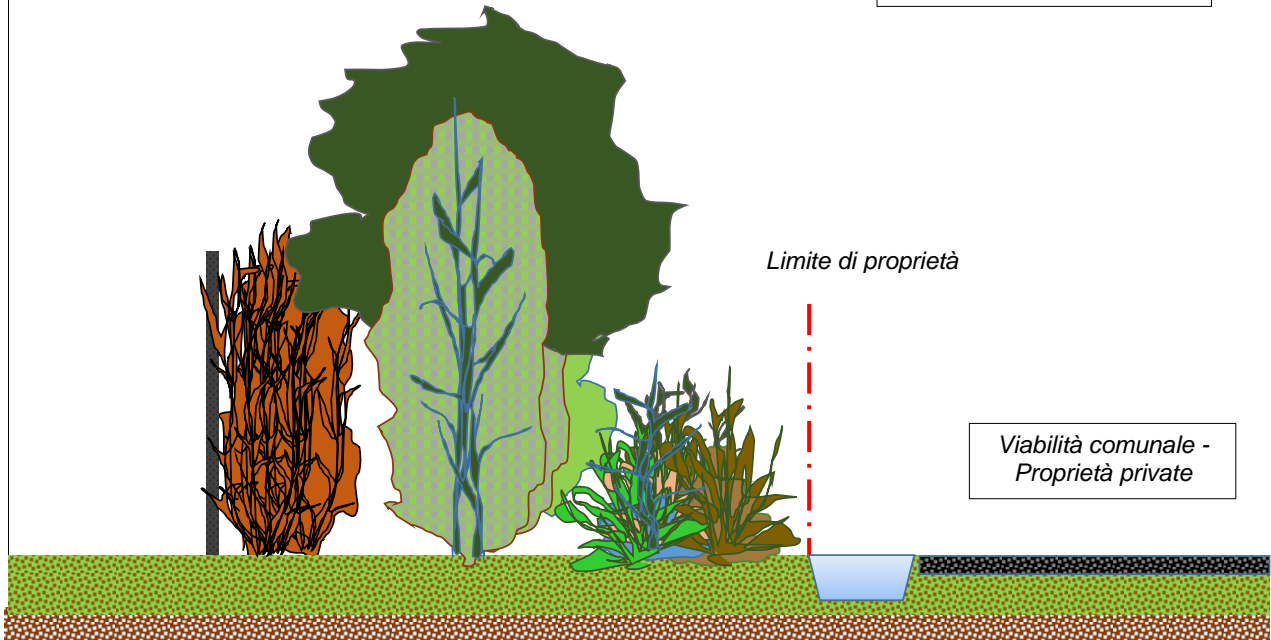




**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**Tipologia 2b**

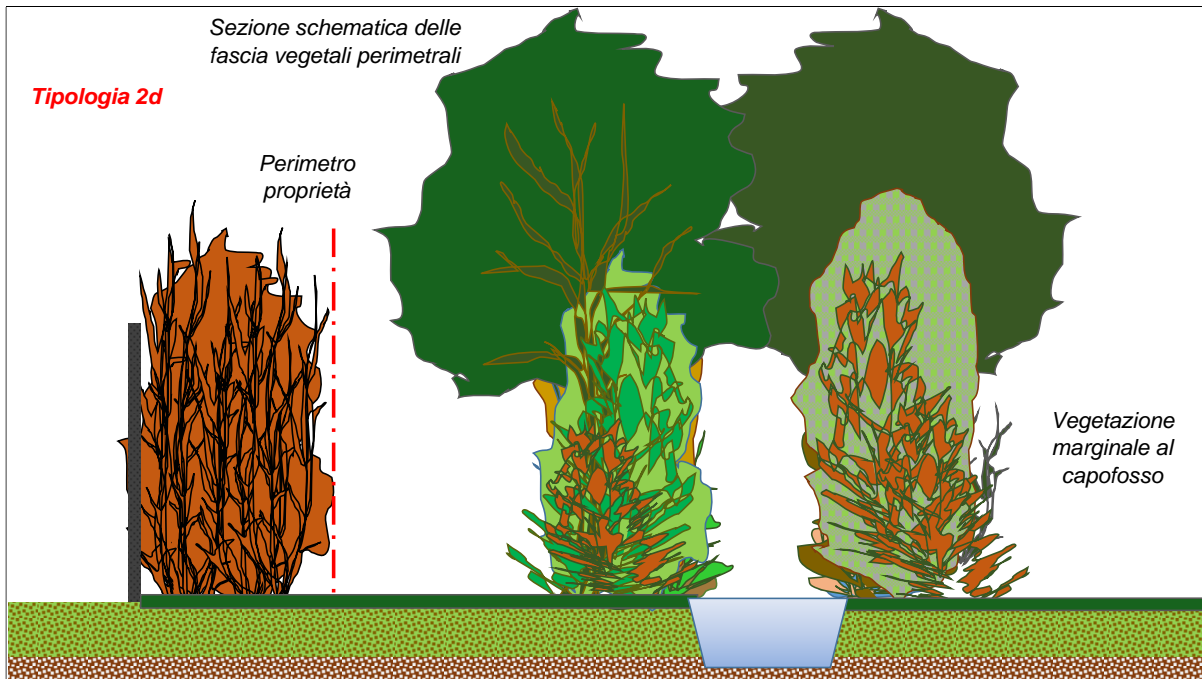
Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali



Recinzione	Siepe di carpino Larghezza m. 2,00	Fascia arborea Larghezza m. 4,00	Fascia arbustiva Larghezza m. 4,00	Viabilità comunale/ lotti proprietà privata
	Fascia arboreo arbustiva di cornice: larghezza complessiva 10,00 m			

Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali

**Tipologia 2d**

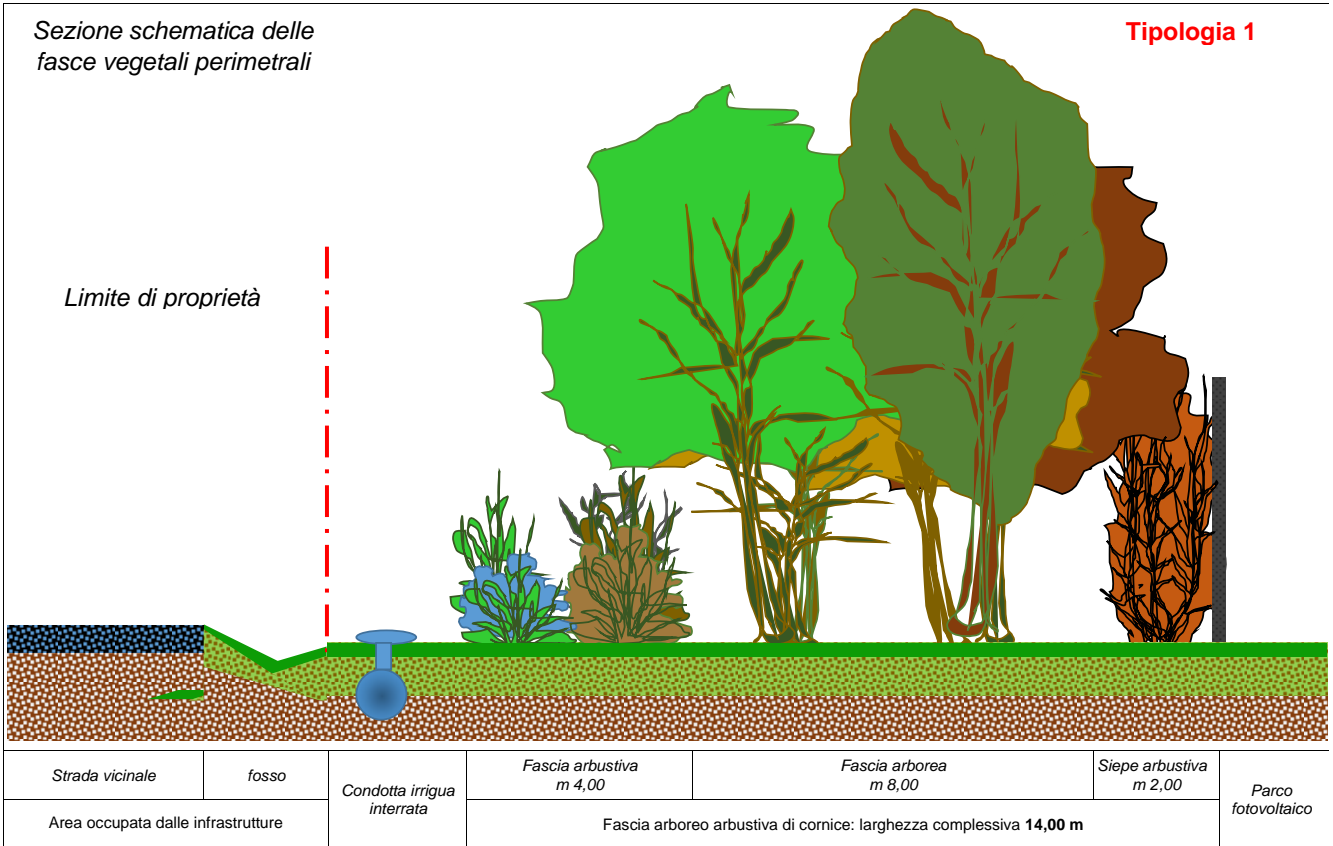


Recinzione	Siepe di carpino Larghezza m. 3,00	Vegetazione esistente	Capofosso	Vegetazione esistente
------------	---------------------------------------	-----------------------	-----------	-----------------------



Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali

**Tipologia 1**

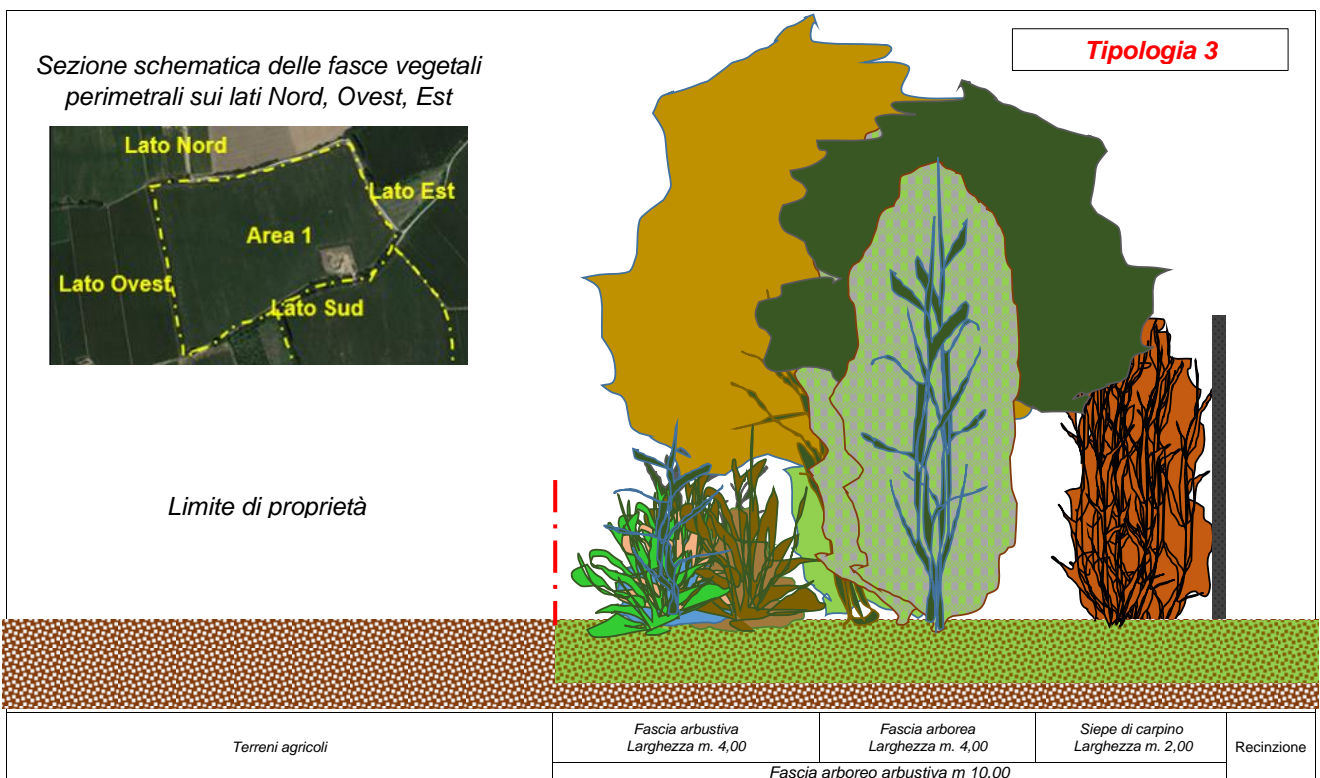


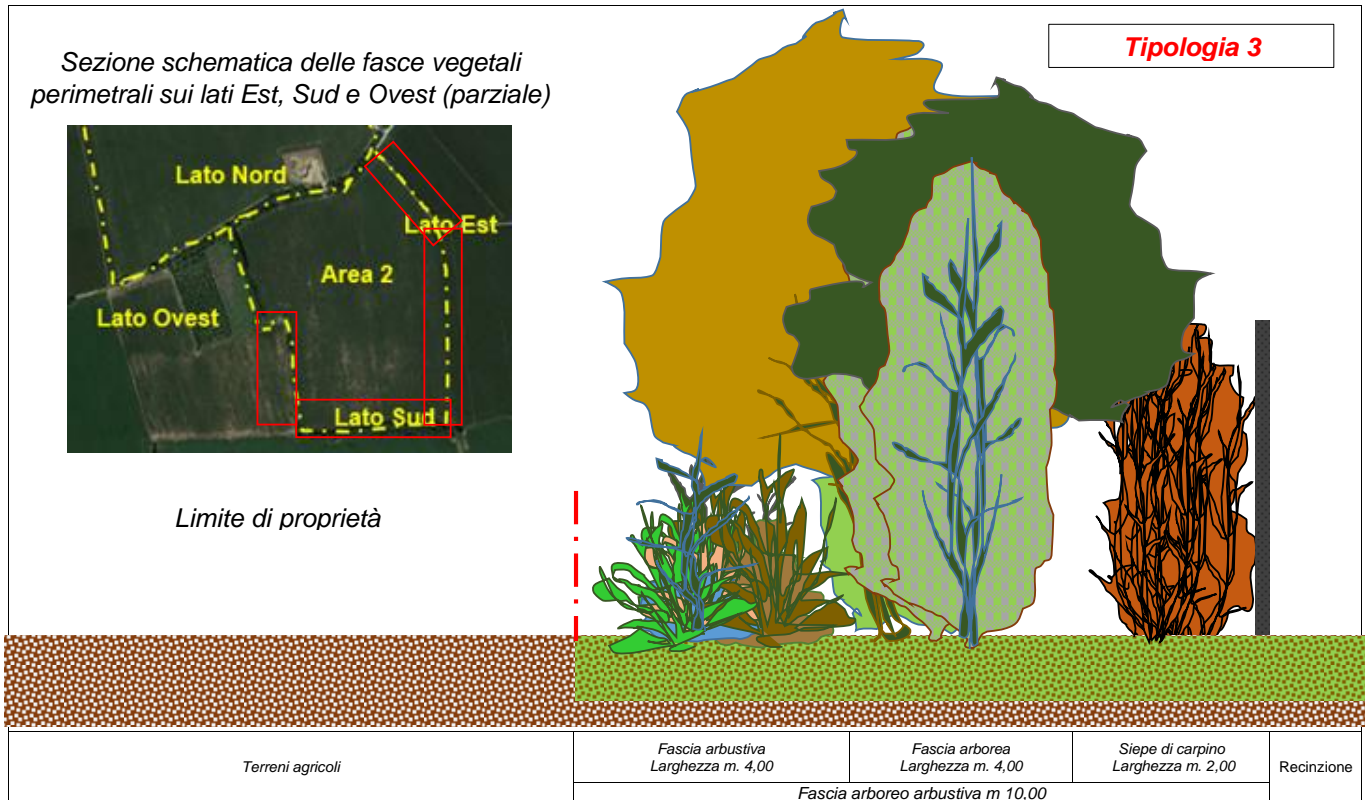
Sezione schematica delle fasce vegetali perimetrali sui lati Nord, Ovest, Est

**Tipologia 3**

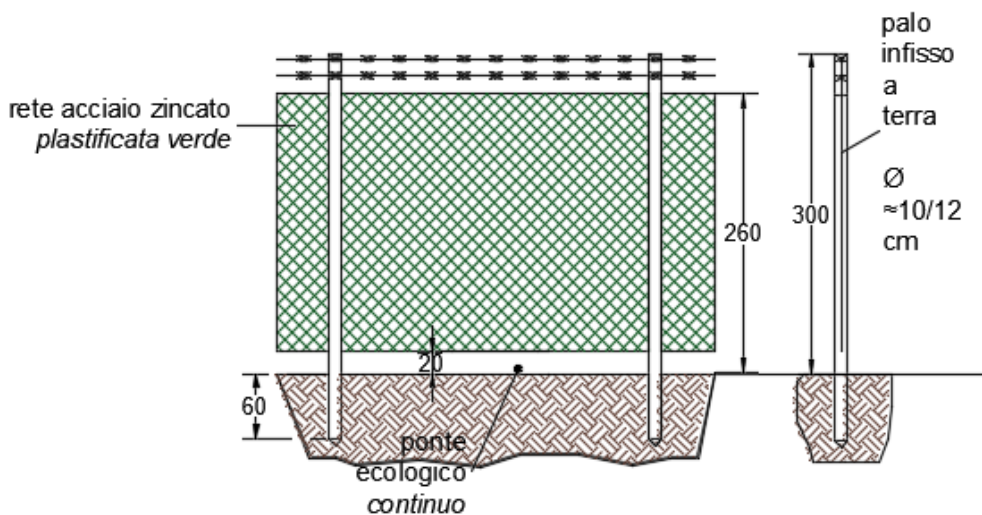


Limite di proprietà





Inoltre al fine di evitare che la recinzione dell'impianto sia di impedimento agli spostamenti degli animali terrestri, si prevede che la recinzione sia innalzata di 20 cm su tutto il perimetro per favorire il passaggio della piccola fauna locale.



## RECINZIONE

**Figura 4 - esempio di passaggio per la fauna - ponte ecologico**





## 5.1 L'ATTIVITÀ AGRONOMICA



Il progetto, come meglio descritto nella **relazione agronomica**, prevede l'insediamento di attività agronomiche ed in particolare:

- Allevamento apistico in tutte e tre le aree. Sul layout dell'impianto sono indicate le posizioni delle installazioni. E' prevista la semina di essenze floreali per una porzione significativa dei campi fotovoltaici.
- Attività sperimentale di coltivazioni officinali nelle aree coinvolte dal limite dell'elettrodotta, quindi a Trivignano Sud e Pradamano.
- Rinaturalizzazione in generale delle superfici prative.





## 6. MOVIMENTAZIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Lo scopo del presente capitolo è quello di illustrare la procedura da adottare per la gestione delle terre e rocce prodotte dalle attività di scavo che riguardano la realizzazione dell'impianto fotovoltaico, con Potenza nominale di 82,53 MWp, che si intende realizzare su terreno privato a destinazione seminativo e seminativo arborato. Il progetto prevede tre diverse aree situate nei comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese in provincia di Udine di cui è soggetto proponente la società Ellomay Solar Italy Eight S.r.l.

In considerazione del fatto che la normativa inerente la gestione delle terre e rocce da scavo, sia a livello nazionale che locale, è in costante e dinamica evoluzione, l'approccio gestionale alle terre da scavo riportato nel presente documento potrà essere aggiornato e consolidato nelle successive fasi progettuali (Progetto esecutivo) e prima dell'inizio delle attività in sito ovvero in seguito alle prossime attività tecnico-amministrative previste dall'iter procedurale/autorizzativo (conferenze di servizio, tavoli tecnici con enti competenti).

### 6.1 DIMENSIONI E CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto fotovoltaico avente moduli in silicio monocristallino per una potenza di picco complessiva di circa 82,53 MWp

L'impianto fotovoltaico sarà realizzato utilizzando:

- moduli in silicio monocristallino
  - n. 61 224 nell'area Pradamano
  - n. 25 776 nell'area Trivignano Sud
  - n. 63 056 nell'area Trivignano Nord
- inverter centralizzati.
  - n. 12 nell'area Pradamano
  - n. 6 nell'area Trivignano Sud
  - n. 12 nell'area Trivignano Nord

Il progetto prevede la suddivisione dell'impianto fotovoltaico in tre distinte aree le quali a loro volta divise in:

- n. 12 sottocampi nell'area Pradamano
- n. 6 sottocampi nell'area Trivignano Sud
- n. 12 sottocampi nell'area Trivignano Nord

ciascuno dei quali dotati di cabine di trasformazione ed inverter. Per un totale di trenta sottocampi.

I pannelli sono su tracker doppi da 48 e 24 pannelli, posti a interasse di 8 m e nell'area Trivignano Nord sono presenti tracker monopannello da 20 pannelli, posti a interasse di 5,5 m.

I moduli fotovoltaici saranno posati a terra tramite idonee strutture in acciaio zincato con inseguimento mono-assiale, che permettono al contempo di aumentare significativamente la redditività degli impianti e di ridurre l'impatto visivo degli stessi, avendo altezze inferiori, disposti in file parallele opportunamente distanziate onde evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco. L'impianto sarà di tipo GRID-CONNECTED (connesso alla rete elettrica per l'immissione dell'energia).

I trenta sottocampi in cui è diviso l'impianto sono serviti ciascuno da inverter, trasformatori e cabine di trasformazione.

L'energia prodotta dall'impianto sarà veicolata in uscita dalle cabine di consegna fino alla step-up in località Perseano, mediante un cavidotto MT interrato.

I cavidotti delle linee BT e MT corrono all'interno dell'impianto fotovoltaico.

Essi prevedono delle sezioni di scavo, per l'alloggiamento di tubazioni e cavi, di dimensioni differenti in funzione del numero delle linee/cavo da collocare al loro interno.

Le linee BT hanno una lunghezza totale di 10.017,0 m distribuita sulle tre aree.

Le linee MT hanno una lunghezza totale di 3 876,9 m.

L'impianto sarà dotato di viabilità interna e perimetrale, accesso carrabile, recinzione perimetrale, sistema di illuminazione e videosorveglianza.

Gli accessi carrabili, sono ubicati:



- nella zona sud-est nell'area Pradamano
- nella zona sud-ovest nell'area Trivignano Sud
- nella zona nord-est nell'area Trivignano Nord

Inoltre all'interno delle planimetrie di progetto sono indicati gli accessi secondari.

Saranno costituiti da cancello a due ante in rete in acciaio zincato plastificata verde, largo 6 m su pali in acciaio fissati al suolo con plinti di fondazione in cls armato collegati da cordolo.

La recinzione perimetrale sarà realizzata con rete in acciaio zincato plastificata verde alta da 2,6 m, collegata a pali metallici alti 3 m, infissi direttamente nel suolo per una profondità di 60 cm.

Per consentire il passaggio della fauna selvatica di piccola taglia la recinzione sarà innalzata di 20 cm su tutto il perimetro.

La viabilità sarà perimetrale alle tre aree sarà larga da 2,5 a 11 m e sarà realizzata con uno spessore di 20 cm di "misto stradale" e 10 cm di ghiaia di pezzatura media e fine (materiale inerte di cava a diversa granulometria) da approvvigionare dalle cave di zona.

## 6.2 STIMA DEI VOLUMI DI SCAVO

In riferimento alle opere e alle attività previste dal progetto è possibile definire per ognuna di esse le caratteristiche geometriche e volumetriche volte alla definizione dei volumi totali di terreno che dovranno essere scavati.

Cavidotto MT - da realizzare esternamente all'impianto

Per quanto riguarda l'alloggiamento delle linee MT (media tensione) scavi a sezione obbligata come rappresentati nella seguente Figura 7:

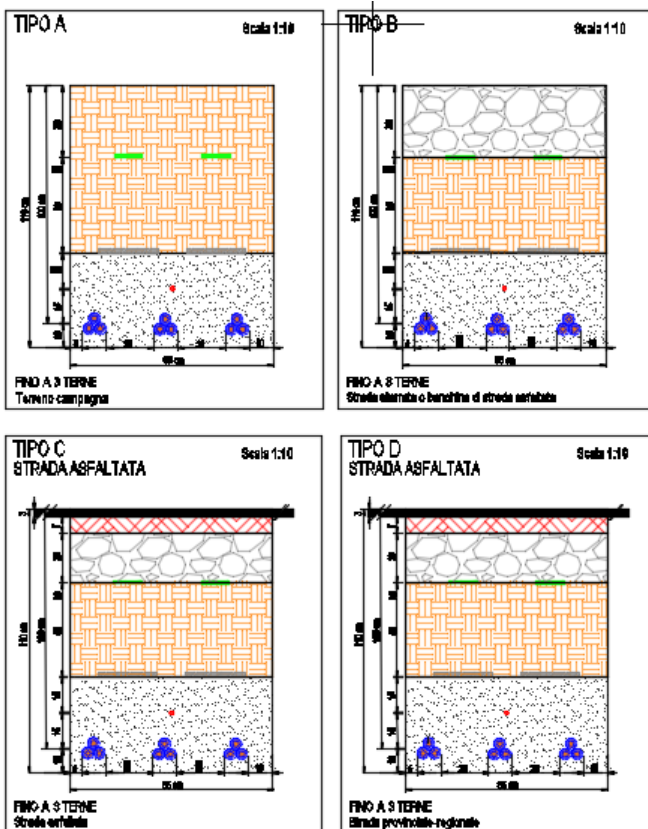


Figura 5 - TIPOLOGIE SEZIONI DI SCAVO LINEE MT ESTERNE ALL'IMPIANTO



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

I materiali di risulta delle rotture stradali verranno gestiti mediante la Norma UNI EN 13108-8 che descrive il tipo di classificazione, i modi per smaltirlo correttamente e i controlli da effettuare per accertare eventuali impurità del fresato. Per conferire l'asfalto al gestore autorizzato allo smaltimento sarà necessario fornirgli le analisi sul rifiuto condotte ai sensi del DM 5/02/98 verranno consegnati all'apposito stabilimento di recupero e trasformazioni di materiale riciclato. Nel caso il conferimento ad un centro autorizzato è necessario:

- individuare un centro autorizzato al recupero o smaltimento terre e rocce da scavo (CER 170504);
- individuare l'eventuale deposito temporaneo presso cantiere di produzione (non deve superare i 3 mesi o i 20 mc);
- il trasporto deve essere effettuato da ditte iscritte all'Albo Gestori Ambientali o dell'impresa previa richiesta all'Albo per il trasporto in conto proprio;
- emettere Formulario di Identificazione per il trasporto.

In sede progettuale o al più prima dell'Inizio Lavori il centro autorizzato prescelto deve essere comunicato all'Ente per le necessarie verifiche. Il recupero delle terre e rocce da scavo CER 17 05 04 "terra e rocce", qualora debbano essere considerate rifiuti e quindi non ricomprese nell'ambito dell'art.186 D.Lgs 152/06 e s.m.i.

Per tali cavidotti la lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare sono riportati nella seguenti tabelle:

	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
<b>AREA 1 - PRADAMANO</b>	Collegamento ST tratto: S0-S1	705,69	0,85	1,1	659,8
	Collegamento ST tratto: S1-S2	1415,46	0,85	1,1	1323,5
	Collegamento ST tratto: S2-S3	613,43	0,85	1,1	573,6
	Collegamento ST tratto: S3-S4	709,15	0,85	1,1	663,1
	Collegamento ST tratto: S4-S5	304,55	0,85	1,1	284,8
	Collegamento ST tratto: S5-S6	335,13	0,85	1,1	313,3
	Collegamento ST tratto: S6-S7	623,67	0,85	1,1	583,1
	Collegamento ST tratto: S7-S8	119,49	0,85	1,1	111,7
	Collegamento ST tratto: S8-S9	2159,35	0,85	1,1	2019,0
	Collegamento ST tratto: S9-S10	531,02	0,85	1,1	496,5
	Collegamento ST tratto: S10-S11	49,98	0,85	1,1	46,7
	Collegamento ST tratto: S11-S12	989,71	0,85	1,1	925,4
	Collegamento ST tratto: S12-S13	52,68	0,85	1,1	49,3
	Collegamento ST tratto: S13-S14	283,62	0,85	1,1	265,2
Collegamento ST tratto: S14-S15	686,12	0,85	1,1	641,5	



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Linee cavidotto MT	(m) lunghezza	(m) larghezza	(m) altezza	Volume (mc)
Collegamento ST tratto: S15-S16	1451,24	0,85	1,1	1356,9
Collegamento ST tratto: S16-S17	455,97	0,85	1,1	426,3
Collegamento ST tratto: S17-ST	287,43	0,85	1,1	268,7
<b>TOTALE</b>	<b>11773,7</b>			<b>11008,4</b>

Linee cavidotto MT	(m) lunghezza	(m) larghezza	(m) altezza	Volume (mc)
Collegamento ST tratto: S0-S1	759,86	0,85	1,1	710,5
Collegamento ST tratto: S1-S2	1298,8	0,85	1,1	1214,4
Collegamento ST tratto: S2-S3	200,87	0,85	1,1	187,8
Collegamento ST tratto: S3-S4	62,96	0,85	1,1	58,9
Collegamento ST tratto: S4-S5	1179,46	0,85	1,1	1102,8
Collegamento ST tratto: S5-S6	1505,03	0,85	1,1	1407,2
Collegamento ST tratto: S6-S7	1009,74	0,85	1,1	944,1
Collegamento ST tratto: S7-S8	291,03	0,85	1,1	272,1
Collegamento ST tratto: S8-S9	472,8	0,85	1,1	442,1
Collegamento ST tratto: S9-ST	297,26	0,85	1,1	277,9
<b>TOTALE</b>	<b>7077,8</b>			<b>6617,8</b>

AREA 2 - TRIVIGNANO SUD

Linee cavidotto MT	(m) lunghezza	(m) larghezza	(m) altezza	Volume (mc)
Collegamento ST tratto: S0-S1	395,14	0,85	1,1	369,5
Collegamento ST tratto: S1-S2	1083,63	0,85	1,1	1013,2
Collegamento ST tratto: S2-S3	408,64	0,85	1,1	1013,2
Collegamento ST tratto: S3-S4	1776,41	0,85	1,1	382,1
Collegamento ST tratto: S4-S5	265,91	0,85	1,1	1660,9
Collegamento ST tratto: S5-S6	286,16	0,85	1,1	248,6
Collegamento ST tratto: S6-S7	465,87	0,85	1,1	267,6
Collegamento ST tratto: S7-ST	294,47	0,85	1,1	435,6
<b>TOTALE</b>	<b>4976,2</b>			<b>5390,6</b>

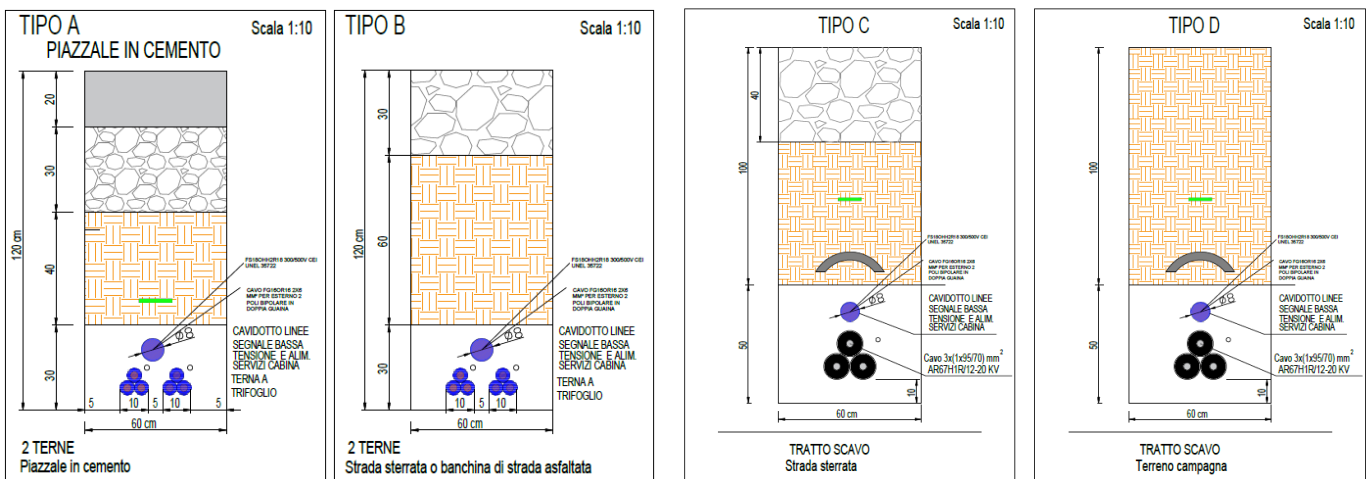
AREA 3 - TRIVIGNANO NORD



Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee MT esterne all'impianto è pari a **23016,8 mc**.

Cavidotto MT – da realizzare internamente all'impianto

Per quanto riguarda l'alloggiamento delle linee MT (media tensione) scavi a sezione obbligata come rappresentati nella seguente Figura 7:



**FIGURA 7 – TIPOLOGIE SEZIONI DI SCAVO LINEE MT**

Per tali cavidotti la lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare sono riportati nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i volumi degli scavi dei cavi in media tensione dell'area Pradamano

**Tabella 4 -Volumi scavi cavi MT Area Pradamano**

	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
<b>AREA 1 - PRADAMANO</b>	SC-S0	470,5	0,6	1,5	<b>4,23</b>
	S0-S0a	<b>387,78</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>349,0</b>
	S0-S1	32,7	0,6	1,5	<b>29,4</b>
	S1-S2	18,5	0,6	1,5	<b>16,7</b>
	S1-MT12	5,0	0,6	1,5	<b>4,5</b>
	S2-S3	22,0	0,6	1,5	<b>19,8</b>
	S3-MT11	5,0	0,6	1,5	<b>4,5</b>
	S3-S4	22,0	0,6	1,5	<b>19,8</b>
	S4-MT10	5,0	0,6	1,5	<b>4,5</b>
	S4-S5	22,0	0,6	1,5	<b>19,8</b>
	S5-MT9	5,0	0,6	1,5	<b>4,5</b>
	S5-S6	22,0	0,6	1,5	<b>19,8</b>
	S6-MT8	5,0	0,6	1,5	<b>4,5</b>
	S6-S7	22,0	0,6	1,5	<b>19,8</b>





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
S7-MT7	5,0	0,6	1,5	4,5
S7-S8	22,0	0,6	1,5	19,8
S8-MT6	5,0	0,6	1,5	4,5
S8-S9	22,0	0,6	1,5	19,8
S9-MT5	5,0	0,6	1,5	4,5
S9-S10	22,0	0,6	1,5	19,8
S10-MT4	5,0	0,6	1,5	4,5
S10-S11	22,0	0,6	1,5	19,8
S11-MT3	5,0	0,6	1,5	4,5
S11-S12	22,0	0,6	1,5	19,8
S12-MT2	5,0	0,6	1,5	4,5
S12-S13	22,0	0,6	1,5	19,8
S13-MT1	5,0	0,6	1,5	4,5
<b>TOTALE</b>	<b>607,7</b>			<b>741,3</b>

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee MT interne all'impianto situato nell'area Pradamano è pari a **741,3 mc**.

Nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i volumi degli scavi dei cavi in edia tensione dell'area Trivignano Sud:

**Tabella 5 - Volumi scavi cavi MT Area Trivignano Sud**

	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
<b>AREA 2 - TRIVIGNANO SUD</b>	SC-S0	14,2	0,6	1,5	12,7
	S0-S1	44,2	0,6	1,5	39,8
	S1-MT1	5,0	0,6	1,5	4,5
	S1-S2	86,7	0,6	1,5	78,0
	S2-MT2	5,0	0,6	1,5	4,5
	S2-S3	220,0	0,6	1,5	198,0
	S3-MT3	5,0	0,6	1,5	4,5
	S1-S4	12,3	0,6	1,5	11,0
	S4-S5	112,1	0,6	1,5	100,9
	S5-S6	97,2	0,6	1,5	87,5
	S6-MT4	5,0	0,6	1,5	4,5
	S6-S7	153,2	0,6	1,5	137,9
	S7-MT5	5,0	0,6	1,5	4,5
	S7-S8	92,4	0,6	1,5	83,2
	S8-MT6	5,0	0,6	1,5	4,5
	<b>TOTALE</b>	<b>862,2</b>			<b>776,0</b>

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee MT interne all'impianto situato nell'area Trivignano Sud è pari a **776,0 mc**.

Nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** sono riportati i volumi degli scavi dei cavi in edia tensione dell'area Trivignano Nord



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 70 di 143

**Tabella 6 - Volumi scavi cavi MT Area Trivignano Nord**

	Linee cavidotto MT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
<b>AREA 3 - TRIVIGNANO NORD</b>	SC-S0	49,1	0,6	1,5	44,1
	S0-S1	90,8	0,6	1,5	81,7
	S1-MT1	5,0	0,6	1,5	4,5
	S1-S2	107,0	0,6	1,5	96,3
	S2-S3	49,5	0,6	1,5	44,5
	S3-S4	38,6	0,6	1,5	34,7
	S4-MT2	5,0	0,6	1,5	4,5
	S3-S5	43,4	0,6	1,5	39,0
	S5-MT3	5,0	0,6	1,5	4,5
	S2-S6	146,5	0,6	1,5	131,8
	S6-S7	297,9	0,6	1,5	268,1
	S7-S7a	79,7	0,6	1,5	71,7
	S7a-S7b	3,5	0,6	1,5	3,2
	S7b-S7c	58,2	0,6	1,5	52,4
	S7c-S8	115,0	0,6	1,5	103,5
	S8-MT4	5,0	0,6	1,5	4,5
	S7-S9	138,4	0,6	1,5	124,6
	S9-MT5	5,0	0,6	1,5	4,5
	S9-S10	114,1	0,6	1,5	102,7
	S10-MT6	5,0	0,6	1,5	4,5
	S8-S11	133,4	0,6	1,5	120,0
	S11-MT7	5,0	0,6	1,5	4,5
	S11-S12	143,3	0,6	1,5	129,0
	S12-MT8	5,0	0,6	1,5	4,5
	S12-S13	170,3	0,6	1,5	153,3
	S13-MT9	5,0	0,6	1,5	4,5
	S13-S14	64,6	0,6	1,5	58,1
	S14-S15	19,0	0,6	1,5	17,1
	S15-S16	99,2	0,6	1,5	89,3
	S16-MT10	5,0	0,6	1,5	4,5
S16-S17	122,4	0,6	1,5	110,2	
S17-MT11	5,0	0,6	1,5	4,5	
S15-S16	90,4	0,6	1,5	81,3	
S18-MT12	5,0	0,6	1,5	4,5	
<b>TOTALE</b>	<b>2185,1</b>			<b>2010,8</b>	

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee MT interne all'impianto situato nell'area Trivignano Nord è pari a **2010,8 mc**.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Cavidotto BT – da realizzare internamente all'impianto

Per quanto riguarda l'alloggiamento delle linee BT (bassa tensione) si prevedono scavi a sezione obbligata 600x700 mm.

Per tali cavidotti la lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare nell'area Pradamano sono riportati nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**:

**Tabella 7 - Volume scavi cavi BT Area Pradamano**

	Linee cavidotto BT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
AREA 1 - PRADAMANO	<b>BT sottocampo #1</b>	104,6	0,7	0,6	<b>43,9</b>
		154,8	0,7	0,6	<b>65,0</b>
		4,6	0,7	0,6	<b>1,9</b>
		54,4	0,7	0,6	<b>22,8</b>
	<b>BT sottocampo #2</b>	230,2	0,7	0,6	<b>96,7</b>
		171,2	0,7	0,6	<b>71,9</b>
	<b>BT sottocampo #3</b>	159,6	0,7	0,6	<b>67,0</b>
		121,6	0,7	0,6	<b>51,1</b>
		67,2	0,7	0,6	<b>28,2</b>
		30,4	0,7	0,6	<b>12,8</b>
	<b>BT sottocampo #4</b>	348,8	0,7	0,6	<b>146,5</b>
		18,9	0,7	0,6	<b>7,9</b>
		38,8	0,7	0,6	<b>16,3</b>
		109,7	0,7	0,6	<b>46,1</b>
	<b>BT sottocampo #5</b>	450,1	0,7	0,6	<b>189,0</b>
		76,1	0,7	0,6	<b>32,0</b>
		60,2	0,7	0,6	<b>25,3</b>
	<b>BT sottocampo #6</b>	116,4	0,7	0,6	<b>48,9</b>
		93,3	0,7	0,6	<b>39,2</b>
		50,8	0,7	0,6	<b>21,3</b>
	<b>BT sottocampo #7</b>	256,4	0,7	0,6	<b>107,7</b>
		92,5	0,7	0,6	<b>38,9</b>
		83,3	0,7	0,6	<b>35,0</b>
	<b>BT sottocampo #8</b>	437,0	0,7	0,6	<b>183,5</b>
		24,7	0,7	0,6	<b>10,4</b>
		150,7	0,7	0,6	<b>63,3</b>
	<b>BT sottocampo #9</b>	315,5	0,7	0,6	<b>132,5</b>
		177,2	0,7	0,6	<b>74,4</b>
	<b>BT sottocampo #10</b>	239,7	0,7	0,6	<b>100,7</b>
		274,9	0,7	0,6	<b>115,5</b>
<b>BT sottocampo #11</b>	150,3	0,7	0,6	<b>63,1</b>	
	121,3	0,7	0,6	<b>50,9</b>	



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Linee cavidotto BT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
BT sottocampo #12	60,9	0,7	0,6	25,6
	67,9	0,7	0,6	28,5
	117,2	0,7	0,6	49,2
<b>TOTALE</b>	<b>5031,2</b>			<b>2113,1</b>

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee BT nell'area Trivignano Sud è pari a **2113,1 mc**.

La lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare nell'area Trivignano Sud sono riportati nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**:

**Tabella 8 - Volume scavi cavi BT Area Trivignano Sud**

Linee cavidotto BT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
BT sottocampo #1	150,5	0,7	0,6	63,2
	50,5	0,7	0,6	21,2
	96,7	0,7	0,6	40,6
BT sottocampo #2	30,6	0,7	0,6	12,9
	28,6	0,7	0,6	12,0
	109,4	0,7	0,6	45,9
BT sottocampo #3	100,2	0,7	0,6	42,1
	120,9	0,7	0,6	50,8
	9,6	0,7	0,6	4,0
BT sottocampo #4	30,1	0,7	0,6	12,6
	17,5	0,7	0,6	7,4
	50,7	0,7	0,6	21,3
BT sottocampo #5	130,2	0,7	0,6	54,7
	194,0	0,7	0,6	81,5
	214,8	0,7	0,6	90,2
BT sottocampo #6	80,0	0,7	0,6	33,6
	17,5	0,7	0,6	7,4
	49,7	0,7	0,6	20,9
BT sottocampo #6	98,4	0,7	0,6	41,3
	137,8	0,7	0,6	57,9
	36,3	0,7	0,6	15,2
	152,4	0,7	0,6	64,0
<b>TOTALE</b>	<b>1906,4</b>			<b>800,7</b>

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee BT nell'area Trivignano Sud è pari a **800,7 mc**

La lunghezza planimetrica, geometria della sezione di scavo e il volume complessivo di terreno da scavare nell'area Trivignano Nord sono riportati nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**Tabella 9 - Volume scavi cavi BT Area Trivignano Nord**

	Linee cavidotto BT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
AREA 3 – TRIVIGNANO NORD	<b>BT sottocampo #1</b>	34,9	0,7	0,6	14,6
		79,1	0,7	0,6	33,2
		185,1	0,7	0,6	77,7
	<b>BT sottocampo #2</b>	50,3	0,7	0,6	21,1
		150,8	0,7	0,6	63,3
		73,1	0,7	0,6	30,7
		52,5	0,7	0,6	22,0
	<b>BT sottocampo #3</b>	50,1	0,7	0,6	21,1
		86,8	0,7	0,6	36,5
		37,1	0,7	0,6	15,6
		48,9	0,7	0,6	20,5
		37,5	0,7	0,6	15,8
		121,9	0,7	0,6	51,2
	<b>BT sottocampo #4</b>	157,5	0,7	0,6	66,1
		60,7	0,7	0,6	25,5
		18,7	0,7	0,6	7,8
		61,3	0,7	0,6	25,8
	<b>BT sottocampo #5</b>	70,7	0,7	0,6	29,7
		49,5	0,7	0,6	20,8
		62,4	0,7	0,6	26,2
	<b>BT sottocampo #6</b>	71,3	0,7	0,6	29,9
		25,7	0,7	0,6	10,8
		62,2	0,7	0,6	26,1
		68,5	0,7	0,6	28,8
	<b>BT sottocampo #7</b>	30,3	0,7	0,6	12,7
		78,8	0,7	0,6	33,1
		40,8	0,7	0,6	17,1
	<b>BT sottocampo #8</b>	46,0	0,7	0,6	19,3
		26,1	0,7	0,6	11,0
		69,8	0,7	0,6	29,3
	<b>BT sottocampo #9</b>	29,8	0,7	0,6	12,5
		86,1	0,7	0,6	36,2
		49,7	0,7	0,6	20,9
	<b>BT sottocampo #10</b>	133,8	0,7	0,6	56,2
		24,9	0,7	0,6	10,4
		31,1	0,7	0,6	13,1
		24,9	0,7	0,6	10,4





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 74 di 143

Linee cavidotto BT	lunghezza (m)	larghezza (m)	altezza (m)	Volume (mc)
	31,1	0,7	0,6	13,1
	16,9	0,7	0,6	7,1
	55,3	0,7	0,6	23,2
	107,2	0,7	0,6	45,0
<b>BT sottocampo #11</b>	<b>172,9</b>	0,7	0,6	<b>72,6</b>
	33,3	0,7	0,6	14,0
	38,3	0,7	0,6	16,1
	25,4	0,7	0,6	10,7
	38,4	0,7	0,6	16,1
<b>BT sottocampo #12</b>	<b>76,0</b>	0,7	0,6	<b>31,9</b>
	39,0	0,7	0,6	16,4
	57,0	0,7	0,6	23,9
<b>TOTALE</b>	<b>3079,442</b>			<b>1293,4</b>

Il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione degli alloggiamenti delle linee BT è pari a **1293,4 mc**

Nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riassuntiva sono riportati i volumi parziali il volume totale di terreno da scavare per la realizzazione dei cavidotti complessivi nelle tre diverse aree:

**Tabella 10 – Riassunto volumi scavi**

Linea MT interne	3 489,2 mc
Linea BT	4 207,1 mc
Linea MT esterne	23 016,8 mc.
<b>TOTALE</b>	<b>30 713,1 mc</b>

*E' opportuno precisare che circa il 60% del terreno scavato per la realizzazione dei cavidotti sarà riutilizzato per il riempimento dello scavo stesso; la restante parte sarà utilizzata nell'impianto per rimodellamenti puntuali durante l'installazione dei tracker e delle cabine. La parte eccedente sarà sparsa uniformemente su tutta l'area del sito a disposizione, per uno spessore limitato a pochi centimetri, mantenendo la morfologia originale dei terreni.*



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 75 di 143

### Viabilità

La viabilità interna al campo fotovoltaico, considerata nel suo complesso, copre una superficie di 13.258 metri quadrati.

Per la loro realizzazione si prevede di effettuare, il recupero dell'eccedenza di terreno proveniente dagli scavi e dai riempimenti e la compattazione del fondo scavo e la successiva realizzazione di sottofondo con materiale di cava a diversa granulometria fino al raggiungimento delle quote originali di piano campagna.

I valori quantitativi sono i seguenti:

Lotto	Lunghezza strada ghiaia [m]	Superficie [m2]	Volume inerti [m3]
Pradamano	3.262,50	8.156,26	2.446,88
Trivignano Sud	2.375,07	5.937,66	1.781,30
Trivignano Nord	5.543,22	13.858,04	4.157,41

Totale                      11.180,78                      27.951,96    8.385,59

Il volume totale dell'inerte riportato per la realizzazione della viabilità interna tutta ammonta a circa **8.385,59 m<sup>3</sup>**

Il terreno scavato per la posa delle linee elettriche verrà riutilizzato per la modellazione della viabilità interna e l'eventuale eccedenza ulteriore di terreno prodotto dagli scavi sarà riutilizzato in sito per rimodellamenti puntuali.

**MT**

Nell'ambito complessivo dei tre siti il volume di terra movimentato e mantenuto all'interno dei siti è pari a 7.696,4 mc che, considerando un incremento volumetrico del 30% per effetto dello scavo, diviene un volume di circa **10.000 mc**.

### **6.3 MODALITÀ ESECUTIVE DEGLI SCAVI**

Per la realizzazione degli scavi e sbancamenti superficiali saranno impiegati mezzi meccanici e se necessario si procederà con scavo a mano; i mezzi impiegati saranno escavatore tipo terna, bobcat e pala meccanica.

È prevista la realizzazione di cumuli temporanei del terreno scavato; quello derivato dagli scavi per la realizzazione dei cavidotti sarà temporaneamente posizionato su un lato degli stessi mentre per quello derivante dagli altri scavi saranno individuate apposite aree di accumulo temporaneo dove verrà allocato anche il terreno eccedente derivato dagli altri scavi.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 76 di 143

#### 6.4 CAVE DI PRESTITO

---

Il sottofondo di entrambi i tipi di viabilità, interna e perimetrale, sarà realizzato in battuto di inerti di cava misto ghiaia-sabbia approvvigionato presso le cave autorizzate ubicate nel territorio della provincia di Udine; il volume stimato del materiale inerte occorrente è pari a circa 4.374 m<sup>3</sup>.

Per l'identificazione delle cave di inerti si è fatto riferimento a quelle censite nell'ambito del Piano Cave della Provincia di Udine, dove per ogni cava è indicata la specifica ubicazione ed il litotipo di materiale estratto/cavato.





## 7.2 ALLESTIMENTO CANTIERE

---

Il lavoro consiste nel montaggio delle segnalazioni, delimitazioni, degli accessi e della cartellonistica, la realizzazione di infrastrutture civili-impiantistiche di cantiere quali la predisposizione delle aree di stoccaggio dei materiali, la realizzazione di impianto elettrico di cantiere anche mediante l'allestimento di gruppi elettrogeni se non sono disponibili forniture BT ed alimentazione, impianto di terra, eventuali dispositivi contro le scariche atmosferiche, la predisposizione di bagni e spogliatoi, box mensa, box uffici (se non messi a disposizione dalla committenza), il montaggio delle attrezzature di sollevamento e ponteggio se necessarie e di tutte le recinzioni, sbarramenti, protezioni, segnalazioni e avvisi necessari ai fini della sicurezza, nonché l'adozione di tutte le misure necessarie ad impedire la caduta accidentale di oggetti e materiali.

Ove bagni e spogliatoi non siano messi a disposizione dalla committenza, una volta predisposta l'area del cantiere verrà installato un container adibito ad ufficio di cantiere. Il container sarà trasportato nel sito mediante camion e posizionato sul cantiere mediante gru idraulica. Una volta sul cantiere il container viene ancorato e predisposto al collegamento degli impianti energetici.



**FIGURA 6 - ALLESTIMENTO CANTIERE**

## 7.3 LIVELLAMENTO DEL TERRENO

---

Il lavoro consiste nella pulizia e nel livellamento del terreno con mezzo meccanico cingolato.





**FIGURA 7 - LIVELLAMENTO TERRENO**

#### **7.4 PICCHETTAMENTO DEL TERRENO**

---

Il lavoro consiste nel rilievo del terreno, la delimitazione esatta ed il picchettamento di tutte le aree interessate all'esecuzione delle opere ed in particolar modo la definizione di tutte le aree di viabilità, l'esatto posizionamento di eventuali recinzioni permanenti e cabine, la definizione di tutte le aree interessate all'installazione delle strutture di supporto per il successivo montaggio dei moduli fotovoltaici.



**FIGURA 8 - PICCHETTAMENTO**



## 7.5 REALIZZAZIONE VIABILITÀ E PIAZZOLE

Il lavoro consiste nella realizzazione delle vie di accesso al sito precedentemente individuate e tracciate, rendendole adeguate al passaggio dei mezzi di cantiere.



FIGURA 9 - VIABILITÀ INTERNA

## 7.6 REALIZZAZIONE RECINZIONE

Il lavoro consiste nella predisposizione della recinzione e dunque dalla messa in pristino dei supporti (piantane) fissati al terreno con tecnologia a battipalo o con piccola fondazione in cemento e il montaggio della rete metallica. La fase finale dell'installazione della recinzione consiste nella messa in opera della rete metallica e dei cancelli o aperture presenti.

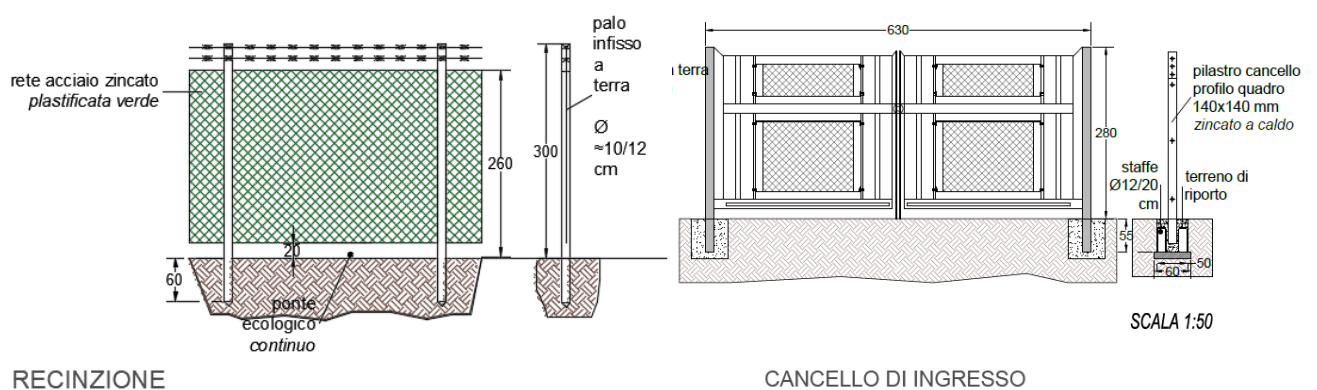


FIGURA 10 - STRALCIO DELL'ELABORATO GRAFICO CON DETTAGLI DI RECINZIONE E CANCELLO DI INGRESSO



## 7.7 SBANCAMENTI E REALIZZAZIONE PIANO DI POSA CABINE

Il lavoro consiste nella costruzione del piano di posa (sabbione livellato) su cui verranno alloggiate le cabine prefabbricate. La prima fase è quella di compiere le operazioni di scavo dopo gli opportuni tracciamenti. La fase successiva è quella di versare e livellare la sabbia che sarà trasportata appositamente in loco dai mezzi d'opera.



**FIGURA 11 - SBANCAMENTO PIANO POSA CABINE**

## 7.8 INSTALLAZIONE CABINE

Le operazioni da eseguire sono l'assemblaggio delle diverse parti che costituiscono la cabina avendo cura di predisporre tutti i passaggi per i cavi. Vengono anche completate tutte le operazioni di impermeabilizzazione della copertura del tetto della cabina e delle parti a contatto con il terreno. Vengono inoltre eseguite le operazioni di stesura e formazione della rete di terra e dei relativi dispersori e la posa in opera dei pozzetti nelle immediate vicinanze delle cabine elettriche.



**FIGURA 12 - INSTALLAZIONE CABINE**

## 7.9 INFIESSIONI PALI/VITI MONTAGGIO STRUTTURE DI SUPPORTO

Il lavoro consiste nell'infissione dei pali con macchina battipalo per l'ancoraggio a terra della struttura portante del generatore fotovoltaico (la struttura portante verrà successivamente montata su palo).





**FIGURA 13 - MACCHINA BATTIPALO PER INFIESSIONE PALI.**

I **pali FDP (Full Displacement Pile)** sono una tipologia di pali di medio diametro che viene normalmente impiegata come fondazione profonda. Durante la realizzazione dei pali FDP, grazie all'utilizzo dell'utensile dislocatore, il terreno scavato viene per la maggior parte compresso lateralmente sulla parete del foro e questo comporta sia un incremento della resistenza del terreno, sia una notevole diminuzione del terreno asportato (e quindi una riduzione dei costi di trasporto e conferimento a discarica).

Rispetto alle classiche tecniche di esecuzione di pali trivellati o ad elica continua (CFA) la capacità portante risulta essere superiore, a parità di diametro, valutabile tra il 50 ed il 100%. Ciò è dovuto alla "ridistribuzione" delle tensioni nel terreno nell'intorno dello scavo tale da creare un addensamento dello stesso.

Non sono inoltre presenti vibrazioni o urti all'atto dell'esecuzione del palo, evitando quindi disturbo alle zone attigue al cantiere.

L'esecuzione del palo FDP non prevede l'utilizzo di fanghi di lavorazione per il sostegno del foro e non produce residui di lavorazione, a differenza dei pali ad elica continua (CFA) e dei classici pali trivellati. Non sono quindi presenti problematiche legate allo smaltimento di terreni inquinati, siano essi terreni contaminati da fanghi di lavorazione che terreni già contaminati in sito.

In generale la soluzione FDP prevede i seguenti benefici:

1. **Maggior rapidità esecutiva** dei singoli pali con buone produzioni giornaliere contro i pali trivellati di diametro medio (1000÷1200mm);
2. **Assenza di asportazione di terreno** a differenza di pali trivellati e CFA;
3. **Totale eliminazione delle problematiche di smaltimento** dei residui di lavorazione (ovvero terreno di scavo "contaminato" da fanghi di lavorazione), in quanto non è prevista asportazione di terreno per l'esecuzione dei pali;
4. Una corretta ed intima **connessione della punta del palo** con il terreno sottostante, in virtù della tecnologia che prevede una puntazza a perdere che viene "estratta" contestualmente all'inizio del getto del palo prima della risalita del tubo forma dello stesso;
5. **Maggiore "rigidezza" complessiva** alle azioni assiali da parte del palo, in quanto si unisce il buon comportamento per attrito laterale dei pali trivellati al buon comportamento di punta tipico dei pali battuti (valori di  $N_q$  superiori a 30÷35 contro il valori di  $N_q$  compresi tra 10÷15 tipici di pali trivellati per la limitazione dei cedimenti), anche in virtù di una buona connessione del getto al terreno in punta (cfr. fondello a perdere);
6. **Ridotti interassi** dei pali stessi, inferiori a 3 diametri, non pregiudicano la capacità portante del sistema di fondazione, la cui efficienza risulta inferiore all'unità solo per pali trivellati in terreni coesivi (cfr. Vesic 1968).

Ciò necessita comunque una sequenza planimetrica di esecuzione dei pali che faciliti la loro realizzazione a seguito dell'addensamento del terreno, senza interazione con i pali appena realizzati (compressioni



lateralmente su calcestruzzo fresco appena realizzato da evitare). Il comportamento del palo in gruppo deve in ogni caso essere analizzato in tali condizioni;

7. Rispetto ai pali trivellati si evince un **reale miglioramento delle caratteristiche del terreno** in seguito all'esecuzione dei pali, che si trovano ad interagire in fase di esercizio all'interno di un volume di terreno con caratteristiche migliori (sia in termini di parametri meccanici di resistenza che di deformabilità). **Il palo trivellato decompone il terreno, il palo FDP lo costipa e lo addensa.**

## 7.10 CAVIDOTTI INTERRATI

---

Il lavoro consiste nel compiere gli scavi per poter posizionare tutti i cavidotti attraverso i quali saranno stesi i diversi cavi necessari al funzionamento dell'impianto.

La prima fase è quella di compiere mediante pala meccanica le operazioni di scavo dopo gli opportuni tracciamenti. Successivamente vengono posizionati i cavidotti attraverso i quali saranno poi stesi i diversi cavi necessari. I cavidotti saranno poi ricoperti con terreno e nastro di indicazione come previsto in fase di progetto. Il reinterro è previsto con il materiale proveniente dagli scavi.



FIGURA 14 - SCAVI PR

## 7.11 MONTAGGIO DEI QUADRI DI PARALLELO

---

I quadri di campo in continua sono i quadri elettrici di campo necessari per poter compiere il parallelo delle stringhe. Ad essi sono convogliati i cavi provenienti dalle diverse porzioni di generatore fotovoltaico e da essi partono i cavi verso gli inverter.

Le operazioni da eseguire sono in questo caso la posa in opera delle staffe ed il fissaggio ad esse del quadro di campo in continua; vengono poi completate alcune iniziali operazioni di cablaggio.





**FIGURA 15 - QUADRI IN PARALLELO**

#### **7.12 STRINGATURA E CABLAGGI CC**

---

Il lavoro consiste nello stendere i cavi DC all'interno dei cavidotti interrati e delle passerelle. Viene completato il collegamento di tutti i dispositivi lato DC. In questa fase vengono completati anche i collegamenti della rete dati e di gestione, controllo e supervisione dell'impianto fotovoltaico.

Tutti i cavi vengono intestati con apposite targhette identificative resistenti ai raggi UV al fine di una rapida individuazione ad esempio in caso di manutenzione.

#### **7.13 CABLAGGIO CABINE**

---

Il lavoro consiste nella connessione di tutti i quadri/trasformatori/inverters all'interno delle cabine. Viene completato il collegamento di tutti i dispositivi lato AC. In questa fase vengono completati anche i collegamenti della rete dati e di gestione, controllo e supervisione dell'impianto fotovoltaico e degli ausiliari. Viene eseguita la messa a terra delle diverse masse e l'interconnessione tra di esse al fine di garantire l'equipotenzialità.

#### **7.14 CABLAGGI MT**

---

Il lavoro consiste nello stendere i cavi MT all'interno dei cavidotti. Viene completato il collegamento di tutti i dispositivi in corrispondenza degli arrivi lato MT. Vengono posati gli eventuali nastri di segnalazione e pericolo.

#### **7.15 MONTAGGIO MODULI FOTOVOLTAICI**

---

Il lavoro consiste nella posa in opera dei moduli fotovoltaici sulle strutture di supporto già predisposte. Viene completato il collegamento in serie dei moduli fotovoltaici.

#### **7.16 SMANTELLAMENTO OPERE DI CANTIERE E PULIZIA**

---

Il lavoro consiste nello smontaggio delle segnalazioni temporanee, delle delimitazioni, degli accessi e della cartellonistica, la pulizia delle aree di stoccaggio dei materiali, lo smontaggio delle attrezzature di sollevamento e ponteggio se installate e di tutte le recinzioni provvisorie, sbarramenti, protezioni, segnalazioni e avvisi necessari ai



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 85 di 143

fini della sicurezza, nonché la dismissione di tutte le misure necessarie ad impedire la caduta accidentale di oggetti e materiali, nonché lo smantellamento dell'eventuale container adibito ad ufficio di cantiere.

### 7.17 LA RICADUTA OCCUPAZIONALE

L'efficienza energetica è il nuovo eldorado dell'occupazione italiana visto che, da oggi al 2023, ogni 5 nuovi posti di lavoro creati dalle imprese attive in Italia 1 sarà generato da aziende ecosostenibili. Si tratta di un numero di nuovi posti di lavoro oltre il 50% in più di quelli generati dal digitale, che non riuscirà ad andare oltre 214mila nuovi occupati, e il 30% in più di quelli prodotti da tutte le imprese della filiera salute e benessere, che si attesterà a quota 324 mila assunzioni.

I dati, elaborati dal Sistema Informativo Exclesior, sono contenuti nel Focus Censis - Confcooperative "Smart & Green, l'economia che genera futuro" presentato a Roma nel 2019. La transizione verso un'economia pulita, argomenta lo studio, "sta determinando una modifica strutturale all'interno dell'occupazione nei paesi avanzati e in quelli emergenti". Il bisogno di competenze green e l'adozione di tecnologie nuove nel campo della sostenibilità "rappresentano alcune delle tante derive che stanno accompagnando la generale riconversione dei modi di produrre" e, di conseguenza, l'orientamento della crescita economica perseguita a livello globale.

Complessivamente nell'ultimo anno il numero delle imprese del settore energia è cresciuto di 700 unità ed in molte regioni, specialmente del centro-sud, le imprese energetiche sono più che raddoppiate.

Lo studio realizzato dall'Osservatorio Energia e Innovazione dell'IRES-CGIL "Lotta ai cambiamenti climatici, efficienza energetica e fonti rinnovabili: gli investimenti, le ricadute occupazionali e le nuove professionalità", commissionato dalla Filctem-Cgil, riprendendo alcuni contributi quantitativi sul tema, e proponendo alcune originali valutazioni statistiche ed econometriche dell'impatto della nuova politica energetica europea sulla crescita economica e sull'occupazione nel settore delle fonti di energia rinnovabile in Italia, fornisce un quadro sintetico di riferimento che possa essere d'ausilio nell'interpretazione e nella implementazione del "Pacchetto Clima Energia 20- 20-20". Lo studio IRES-CGIL mostra un contributo netto all'incremento occupazionale diretto dal 2019 al 2020 di 9.000 unità solo nel Sud, che a livello nazionale dovrebbe raggiungere 12.000 unità nette permanenti. Considerando anche l'occupazione indiretta e quella temporanea si raggiungerebbero al 2020 le 60.500 unità circa.

occupazione	Employ RES	NEMESIS	ASTRA	Cnel Issi	GSE IEFE	Oss. Energia
Eolico	32 000	-	-	24 200	77 500	-
Fotovoltaico	35 000	-	-	69 700	47 500	-
Biomasse	41 000	-	-	-	100 000	-
Complessiva lorda	120 000				250 000	60 500
Complessiva netta(*)		97 500	67 500	75 700	-	-

**TABELLA 1. OCCUPAZIONE POTENZIALE (LORDA E NETTA) IN ITALIA AL 2020**

(\*) Per occupazione complessiva netta si intende il saldo della nuova occupazione al 2020 considerando non solo i guadagni ma anche le perdite stimate di posti di lavoro a seguito dell'applicazione del pacchetto 20-20-20. In termini di valore aggiunto si stima che l'industria italiana potrà realizzare un fatturato medio annuo compreso tra i 2,5 e i 5,5 miliardi di euro l'anno per i prossimi dieci anni. Tuttavia, per valori inferiori a 3,5/4 miliardi di euro l'anno, dall'analisi dei dati emerge che la dinamica della produttività non appare sufficiente a garantire l'autonomo e duraturo sviluppo del settore.

Il forte sviluppo delle energie rinnovabili comporterà una grande trasformazione delle reti elettriche di trasporto e distribuzione che dovranno offrire più elevati parametri di sicurezza, affidabilità ottimizzazione del servizio. La realizzazione di reti intelligenti - Smart-grid- comporterà in Italia investimenti stimati attorno a 1,5 mld di euro. Anche in questo caso le ricadute occupazionali attese potrebbero risultare molto consistenti.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO  
DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**7.18 ANALISI QUANTITATIVA**

Con riferimento all'impianto FV in oggetto si prevede l'impiego di n. 14.155 uomini giorno per la fase di costruzione, n. 7.200 uomini giorno per la fase di dismissione e n. 7.925 uomini giorno ogni anno per la fase di gestione, ripartite per l'esecuzione delle attività di gestione e manutenzione evidenziate nelle tabelle di seguito riportate:

Attività	Durata [gg]	Inizio	Fine	operai richiesti	Uomini giorno
Consegna aree all'EPC	0	01/02/23	01/02/23	0	0
Allestimento, messa in sicurezza ed eventuale pulizia del cantiere	15g	01/02/23	21/02/23	30	450
Scotico terreno	14g	22/02/23	13/03/23	20	280
Picchettamento terreno	11g	14/03/23	28/03/23	20	220
Realizzazione viabilità e piazzole	30g	29/03/23	09/05/23	15	450
Realizzazione recinzione	11g	10/05/23	24/05/23	45	495
Sbancamenti e sistemazione piano di posa per cabine	13g	10/05/23	26/05/23	10	130
Infissione pali/viti e montaggio delle strutture di supporto	71g	10/05/23	16/08/23	50	3550
Realizzazione impianto di illuminazione	30g	25/05/23	05/07/23	50	1500
Posizionamento cabine e realizzazione impianto di terra cabina	30g	29/05/23	07/07/23	15	450
Realizzazione impianto antifurto	30g	06/07/23	16/08/23	20	600
Realizzazione cavidotti, posa corrugati e pozzetti, reinterro	60g	17/08/23	08/11/23	15	900
Installazione quadri di campo e parallelo cc	30g	09/11/23	20/12/23	20	600
Stringatura e cablaggi cc	39g	21/12/23	13/02/24	40	1560
Montaggio dei moduli fotovoltaici	39g	14/02/24	08/04/24	40	1560
Connessione cabine inverter e trasformazione preallestite	30g	09/04/24	20/05/24	18	540
Allestimento cabina di consegna	5g	21/05/24	27/05/24	10	50
Comunicazione fine lavori al gestore di rete ed all'Agenzia delle Dogane	3g	28/05/24	30/05/24	0	0
Cablaggi MT	25g	28/05/24	01/07/24	30	750
Realizzazione opere di rete	90g	28/05/24	30/09/24	0	0
Smantellamento opere provvisorie di cantiere, rimozione rifiuti e pulizia aree	10g	01/10/24	14/10/24	7	70
Ultimazione lavori	0	14/10/24	14/10/24	0	0
<b>totale uomini giorno fase di cantiere</b>					<b>14.155</b>

**TABELLA 7.1. CALCOLO UNITÀ LAVORATIVE NELLA FASE DI CANTIERE**



Calcolo unità lavorative all'anno nella fase di gestione		
Attività di pulizia dei moduli	quantità	u.m.
metri quadri da pulire	385.610	mq



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

<b>Calcolo unità lavorative all'anno nella fase di gestione</b>		
<b>Attività di pulizia dei moduli</b>	<b>quantità</b>	<b>u.m.</b>
numero pulizie/anno	4	n./anno
metri quadri puliti giornalmente per ogni operaio	800	mq/uomo
<b>uomini giorno pulizia</b>	1.928	uomini giorno/anno
<b>Attività di taglio dell'erba e manutenzione delle aree verdi</b>		
metri quadri da pulire	1.006.626	mq
numero pulizie/anno	4	n./anno
metri quadri mantenuti giornalmente per ogni operaio	3000	mq/uomo
<b>uomini giorno pulizia</b>	1.342	uomini giorno/anno
<b>Attività di videosorveglianza e monitoraggio della produzione energetica</b>		
Ore/giorno dedicate al monitoraggio	24	h/giorno
numero di giorni/anno di videosorveglianza	365	g/anno
<b>uomini giorno videosorveglianza</b>	1.095	uomini giorno/anno
<b>Altre attività di manutenzione ordinaria</b>		
<b>Uomini giorno</b>	1.500	uomini giorno/anno
<b>Attività di manutenzione straordinaria</b>		
<b>Uomini giorno</b>	2.060	uomini giorno/anno
<b>totale uomini giorno fase di gestione e manutenzione</b>	7.925	<b>uomini giorno/anno</b>

TABELLA 7.2. CALCOLO UNITÀ LAVORATIVE NELLA FASE DI GESTIONE In considerazione della vita utile stimata per l'impianto in 30 anni si ottengono complessivamente i valori riportati alla tabella seguente:

Unità impiegate in fase di costruzione	14.155
Unità impiegate in fase di gestione	237.757
Unità impegnate in fase di dismissione	7.200
totale	259.112
anni/uomo complessivamente impiegati dall'impianto fotovoltaico	8.637

TABELLA 7.3. CALCOLO UNITÀ LAVORATIVE COMPLESSIVE

I valori di occupazione generati risultano particolarmente interessanti e per una corretta interpretazione possono essere confrontati rispetto a quanto si otterrebbe in caso perdurasse una coltivazione agricola del fondo o all'occupazione generata da altre tecnologie di produzione di energia.

Nel primo scenario si è fatto riferimento alla produzione cerealicola che risulta quella per cui l'area oggetto di intervento risulta maggiormente vocata; nel secondo alla produzione di energia con centrali termoelettriche alimentate da carbone o da gas naturale. Il raffronto tra gli scenari delineati è riportato alle tabelle seguenti:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

<b>Raffronto con attività agricola</b>		
Superficie coltivabile occupata dall'impianto	44	Ha
Uomini giorno impiegati annualmente per ettaro di produzione cerealicola	8	
Uomini/giorno generati complessivamente nei 30 anni di vita utile dell'impianto	10.560	
<b>uomini/anno complessivamente impiegati dalla conduzione agricola</b>	<b>352</b>	
<b>uomini/anno complessivamente impiegati dall'impianto fotovoltaico</b>	<b>8.637</b>	
<b>Incremento occupazione fotovoltaico/agricoltura</b>	<b>2.454%</b>	

<b>Raffronto con produzione di energia da fonti non rinnovabili</b>		
<b>Impianto fotovoltaico</b>		
Uomini/anno impiegati nella vita utile dell'impianto	8.637	
Produzione energetica attesa della vita utile dell'impianto	3.242	GWh
<b>Uomini/anno impiegati per GWh dall'impianto fotovoltaico</b>	<b>0,375</b>	
<b>Centrale Enel a Carbone Torre Valdaliga Nord (alimentazione a carbone) (1)</b>		
Uomini/anno impiegati nella vita utile dell'impianto	32857,7	
Produzione energetica attesa della vita utile dell'impianto	300000	GWh
<b>Uomini/anno impiegati per GWh</b>	<b>0,11</b>	
<b>Incremento occupazione fotovoltaico/termoelettrico a carbone</b>	<b>341%</b>	
<b>Centrale Turbogas di Scandale (alimentazione a gas naturale) (2)</b>		
Uomini/anno impiegati nella vita utile dell'impianto	19714,3	
Produzione energetica attesa della vita utile dell'impianto	150000	GWh
<b>Uomini/anno impiegati per GWh</b>	<b>0,13</b>	
<b>Incremento occupazione fotovoltaico/termoelettrico a gas naturale</b>	<b>289%</b>	

**TABELLA 4. CONFRONTO OCCUPAZIONALE CON ALTRE ATTIVITÀ**

- (1) per la centrale Enel di Torre Valdaliga Nord in Civitavecchia (RM) da 1980 MW si è fatto riferimento ai dati ufficiali Enel pubblicati sul sito internet della Presidenza del Consiglio dei Ministri [http://www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/centrale\\_enel/scheda.pdf](http://www.governo.it/GovernoInforma/Dossier/centrale_enel/scheda.pdf) di cui si riporta uno stralcio:
- investimento per la conversione della centrale pari a quasi 2 miliardi di euro;
  - impiego medio in cantiere di personale durante la costruzione di 1.600 persone per complessive 15 milioni di ore lavorate;
  - fase di esercizio a pieno regime con l'impiego di circa 380 unità, per tutta la vita utile dell'impianto, e di altre 350 per la manutenzione da parte di imprese locali.
- È stata inoltre assunta una vita utile della centrale pari a 30 anni e una quantità di personale impiegato per le operazioni di dismissione pari al 50% del personale impiegato per la costruzione.
- (2) Per la centrale Turbogas a ciclo combinato di Scandale (KR) da 814 MW si è fatto riferimento ai dati ufficiali pubblicati da E.On Italia proprietaria in compartecipazione con il gruppo A2A della società Ergosud – titolare dell'impianto. I dati sono pubblicati sul sito <http://www.eon-italia.com/cms/it/newsDetail.do?guid=2F0CC2FD-14B5-4E7C-AA89-4AE7CA11AA22> e





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 89 di 143

prevedono:

- investimento per la costruzione della centrale pari a 450 milioni di euro;
- fase di esercizio a pieno regime con l'impiego di circa 600 unità inclusi gli addetti per la manutenzione da parte di imprese locali.

È stata inoltre assunta una vita utile della centrale pari a 30 anni e una quantità di personale impiegato per le operazioni di costruzione pari a 1500 uomini/anno e dismissione pari a 500 uomini/anno sulla base della letteratura scientifica.

In conclusione si è dimostrato come la tipologia di impianto a progetto interesserà positivamente, dal punto di vista economico ed occupazionale, alcune imprese locali per la realizzazione delle opere e la futura dismissione.

Si utilizzeranno operatori locali anche in fase di gestione per il monitoraggio e la manutenzione dell'impianto, nonché per la sorveglianza nel corso della sua vita utile.

Da un punto di vista socio economico l'intervento consente un incremento molto rilevante dell'occupazione rispetto al caso in cui il fondo agricolo rimanesse tale, non si è ritenuto indicativo il confronto con la destinazione a servizi comunali di altro tipo.

Inoltre, rispetto alle fonti convenzionali, le fonti rinnovabili hanno la caratteristica di impiegare molta più manodopera (in questo caso tra 2 e 3 volte in più) a parità di energia prodotta: questo aspetto rappresenta uno dei pilastri della "green economy", insieme alla tutela delle risorse naturali di energia ed alla mancata emissione in atmosfera di sostanze tossiche o climalteranti o radioattive.



## **8. PIANO DI DISMISSIONE E RIPRISTINO – GESTIONE DEI RIFIUTI**

In merito al piano di dismissione e ripristino sono considerate tutte le norme relative all'operazione in oggetto, gli aspetti tecnici e le operazioni da svolgere, al fine di determinare il costo della dismissione e ripristino dello stato dei luoghi, di cui al decreto ministeriale dello Sviluppo economico del 10.09.2010 recante le "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili" punto 113, e quindi la relativa cauzione a garanzia dell'esecuzione dei relativi interventi, mediante fideiussione bancaria o assicurativa.

Come verrà dettagliato nel corso della presente relazione, il valore complessivo da garantire è pari a 25.000 € per ogni MW installato. Di conseguenza la cifra esatta da tenere in considerazione, e quindi da garantire con fideiussione bancaria o assicurativa, è di circa 2.000.000 €.

Un impianto fotovoltaico oltre ad essere tra le più efficienti e pulite tecnologie per la generazione di energie permette anche, alla fine del suo ciclo di vita, di essere rimosso con estrema facilità, rapidità ed economicità. Rendendo, per la natura poco invasiva della tecnologia di supporto prevista, estremamente veloce il ripristino del sito così come era precedentemente all'installazione dell'impianto stesso. Nei paragrafi successivi verranno approfondite le caratteristiche e le metodologie di riciclo dei materiali e delle forniture impiegate.

### **8.1 RIFERIMENTI NORMATIVI**

Le principali normative cui riferirsi nel pianificare i lavori di dismissione e ripristino dei luoghi, sono essenzialmente le seguenti:

- Dlgs 152/2006: "Norme in materia ambientale";
- Dlgs 49/2014: "Attuazione della direttiva 2012/19/UE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)";
- Dlgs 221/2015: "Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali";
- GSE: "Istruzioni operative per la gestione e lo smaltimento dei pannelli fotovoltaici incentivati".

In particolare il Dlgs n. 49 del 14 marzo 2014 definisce i RAEE: "le apparecchiature elettriche o elettroniche che sono rifiuti ai sensi dell'articolo 183, comma 1, lettera a), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, inclusi tutti i componenti, sottoinsiemi e materiali di consumo che sono parte integrante del prodotto al momento in cui il detentore si disfi, abbia l'intenzione o l'obbligo di disfarsene". Per quanto riguarda moduli fotovoltaici dismessi, elettricamente o meccanicamente danneggiati, è chiaro che nel caso in cui il loro detentore desideri disfarsene, essi diventano ipso facto RAEE. Secondo il Dlgs 152/2006 i produttori e gli importatori dei moduli fotovoltaici sono i "produttori del rifiuto". Sono essi quindi a doversi occupare della corretta gestione del fine vita dei prodotti che immettono sul mercato. Per ottemperare a tali obblighi inoltre, secondo il Dlgs 221/2015 "collegato ambientale", i produttori del RAEE devono aderire ad un consorzio dotato di un'adeguata struttura operativa e TRUST autorizzato, in cui versare una quota finanziaria (eco contributo) come garanzia per il finanziamento dello smaltimento dei moduli a fine vita.

### **8.2 RICICLO DEI MATERIALI**

Per un impianto fotovoltaico le materie prime recuperate durante lo smaltimento dei moduli fotovoltaici diventeranno una risorsa. Il sistema di riciclo dei principali operatori del settore (tra cui ad esempio ECO-PV) consente di recuperare la gran parte delle materie prime originariamente utilizzate per produrre un modulo fotovoltaico, le strutture di sostegno di tali moduli, i cavi e le apparecchiature elettriche e le cabine.



In particolare, per i moduli fotovoltaici realizzati con celle in silicio cristallino si ha:

- 74% di vetro (rivestimento, copertura del modulo, vetro di altissima qualità);
- 10% di plastica (supporto del modulo, viene riciclata in vasi o altro);
- 10% di alluminio (della cornice);
- 6% di altri componenti (polvere di silicio derivante dalle celle fotovoltaiche, rame per le connessioni elettriche, argento, metalli rari, EVA, Tedlar, adesivo in silicone).

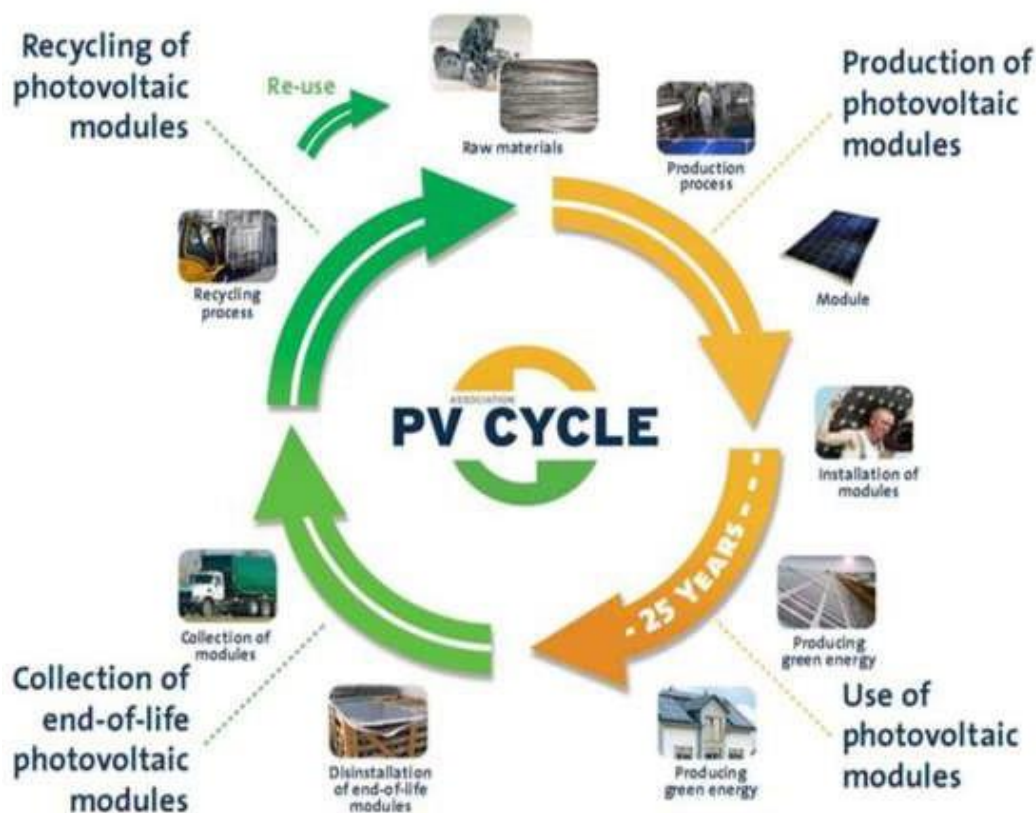
Il processo del riciclo di un modulo fotovoltaico a fine vita si articola su tre fasi essenziali:

1. rimozione di cornice e cavi di collegamento elettrico;
2. triturazione;
3. processi di separazione delle materie prime.

### 8.3 DISMISSIONE E RICICLO DEI MODULI FOTOVOLTAICI

I moduli fotovoltaici utilizzati, in silicio cristallino, a fine ciclo vita verranno ritirati e riciclati quasi integralmente. In particolare, in Germania è nato un consorzio nel 2007, il PV CYCLE, che raggruppa impianti per lo smaltimento dei pannelli, capaci di recuperare l'85% dei materiali. Questo permette alla tecnologia fotovoltaica di essere doppiamente ecologica.

Per lo smaltimento dei moduli fotovoltaici, una volta disinstallati sul campo dalle strutture di sostegno, che nel progetto in oggetto sono di tipologia standard, si deve provvedere al corretto trasporto ad apposito centro di smaltimento.



**FIGURA 16 - CICLO DI VITA DEI MODULI FOTOVOLTAICI IN SILICIO CRISTALLINO SECONDO IL PROGRAMMA "DOUBLE GREEN" DELL'ASSOCIAZIONE PV CYCLE**

In particolare, ai sensi dell'art. 193 del Dlgs n. 152 del 3 aprile 2006, un trasportatore autorizzato carica i moduli FV per il trasporto secondo la procedura di cui all'art 193 medesimo. I moduli devono essere accompagnati da un formulario di identificazione dal quale devono risultare almeno i seguenti dati:

- a) nome ed indirizzo del produttore dei rifiuti e del detentore;



- b) origine, tipologia e quantità del rifiuto;
- c) impianto di destinazione;
- d) data e percorso dell'istradamento;
- e) nome ed indirizzo del destinatario.

Le copie del formulario devono essere conservate per cinque anni.

#### **8.4 RECUPERO DELLE MATERIE PRIME**

---

In questa fase del processo avviene il recupero delle materie prime che costituivano i moduli FV e saranno utili per la realizzazione di nuovi moduli fotovoltaici, come promosso dal Dlgs n. 49 del 14 marzo 2014. L'impianto di trattamento consegna al detentore dei moduli un certificato di avvenuto trattamento riportante la lista dei medesimi ordinata per numero di serie, marca e modello trattati e con l'indicazione precisa del FIR di riferimento.

#### **8.5 SPECIFICHE TECNICHE IMBALLAGGIO MODULI SU BANCALI**

---

I moduli dovranno essere disposti sul bancale con il vetro anteriore rivolto verso l'alto, inoltre dovranno essere adagiati con precisione, con spigoli adiacenti, in modo da poter scaricare il loro peso in modo uniforme sul bancale. Le dimensioni ottimali della base di appoggio di un bancale sono (lux la) 1100 – 1700 x 1000 mm ovvero in grado di far poggiare i moduli nella loro interezza al lato corto sulla base del bancale stesso. Il bancale deve essere di tipo robusto, strutturato per sopportare un peso fino a 900 kg. I moduli dovranno essere adeguatamente immobilizzati sui bancali tramite opportuna e salda reggiatura, come illustrato nella foto esempio.



**FIGURA 17 - IMBALLAGGIO DEI PANNELLI**

#### **8.6 DISMISSIONE E RICICLO DELLE STRUTTURE DI SOSTEGNO**

---

Le strutture previste, essendo installate senza utilizzare calcestruzzo, possono essere smontate e riciclate completamente; viene utilizzato solo acciaio zincato a caldo per i pali di fondazione ed alluminio per tutto il resto. L'alluminio ha anche un valore di rottura abbastanza alto quindi può essere venduto quando verrà smontato l'impianto.



**FIGURA 18 - STRUTTURE DI SOSTEGNO (TRACKER)**

L'acciaio non ha un valore di rottura alto ma comunque un costo ridotto di smaltimento. I pali possono essere tirati fuori dal terreno con delle macchine apposite (vedi come esempio fig.2) ed il terreno viene con rapidità e facilità ripristinato come prima dell'intervento. Non ci sono plinti di cemento che hanno un costo molto elevato per lo smaltimento.

I pali di fondazione vengono infissi nel terreno e saranno estratti con estrema facilità e rapidità grazie all'utilizzo di mezzi appositamente progettati.



**FIGURA 19 - IMMAGINI DI ESTRAZIONE DEI PALI**

## **8.7 DISMISSIONE E RICICLO DELLE FORNITURE ELETTRICHE**

Le apparecchiature elettriche, quadri di campo, inverter, trasformatori ecc., verranno prelevate e riciclate quasi completamente in apposito centro di recupero.

### *8.7.1.1 Dismissione e riciclo delle cabine elettriche*

I locali che alloggiavano inverter e trasformatori, nonché quello per la consegna all'ENEL, sono cabine elettriche prefabbricate monoblocco omologate che a fine ciclo possono essere prelevate e ricollocate in altro sito e sono





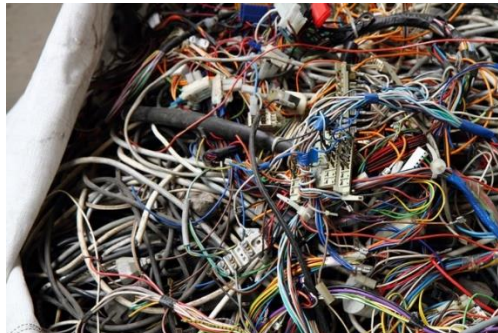
comunque recuperabili integralmente sia per quanto riguarda le cabine che per tutte le apparecchiature interne, inclusi i collegamenti MT e BT.



**FIGURA 20 - IMMAGINI DI UNA CABINA DI TRASFORMAZIONE**

#### **8.7.1.2** *Dismissione e riciclo dei cablaggi*

L'intero cablaggio viene ritirato e riciclato completamente, rappresentando anche un rientro economico non trascurabile in fase di dismissione.



**FIGURA 21 - IMMAGINI DI CABLAGGI RACCOLTO PER IL RICICLO**



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 95 di 143

### 8.8 COMPUTO METRICO DELLA DISMISSIONE

**DR**

Per la dismissione di 1 MW di impianto fotovoltaico con le caratteristiche tecniche dell'impianto in oggetto, si calcola che la manodopera incida per circa il 60%. Si prevede una squadra di 5 elementi con un costo orario di 20€. Si riporta quindi nelle due tabelle successive la stima dei giorni uomo per ogni attività prevista e la stima dei costi totali per la dismissione ed il ripristino dei luoghi.

Attività	Descrizione	Giorni Uomo	Giorni Cantiere
A	Distacco connessioni elettriche e messa in sicurezza del cantiere.	5	1
B	Smontaggio moduli PV.	40	8
C	Smontaggio strutture di supporto.	25	5
D	Smontaggio forniture elettriche (inverter, trasformatori, quadri elettrici ecc) e asporto cabine prefabbricate.	5	1
E	Smontaggio cavi.	5	1
F	Ripristino del sito allo stato ante operam.	10	2
	<b>TOTALE</b>	<b>90</b>	<b>18</b>

TABELLA 1 - DETTAGLI ATTIVITÀ MANODOPERA E STIMA DEI GIORNI DI CANTIERE NECESSARI PER OGNI MWp DI IMPIANTO.

Attribuzione dei costi / MW	Costi (€)	Incidenza percentuale
Manodopera (per tutte le attività di cantiere)	14.400,00	60 % Circa
Spese tecniche	2.000,00	40% circa
Attrezzature e mezzi	3.000,00	
Smaltimenti	6.000,00	
<b>TOTALE</b>	<b>25.000,00</b>	<b>100%</b>

TABELLA 2 - ATTRIBUZIONE COSTI PER OGNI MWp DI IMPIANTO.

Considerando quindi la potenza totale installata MWp di potenza (80), il costo totale per lo smantellamento ed il ripristino dei luoghi per l'impianto in oggetto, è di circa: 2.000.000 € con un impegno di 7.200 giorni uomo.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 96 di 143

## 9. CRONOPROGRAMMA DISMISSIONE

Un impianto fotovoltaico oltre ad essere tra le più efficienti e pulite tecnologie per la generazione di energie permette anche, alla fine del suo ciclo di vita, di essere rimosso con estrema facilità, rapidità ed economicità. Rendendo, per la natura poco invasiva della tecnologia di supporto prevista, estremamente veloce il ripristino del sito così come era precedentemente all'istallazione dell'impianto stesso.

Per l'intervento di dismissione dell'impianto in progetto si presume l'impiego di massimo 35 operai contemporaneamente in cantiere per un totale di 602 uomini giorno.

È possibile prevedere una durata del cantiere pari a circa 116 giorni lavorativi. Per durata di cantiere si intende l'esecuzione di tutte le attività di cantiere fino allo smantellamento delle attrezzature di cantiere e pulizia delle aree temporanee.

Il Cronoprogramma è riportato nella tabella seguente.

Evento	Inizio [giorno]	Fine [giorno]	Durata [gg]	operai richiesti	operai richiesti	Uomini giorno
Consegna lavori	0	0	0	0	0	0
Allestimento, messa in sicurezza ed eventuale pulizia del cantiere	0	15	15	3	49	148
Comunicazione fine attività agli Enti	16	18	3	0	0	0
Smantellamento opere di rete	16	28	13	2	33	66
Smantellamento cablaggi MT	16	19	4	3	49	148
Dismissione cabina di consegna	29	29	1	2	33	66
Disconnessione cabine inverter	30	33	3	5	82	412
Smontaggio dei moduli fotovoltaici	30	42	13	8	132	1054
Rimozione stringatura e cablaggi cc	42	54	13	8	132	1054
Rimozione quadri di campo e parallelo cc	51	53	3	5	82	412
Rimozione cavidotti, corrugati e pozzetti, reinterro	52	54	3	2	33	66
Rimozione impianto antifurto	53	54	2	8	132	1054
Rimozione cabine e impianto di terra cabina	31	31	1	3	49	148
Demolizione impianto di illuminazione	54	57	4	8	132	1054
Rimozione pali/viti e smontaggio delle strutture di supporto	41	63	23	4	66	264
Rimozione recinzione	78	81	4	7	115	807
Smantellamento viabilità e piazzole	82	91	10	3	49	148
Sistemazione e ripristino terreno allo stato ante operam	92	105	14	3	49	148



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

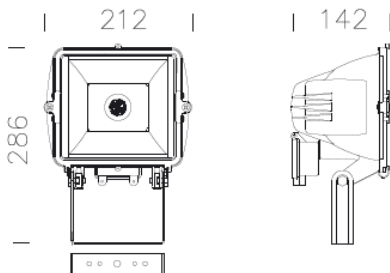
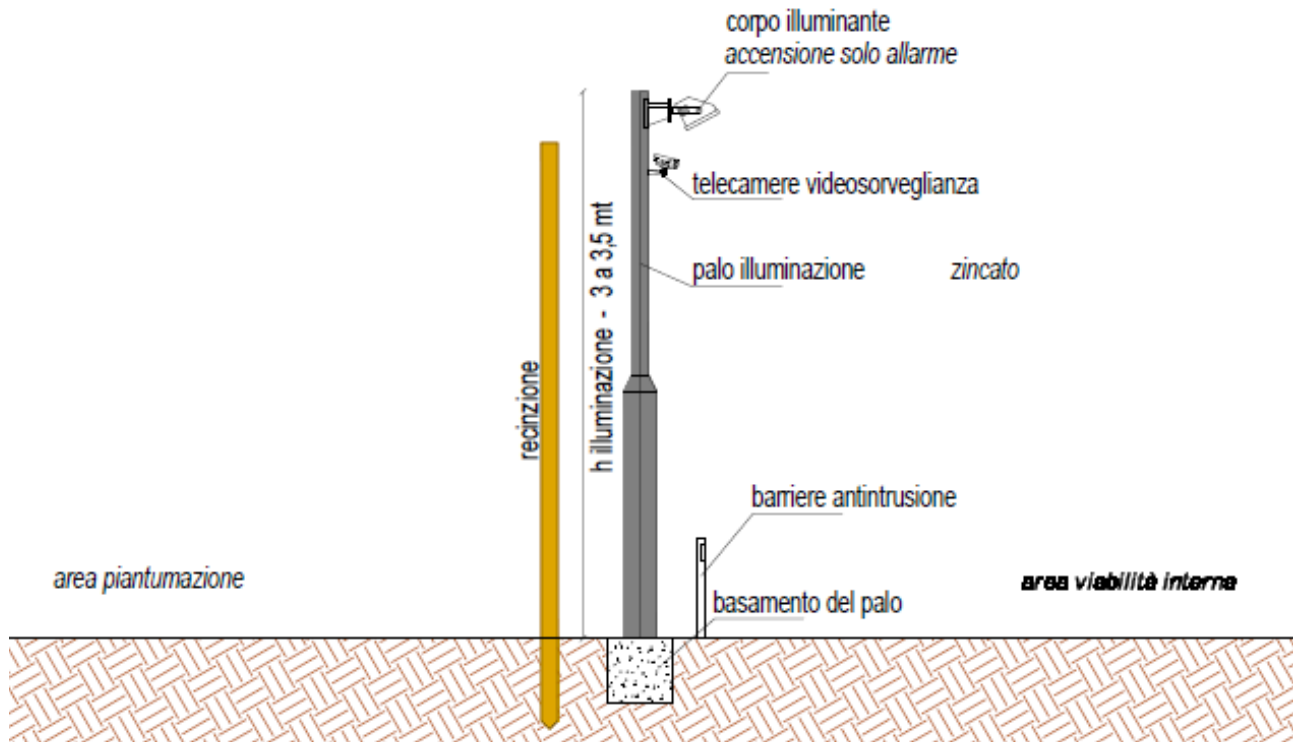
Pag 97 di 143

<b>Evento</b>	<b>Inizio [giorno]</b>	<b>Fine [giorno]</b>	<b>Durata [gg]</b>	<b>operai richiesti</b>	<b>operai richiesti</b>	<b>Uomini giorno</b>
Smantellamento opere provvisorie di cantiere, rimozione rifiuti e pulizia aree	106	115	10	3	49	148
Ultimazione lavori	116	116	0	0	0	0
				<b>totale uomini giorno</b>		<b>7.200</b>
				<b>max operai in cantiere (contemporanei)</b>		<b>132</b>



## 10. ILLUMINAZIONE CAMPI FOTOVOLTAICI – IMPATTO NOTTURNO

I campi fotovoltaici saranno completi di un sistema di illuminazione perimetrale a LED dotato di telecamere di videosorveglianza.



1130 Punto LED - COB - Disano Illuminazione spa

**CORPO:** In alluminio pressofuso con alette raffreddamento.  
**RIFLETTORE:** In alluminio preanodizzato martellato 99,99 per le versioni LED.  
**DIFFUSORE:** Vetro temprato sp.5mm resistente agli shock termici e agli urti (prove UNI EN 12150).  
**VERNICIATURA:** il ciclo di verniciatura standard a polvere è composto da una fase di pretrattamento superficiale del metallo e successiva verniciatura a mano singola con polvere poliestere, resistente alla corrosione, alle nebbie saline e stabilizzata ai raggi UV.  
**DOTAZIONE:** Completo di staffa zincata e verniciata  
**EQUIPAGGIAMENTO:** Durante la manutenzione o il cambio lampada il vetro rimane agganciato al corpo con anelli di sicurezza.  
**NORMATIVE:** Prodotti in conformità alle vigenti norme EN 60598. Sono protetti con il grado IP65IK09 per la norma EN 60529 verificato dopo un processo di invecchiamento accelerato di 7 giorni. Hanno classe di isolamento I.  
Superficie di esposizione al vento: 300 cm<sup>2</sup>.  
Ta=20 +10°C.  
Fattore di potenza: ≥0,9  
Mantenimento del flusso luminoso 50.000h al 70% L70B50.  
Classificazione rischio fotobiologico: Gruppo esente, secondo le EN62471.  
Superficie di esposizione al vento: L:283cm<sup>2</sup> F:416cm<sup>2</sup>.

Le primarie ragioni di sicurezza saranno tarate anche per salvaguardare la vita della fauna locale che potrebbe essere disturbata dall'eccesso di illuminazione.

Pertanto la quantità di illuminazione prevista è quella minima per consentire una visione efficace del perimetro attraverso le telecamere.

Viene in questa sede fornita una indicazione tipologica dell'impianto, prevedendo un distanziamento dei punti luce pari a circa 14 m.

Sulla base di questa indicazione viene sviluppato il calcolo mediante il software Dialux per una striscia di 4 pali.





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

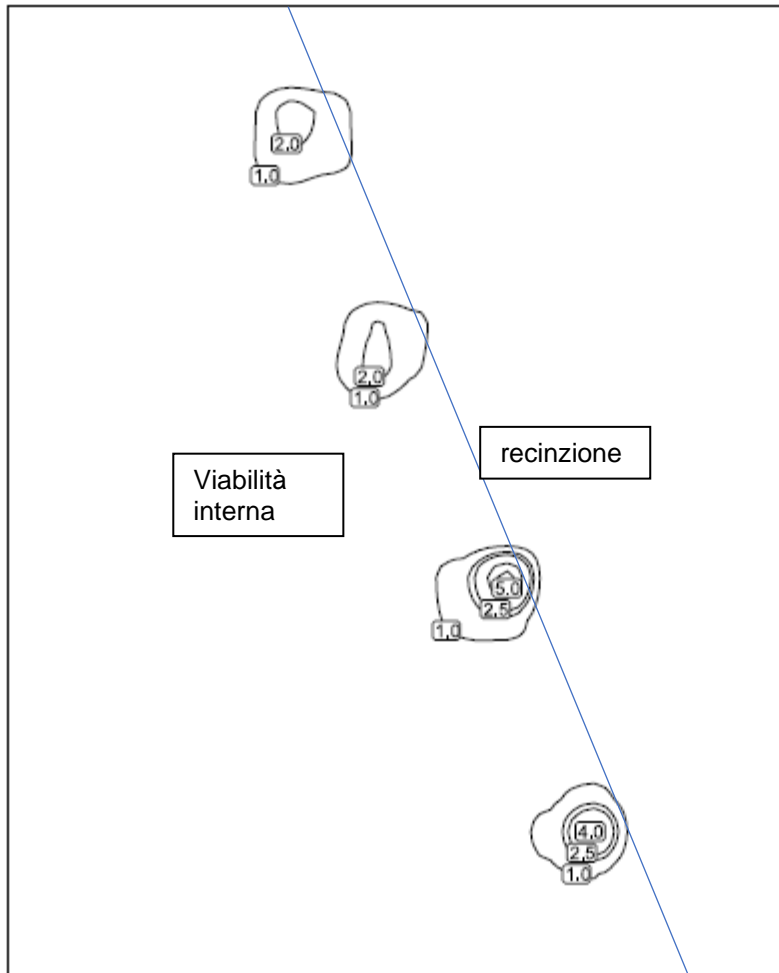
Illuminazione 0

24/03/2020

# DIALux

Area 1 / Superficie di calcolo 4 / Illuminamento perpendicolare

Isolinee [lx]



Scala: 1 : 1000



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 100 di  
143

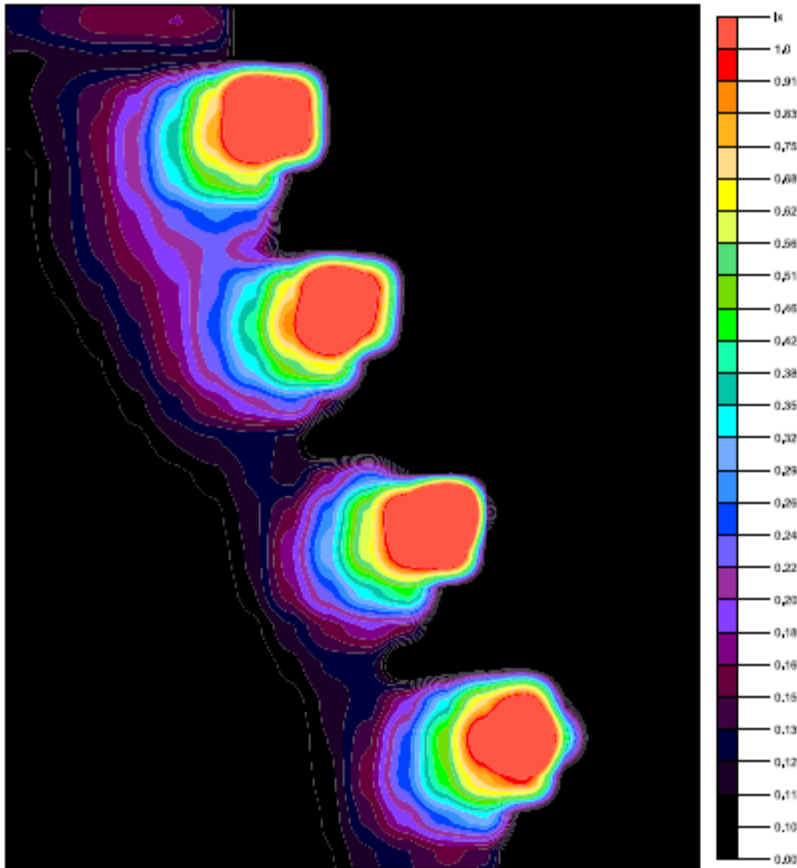
Illuminazione 0

24/03/2020

**DIALux**

Area 1 / Superficie di calcolo 4 / Illuminamento perpendicolare

Colori sfalsati [lx]



Scale: 1 : 1000



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO  
DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Illuminazione 0

24/03/2020

# DIALux

Area 1 / Superficie di calcolo 4 / Illuminamento perpendicolare

**Raster dei valori [lx]**

+0,13	+0,15	+0,16	+0,04	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01	<b>0,00</b>
+0,11	+0,12	+0,12	+0,08	+0,04	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
+0,11	+0,14	+0,31	<b>2,4</b>	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
+0,10	+0,15	+0,38	+1,9	+0,03	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
+0,10	+0,15	+0,34	+0,64	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
+0,10	+0,14	+0,23	+0,25	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
+0,09	+0,14	+0,20	+0,17	+0,06	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
+0,09	+0,12	+0,18	+0,33	+2,1	+0,03	+0,01	+0,01	+0,01
+0,08	+0,11	+0,17	+0,41	+2,3	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
+0,08	+0,10	+0,16	+0,34	+0,70	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01
+0,07	+0,09	+0,13	+0,20	+0,14	+0,01	+0,01	+0,01	+0,01
+0,07	+0,08	+0,11	+0,13	+0,03	+0,02	+0,01	+0,01	+0,01
+0,06	+0,07	+0,10	+0,12	+0,17	+0,11	+0,03	+0,01	+0,01
+0,06	+0,07	+0,08	+0,12	+0,28	+1,7	+0,16	+0,01	+0,01
+0,05	+0,06	+0,08	+0,11	+0,32	+1,3	+0,04	+0,01	+0,01
+0,05	+0,06	+0,07	+0,11	+0,25	+0,46	+0,02	+0,01	+0,01
+0,05	+0,06	+0,07	+0,10	+0,15	+0,16	+0,02	+0,01	+0,01
+0,05	+0,05	+0,06	+0,09	+0,12	+0,04	+0,04	+0,01	+0,01
+0,04	+0,05	+0,06	+0,08	+0,11	+0,18	+0,71	+0,12	+0,01
+0,04	+0,05	+0,05	+0,07	+0,11	+0,25	+1,3	+0,47	+0,01
+0,04	+0,04	+0,05	+0,07	+0,11	+0,26	+0,80	+0,06	+0,01
+0,04	+0,04	+0,05	+0,07	+0,10	+0,19	+0,33	+0,02	+0,01
+0,04	+0,04	+0,05	+0,07	+0,10	+0,13	+0,14	+0,03	+0,01

Scala: 1 : 1000

Fattore di diminuzione: 0.80

Superficie di calcolo 4: Illuminamento perpendicolare (Reticolo)

Scena luce: Scena luce 1

Medio: 0.17 lx, Min: 0.004 lx, Max: 5.50 lx, Min/Medio: 0.024, Min/Max: 0.001

Altezza: 0.000 m



**Il punto massimo di illuminazione ha dunque un valore pari a 5,50 lux, valore minimo ai fini della sicurezza.**

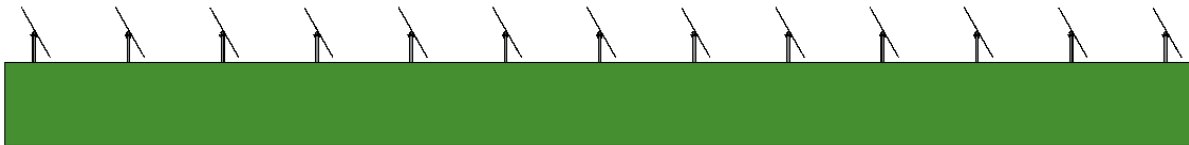


## **11. INTERFERENZA DEI MODULI CON L'IRRAGGIAMENTO SOLARE AL SUOLO**

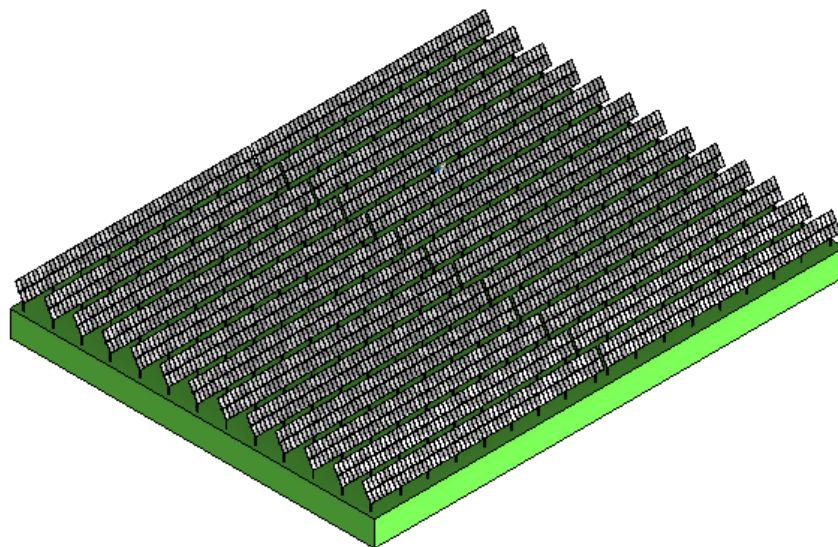
### *Radiazione solare sotto i tracker*

Su una porzione di impianto fotovoltaico composta da 2912 moduli che corrispondono a 7.961,6 mq di superficie rispetto ad un lotto di 13.000 mq di terreno (lotto di 100x130 m), è stata svolta l'analisi della luce solare annua con lo strumento di analisi di luce solare integrato in Revit nel plug-in di Insight. Questo strumento consente di prendere in considerazione le ombreggiature degli oggetti adiacenti.

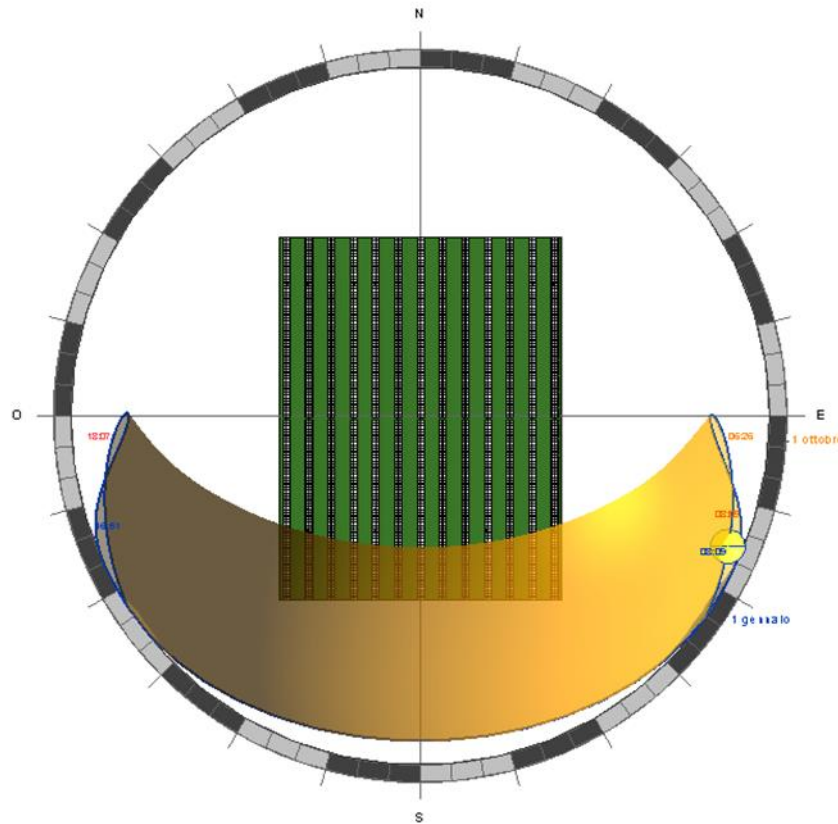
Il calcolo tiene conto dell'incidenza oraria nelle varie inclinazioni dei moduli fotovoltaici posizionati sui tracker, il range delle inclinazioni va da 30° a 150° rispetto l'asse verticale del tracker.



Sezione frontale nella prima inclinazione (30°)



Modello per analisi della luce solare annua



Percorso solare annuo

Il percorso solare annuo permette di valutare l'angolazione dei tracker per ogni ora del giorno. Dal grafico si nota che la permanenza del sole completa durante l'anno è alle 9 alle 16.

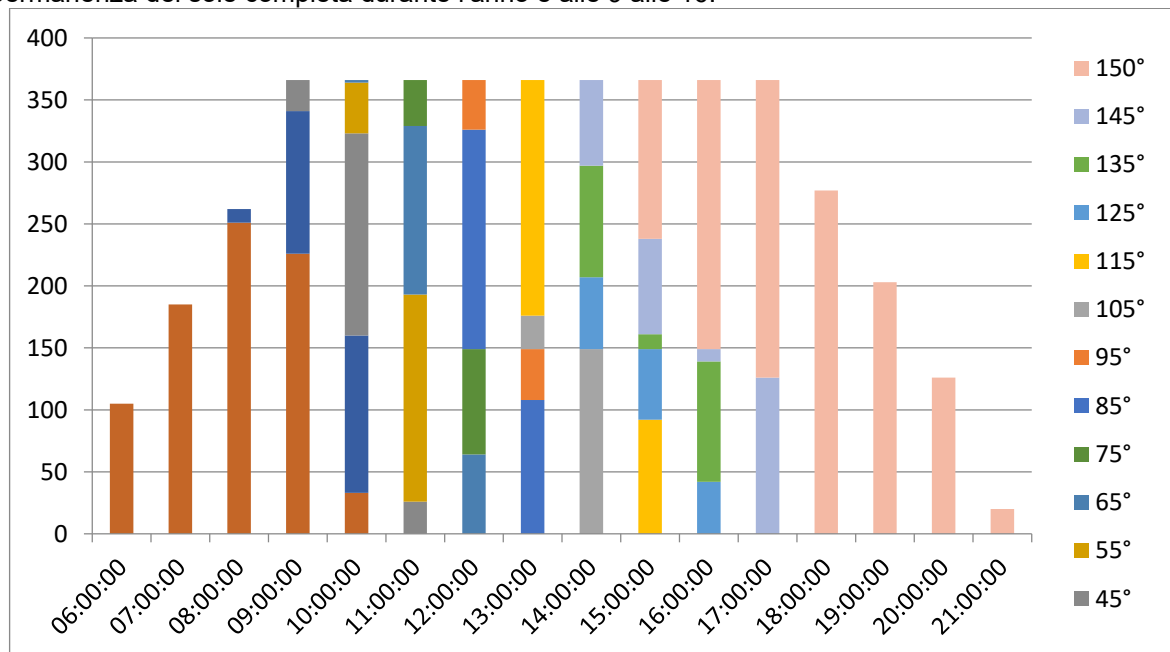


Figura 4 – Ore annuali in ogni inclinazione per ogni

Lo studio l'incidenza annuale si è svolto in quattordici diverse inclinazioni (30°, 35°, 45°, 55°, 65°, 75°, 85°, 95°, 105°, 115°, 125°, 135°, 145°, 150°) per ognuna di queste è stata calcolata la radiazione a terra.





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 104 di  
143

Eseguito il calcolo della radiazione solare media ponderata che risulta 2.210.533,15 kWh/anno e considerata l'altezza dei tracker di 2,5 m si confronta con la radiazione solare annua della superficie senza i tracker pari a 2.232.474 kWh/anno.



**Dalla simulazione risulta una perdita dell'irraggiamento limitata al 1,0%**

La verifica è stata effettuata nelle seguenti condizioni, corrispondenti al sito di **Pradamano**:

	Irraggiamento orizzontale globale	Irraggiamento diffuso orizz.	Temperatura globale	Velocità del vento
	kWh/m <sup>2</sup> /mese	kWh/m <sup>2</sup> /mese	°C	m/s
Gennaio	44,6	22,1	4	2
Febbraio	65	31,4	5,4	2,5
Marzo	105,4	48,1	9,8	2,6
Aprile	122,5	68,1	13,8	2,5
Maggio	167,2	89,2	18,6	2,3
Giugno	178	83,1	22,7	2,19
Luglio	185,5	77,1	24,9	2,19
Agosto	160,8	72,2	24,6	2,21
Settembre	108,6	50,4	19,4	2,2
Ottobre	68,8	46	14,9	2,1
Novembre	40,7	23,5	9,7	2,1
Dicembre	32,9	18,8	5,1	2
<b>Anno</b>	<b>1280,0</b>	<b>630,0</b>	<b>14,4</b>	<b>2,2</b>



## 12. IMPATTO ACUSTICO

Il seguente paragrafo fa riferimento alla *DOC29\_01 - RELAZIONE TECNICA VERIFICA DI IMPATTO ACUSTICO AMBIENTALE PREVISIONALE* e *DOC29\_02 - RELAZIONE TECNICA VERIFICA DI IMPATTO ACUSTICO IN FASE DI CANTIERE* allegato a firma del *Dott. Ing. Domenico Lo Iudice*.

Il presente paragrafo ha lo scopo di verificare che:

- l'attività in epigrafe non è causa d'inquinamento acustico, in ottemperanza con il D.P.C.M. 01/03/91, la successiva Legge Quadro N 447 del 26/10/1995, il D.P.C.M. del 14/11/97, la L.R. 10 Agosto 2001 N° 13 e il D.G.R. 8 Marzo 2002 N° 7/8313.
- la futura attività in epigrafe non sarà causa d'inquinamento acustico, in ottemperanza con il D.P.C.M. 01/03/91, la successiva Legge Quadro N 447 del 26/10/1995, il D.P.C.M. del 14/11/97, la L.R. 10 Agosto 2001 N° 13, il D.G.R. 8 Marzo 2002 N° 7/8313 e il Decreto Legislativo 17/02/2017 n. 42.

Il presente capitolo sull'impatto acustico considera l'impatto acustico previsionale e l'impatto acustico in fase di cantiere.

Il presente capitolo sull'impatto acustico considera l'impatto acustico previsionale e l'impatto acustico in fase di cantiere.

### 12.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa sulle problematiche di inquinamento acustico è in evoluzione, attualmente possiamo considerare le seguenti leggi di riferimento come quelle di interesse specifico nella presente relazione tecnica e che coinvolgono direttamente il nostro caso.

- Legge Quadro sull'inquinamento acustico n. 447 del 26/10/95;
- DPCM 14/11/97 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- DM 16/03/98 "Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico";
- L.R. N° 13 del 10/08/2001 "Norme in materia di inquinamento acustico".
- D.G.R. 8 Marzo 2002 N° 7/8313 "Modalità e criteri di redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e di valutazione previsionale del clima acustico".
- Codice Civile (art. 844) sull'esercizio di attività rumorose eccedenti il limite della normale tollerabilità;
- ISO R 1996 sui disturbi per la collettività
- Codice Penale (art. 659) sul disturbo delle occupazioni e del riposo.
- D.P.R. 18 novembre 1998, n. 459 "Regolamento recante norme di esecuzione dell'art. 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario"
- D.P.R. 30 marzo 2004, n. 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della Legge 26 ottobre 1995, n. 447"

### 12.2 PARAMETRI ACUSTICI

Questo criterio è stabilito dalle norme vigenti in materia di inquinamento acustico.

In particolare, il DM 16/03/98 definisce i seguenti parametri acustici.

- **Livello di rumore ambientale (LA):** è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato «A», prodotto da tutte le sorgenti di rumore esistenti in un dato luogo e durante un determinato tempo. Il rumore ambientale è costituito dall'insieme del rumore residuo e da quello prodotto dalle specifiche sorgenti



disturbanti, con l'esclusione degli eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale rispetto al valore ambientale della zona.

- **Livello di rumore residuo (LR):** è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato «A», che si rileva quando si esclude la specifica sorgente disturbante. Deve essere misurato con le identiche modalità impiegate per la misura del rumore ambientale e non deve contenere eventi sonori atipici.
- **Livello differenziale di immissione (LD):** differenza tra il livello di rumore ambientale (LA) e quello di rumore residuo (LR):  $LD = LA - LR$ .

In funzione delle caratteristiche dei fenomeni sonori rilevati, al livello di rumore ambientale misurato (LA) vanno sommati i seguenti fattori correttivi:

- **Fattore correttivo per la presenza di componenti impulsive:** **KI = +3 dB**  
Il rumore è considerato avente componenti impulsive quando sono verificate le condizioni seguenti:
  - l'evento è ripetitivo;
  - la differenza tra **LAI<sub>max</sub>** e **LAS<sub>max</sub>** è superiore a 6 dB;
  - la durata dell'evento a -10 dB dal valore **LAF<sub>max</sub>** è inferiore a 1 s.L'evento sonoro impulsivo si considera ripetitivo quando si verifica almeno 10 volte nell'arco di un'ora nel periodo diurno ed almeno 2 volte nell'arco di un'ora nel periodonotturno.
- **Fattore correttivo per la presenza di componenti tonali:** **KT = +3 dB**  
Al fine di individuare la presenza di Componenti Tonalì (CT) nel rumore, si effettua un'analisi spettrale per bande normalizzate di 1/3 di ottava. Si considerano esclusivamente le CT aventi carattere stazionario nel tempo ed in frequenza. Se si utilizzano filtri sequenziali si determina il minimo di ciascuna banda con costante di tempo Fast. Se si utilizzano filtri paralleli, il livello dello spettro stazionario è evidenziato dal livello minimo in ciascuna banda. Per evidenziare CT che si trovano alla frequenza di incrocio di due filtri ad 1/3 di ottava, possono essere usati filtri con maggiore potere selettivo o frequenze di incrocio alternative.  
L'analisi deve essere svolta nell'intervallo di frequenza compreso tra 20Hz e 20 kHz. Si è in presenza di una CT se il livello minimo di una banda supera i livelli minimi delle bande adiacenti per almeno 5dB. Si applica il fattore di correzione  $K_T$  soltanto se la CT tocca una isofonica eguale o superiore a quella più elevata raggiunta dalle altre componenti dello spettro. La normativa tecnica di riferimento è la ISO 266:1987.
- **Fattore correttivo per la presenza di componenti in bassa frequenza:** **KT = +3 dB**  
Se l'analisi in frequenza svolta con le modalità di cui al punto precedente, rileva la presenza di CT tali da consentire l'applicazione del fattore correttivo  $K_T$  nell'intervallo di frequenze compreso fra 20 Hz e 200 Hz, si applica anche la correzione  $K_B$ , esclusivamente nel tempo di riferimento notturno.
- **Fattore correttivo per la presenza di rumore a tempo parziale:** **KT = -3 / -5 dB**  
Esclusivamente durante il tempo di riferimento relativo al periodo diurno, si prende in considerazione la presenza di rumore a tempo parziale, nel caso di persistenza del rumore stesso per un tempo totale non superiore ad un'ora. Qualora il tempo parziale sia compreso in 1 h il valore del rumore ambientale, misurato in  $Leq(A)$  deve essere diminuito di 3 dB(A); qualora sia inferiore a 15 minuti il  $Leq(A)$  deve essere diminuito di 5 dB(A).

### 12.3 LIMITI ASSOLUTI DI ZONA DPCM 14/11/97

Ai sensi delle norme vigenti, le immissioni sonore sono soggette a limiti in funzione del periodo di riferimento e della classe di destinazione d'uso del territorio stabilita dall'apposito strumento di pianificazione urbanistica (Piano di Zonizzazione Acustica comunale), come illustrato qui di seguito.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 107 di  
143

▪ **Limite di emissione sonora:**

E' il limite che si applica al livello di rumore prodotto dalla sola sorgente sonora in esame, valutato in corrispondenza degli spazi utilizzati da persone e comunità. I valori limite, espressi in dB(A), sono i seguenti:

Classe di destinazione d'uso del Territorio	Periodo Diurno (6-22)	Periodo Notturno (22-6)
Classe I - Aree particolarmente protette	45	35
Classe II - Aree destinate ad uso residenziale	50	40
Classe III - Aree di tipo misto	55	45
Classe IV - Aree di intensa attività umana	60	50
Classe V - Aree prevalentemente industriali	65	55
Classe VI - Aree esclusivamente industriali	65	65

▪ **Limite assoluto di immissione**

E' il limite che si applica al livello di rumore ambientale (LA), valutato sull'intero periodo di riferimento diurno o notturno. I valori limite, espressi in dB(A), sono i seguenti:

Classe di destinazione d'uso del Territorio	Periodo Diurno (6-22)	Periodo Notturno (22-6)
Classe I - Aree particolarmente protette	50	40
Classe II - Aree destinate ad uso residenziale	55	45
Classe III - Aree di tipo misto	60	50
Classe IV - Aree di intensa attività umana	65	55
Classe V - Aree prevalentemente industriali	70	60
Classe VI - Aree esclusivamente industriali	70	70

In attesa della suddivisione del territorio comunale nelle zone di cui alla tabella precedente, si applicano per le sorgenti fisse i seguenti limiti di accettabilità espressi in dB(A) (art. 6 DPCM 1/3/91):

Classe di destinazione d'uso del Territorio	Periodo Diurno (6-22)	Periodo Notturno (22-6)
Tutto il territorio nazionale	70	60
Zona A (art. 2 D.M. n. 1444/68)	65	55
Zona B (art. 2 D.M. n. 1444/68)	60	50
Aree esclusivamente industriali	70	70

Le infrastrutture di trasporto (stradali, ferroviarie, marittime, aeroportuali) concorrono al raggiungimento del limite assoluto di immissione solo all'esterno delle rispettive fasce di pertinenza acustica, stabilite dagli appositi decreti.

▪ **Limite differenziale di immissione**

E' il limite che si applica al livello di rumore differenziale (LD), valutato su un tempo commisurato alla durata del fenomeno in esame.

I valori limite sono: 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno.

I limiti in esame si applicano solo all'interno degli ambienti abitativi.

I medesimi limiti non si applicano nei seguenti casi, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile:

- a) se il livello di rumore ambientale misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;
- b) se il livello di rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno;

I limiti in esame non si applicano alla rumorosità prodotta:

- dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime;



- da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali;
- da servizi e impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.

#### **12.4 LIMITI DELLE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO**

Il D.P.R. n. 459 del 18/11/98 stabilisce limiti relativi al rumore ferroviario in funzione della tipologia di infrastruttura, della distanza dalla stessa e della tipologia di recettore:

- **in fascia A di pertinenza acustica di infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h:**
  - a. 50 dB(A) Leq diurno, 40 dBA Leq notturno per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale il solo limite diurno;
  - b. 70 dB(A) Leq diurno, 60 dB(A) Leq notturno per gli altri recettori;
- **in fascia B di pertinenza acustica di infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h, nonché in fascia di pertinenza acustica di infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto superiore a 200 km/h:**
  - a. 50 dB(A) Leq diurno, 40 dBA Leq notturno per scuole, ospedali, case di cura e case di riposo; per le scuole vale il solo limite diurno;
  - b. 65 dB(A) Leq diurno, 55 dB(A) Leq notturno per gli altri recettori.

L'ampiezza delle fasce di pertinenza acustica, determinata a partire dalla mezzera dei binari esterni, è la seguente:

- **infrastrutture esistenti e di nuova realizzazione con velocità di progetto non superiore a 200 km/h:** fascia A 0-100 m, fascia B 100-250 m,
- **infrastrutture di nuova realizzazione con velocità di progetto superiore a 200 km/h: 0-250 m.**

Analogamente, il D.P.R. n. 142 del 30/03/04 stabilisce limiti relativi al rumore stradale in funzione della tipologia di infrastruttura, della distanza dalla stessa e della tipologia di recettore:

- **in fascia di pertinenza acustica di infrastrutture di nuova realizzazione di tipologia A-B-C-D:**
  - a. 50 dB(A) Leq diurno, 40 dB(A) Leq notturno per scuole, ospedali, case di cura e di riposo; per le scuole vale il solo limite diurno;
  - b. 65 dB(A) Leq diurno, 55 dB(A) Leq notturno per gli altri recettori;
- **in fascia di pertinenza acustica di infrastrutture esistenti di tipologia A-B-C-D:**
  - a. 50 dB(A) Leq diurno, 40 dB(A) Leq notturno per scuole, ospedali, case di cura e di riposo; per le scuole vale il solo limite diurno;
  - b. 70 dB(A) Leq diurno, 60 dB(A) Leq notturno per gli altri recettori, in fascia A per strade di tipologia A-B-C ed in fascia di pertinenza acustica di strade di tipologia Da;
  - c. 65 dB(A) Leq diurno, 55 dB(A) Leq notturno per gli altri recettori, in fascia B per strade di tipologia A-B-C ed in fascia di pertinenza acustica di strade di tipologia Db;
- **in fascia di pertinenza acustica di infrastrutture esistenti o di nuova realizzazione di tipologia E-F,** i limiti sono definiti dai Comuni nel rispetto dei valori limite assoluti di immissione e comunque in modo conforme alla zonizzazione acustica delle aree urbane.

L'ampiezza delle fasce di pertinenza acustica, determinata a partire dal confine stradale, è la seguente:

- **infrastrutture di nuova realizzazione:**
  - tipologia A-B-C1: 0-250 m,
  - tipologia C1: 0-150 m,
  - tipologia D: 0-100 m,





- **infrastrutture esistenti:**  
tipologia A-B-Ca: fascia A 0-100 m,  
fascia B 100-250 m, tipologia Cb: fascia A 0-100 m,  
fascia B 100-150 m, tipologia D: 0-100 m.

Per entrambe le tipologie di infrastrutture di trasporto (ferroviaria e stradale), i relativi decreti stabiliscono che, qualora i valori limite non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora in base a valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale si evidenzino l'opportunità di procedere ad interventi diretti sui recettori, deve essere assicurato il rispetto dei seguenti limiti:

- 35 dB(A) Leq notturno per ospedali, case di cura e case di riposo;
- 40 dB(A) Leq notturno per tutti gli altri recettori di carattere abitativo;
- 45 dB(A) Leq diurno per le scuole.

I valori suddetti sono valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1.5 m dal pavimento.

## 12.5 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ E DELLE SORGENTI SONORE

### 12.5.1 Fase di esercizio

Le uniche fonti di rumore a regime sono le ventole di raffreddamento delle cabine inverter e di trasformazione. Tali cabine sono molto distanti dai confini nel nostro progetto e quindi dall'esterno anche con impianti di raffreddamento in funzione, non è udibile alcun rumore. Di notte l'impianto è non funzionante e quindi l'impatto acustico è nullo.

E' prevista l'installazione di inverter centralizzati in container contenenti anche le cabine di trasformazione. Sono previste Cabine SINACON PV - MARCA Siemens con inverter a 2180 kW.

Di seguito lo schema dell'impianto e la scheda tecnica delle cabine di trasformazione con evidenziato il livello sonoro emesso e la posizione delle cabine nel lotto. Dato che la cabina più vicina al confine è quella del secondo lotto prenderemo quella come sorgente.







# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp

Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA

Mechanical data				
Mounting position	Vertical			
Type of mounting	Floor mounting			
				
Number of Power Units	1	2	3	4
SINACON PV series	PV1000 ... PV1250	PV2000 ... PV2500	PV3000 ... PV3750	PV4000 ... PV5000
Dimensions (without pallet, with heat exchanger): (W x H x D)	2,120 x 3,760 x 1,170 mm		3,690 x 3,760 x 1,170 mm	
Weight <sup>1)</sup>	< 1,600 kg	< 2,200 kg	< 3,300 kg	< 3,900 kg
Color	RAL 7035			

I dati dei trasformatori sono i seguenti:

TRASFORMATORI TRIFASI IN OLIO KV 15.20 / 0.4 Dyn11 - Serie UE THREE-PHASE OIL TRANSFORMERS KV 15.20 / 0.4 Dyn11 - UE Series														
Codice <sup>1)</sup> Code <sup>1)</sup>	Potenza Power	$W_{Nc}$	$W_{IC-25C}$	$\% U_c$	$I_c$	Peso olio Oil weight	Peso totale Tot. weight	Dimensioni (mm) Dimensions (mm)			Informazione Wheelbase	Il ruolo Il wheels	$I_w$	$I_p$
	kVA	kW	kVA	%	%	kg	kg	Long. Length	Large. Width	Altezza Height	mm	mm	JB(A)	e(BA)
UE 50-XX/0.4-0	50	0,090	1,1	4	0,4	145	610	840	630	1350	420	100	37	31
UE 100-XX/0.4-0	100	0,145	1,75	4	0,3	165	850	1020	710	1400	520	125	39	32
UE 150-XX/0.4-0	150	0,210	2,35	4	0,3	190	1120	1050	720	1540	520	125	42	34
UE 200-XX/0.4-0	200	0,270	2,8	4	0,4	210	1180	1050	740	1500	520	125	46	30
UE 250-XX/0.4-0	250	0,300	3,25	4	0,4	230	1280	1110	770	1560	520	125	46	38
UE 315-XX/0.4-0	315	0,360	3,9	4	0,3	260	1490	1150	800	1640	670	125	47	39
UE 400-XX/0.4-0	400	0,430	4,6	4	0,3	315	1700	1200	780	1700	670	125	48	39
UE 500-XX/0.4-0	500	0,510	5,5	4	0,3	355	2030	1250	980	1700	670	125	49	40
UE 630-XX/0.4-0	630	0,600	6,5	4	0,3	390	2300	1300	880	1850	670	125	50	40
UE 630-XX/0.4-E-0	630	0,600	6,5	6	0,25	430	2400	1400	890	1850	670	125	52	42
UE 800-XX/0.4-0	800	0,650	8,4	6	0,2	510	2850	1650	910	1880	670	125	51	41
UE 1000-XX/0.4-0	1000	0,770	10,5	6	0,2	610	3100	1650	940	1960	670	160	55	45
UE 1250-XX/0.4-0	1250	0,950	11,0	6	0,2	820	4400	1800	950	2200	670	160	58	48
UE 1600-XX/0.4-0	1600	1,20	14,0	6	0,2	910	4800	1850	1000	2420	670	160	60	50
UE 2000-XX/0.4-0	2000	1,45	18,0	6	0,2	1070	5400	1930	1050	2570	670	160	62	52
UE 2500-XX/0.4-0	2500	1,75	22,0	6	0,25	1150	6200	2050	1160	2680	670	160	67	56
UE 3150-XX/0.4-0	3150	2,20	27,5	6	0,25	1270	7400	2200	1260	2900	670	160	80	71

\* Nel codice prodotto sostituire "XX" con la tensione primaria voluta (15 o 20) | \* In the product code instead of "XX" put the desired primary voltage (15 or 20)



### **Aumento traffico veicolare**

Il traffico presente sulla viabilità circostante è medio alto e il contributo apportato dall'attività sarà nullo rispetto alla situazione attuale, di conseguenza si considereranno invariati i livelli rispetto alla situazione presente.

**Livello Ambientale esterno = 67.00 dB(A)**

#### *12.5.1.1 Ubicazione delle attività e zone limitrofe*

L'ubicazione dell'attività è evidenziata nelle immagini seguenti, relativamente ai tre siti di progetto.

Pradamano





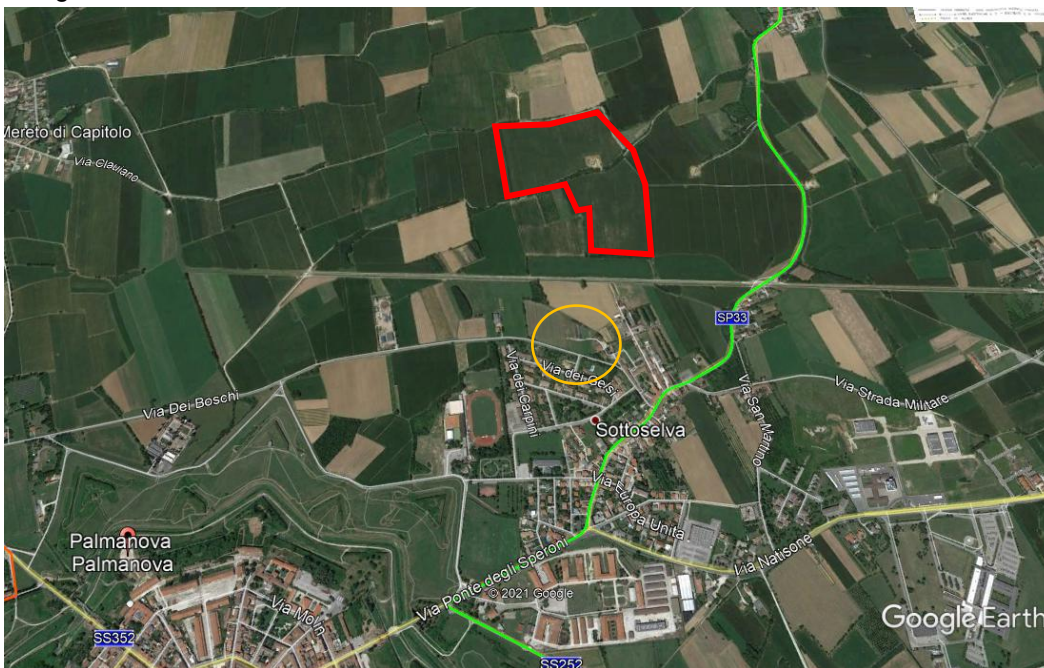


**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Trivignano Nord



Trivignano Sud

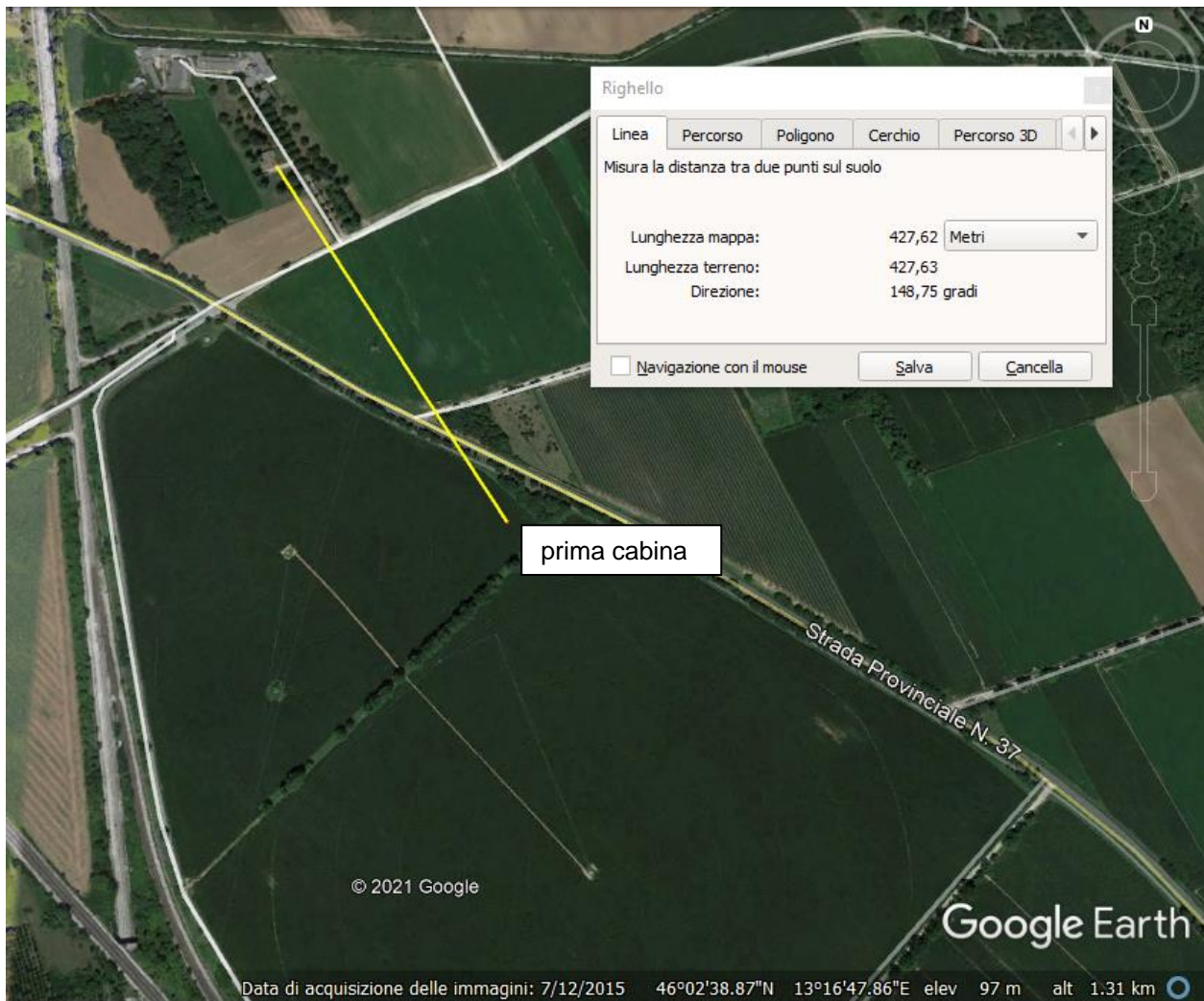




### 12.5.1.2 Individuazione dei ricettori sensibili

Ai fini della verifica, si dovrà tener conto, oltre che del posizionamento dei recettori, anche della effettiva posizione degli inverter, siti normalmente in posizione interna ai campi.

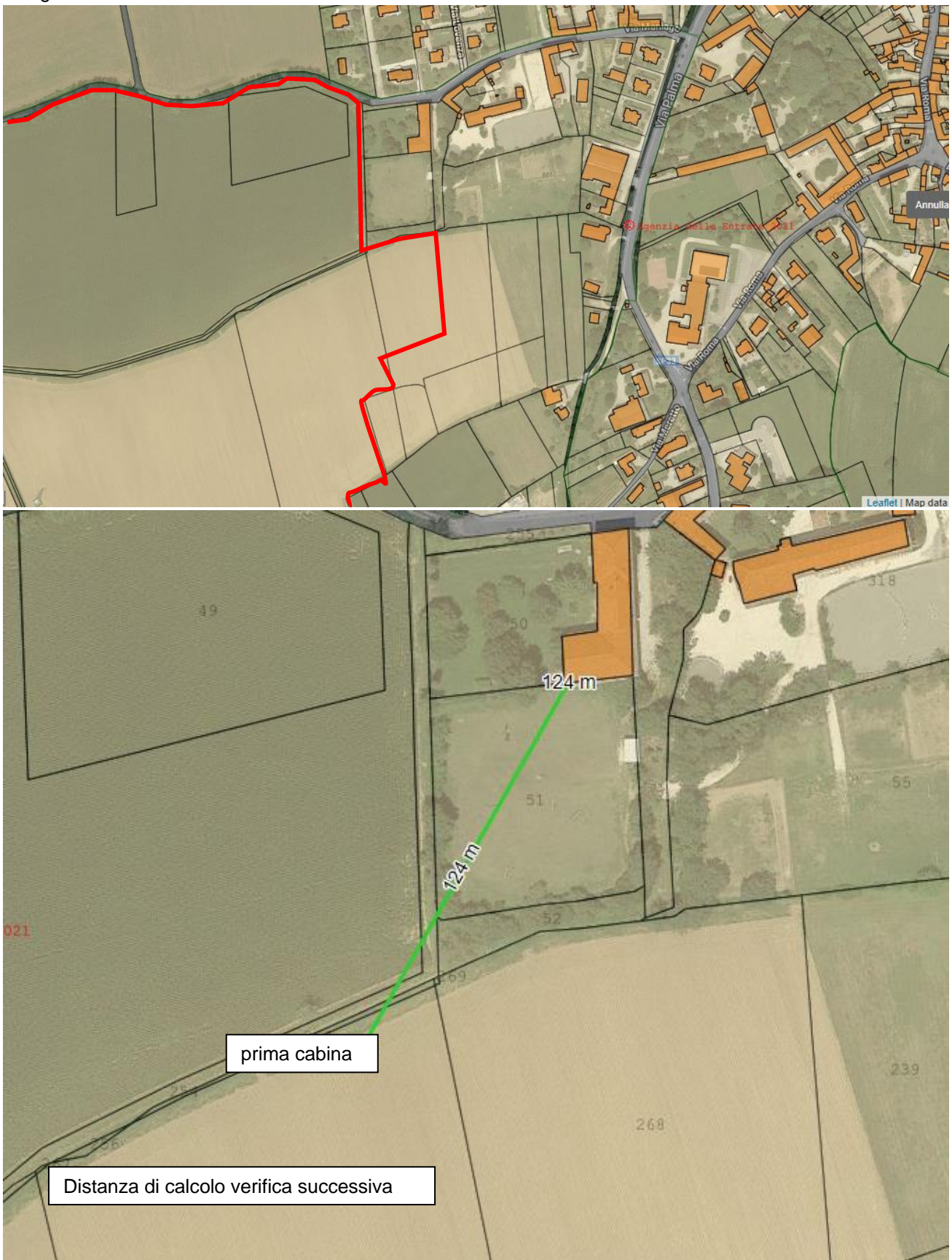
#### Pradamano







Trivignano Nord



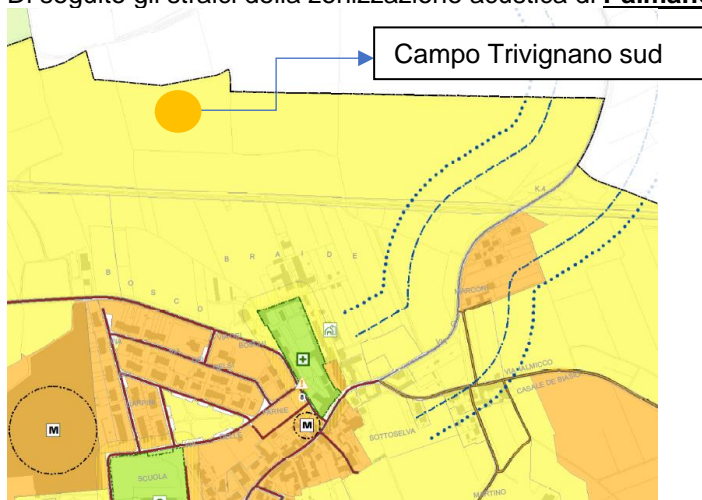
A Trivignano Nord la cabina MT10 risulta essere a 124 m dalla prima abitazione.



### 12.5.1.3 Zone di appartenenza e limiti di emissione

Dalle ricerche effettuate non emerge l'adozione di una zonizzazione acustica per i comuni di Pradamano, per il quale è stata reperita comunque una campagna di misurazioni strumentali, e Trivignano, mentre per Palmanova esiste un piano approvato.

Di seguito gli stralci della zonizzazione acustica di **Palmanova**.



**Classe acustica definitiva delle unità territoriali**

- Classe I
- Classe II
- Classe III
- Classe IV
- Classe V
- Classe VI
- Zona di interesse militare (non classificabile)

Classe di destinazione d'uso del Territorio	Periodo Diurno (6-22)	Periodo Notturno (22-6)
Classe I - Aree particolarmente protette	50	40
Classe II - Aree destinate ad uso residenziale	55	45
<b>Classe III - Aree di tipo misto</b>	<b>60</b>	<b>50</b>
Classe IV - Aree di intensa attività umana	65	55
Classe V - Aree prevalentemente industriali	70	60
Classe VI - Aree esclusivamente industriali	70	70

L'attività è stata inserita in zona III, mentre il ricevitore in classe II. I limiti massimi di immissione da rispettare saranno quindi di **55 dB**.

Per quanto riguarda il criterio differenziale i limiti da rispettare saranno di **5 dB** in periodo diurno e **3 dB** in periodo notturno.

Per quanto riguarda il criterio assoluto la verifica verrà effettuata considerando la classe II per tutte e tre le aree, dato che le aree sono assimilabili e presentano le stesse caratteristiche



#### 12.5.1.4 Indagine fonometrica

La misura è stata effettuata seguendo le indicazioni espresse nei Decreti prima citati, e sono coincidenti con quanto esposto nella Legge quadro sull'inquinamento acustico n° 447 del 26/10/95 e il DPCM 16/03/98 sulle tecniche di rilievo dell'inquinamento acustico.

Le misure sono state eseguite in condizioni meteorologiche buone ed in assenza di fenomeni perturbativi o precipitazioni atmosferiche, verificando, durante le fasi di rilievo, la mancanza di fenomeni esterni di disturbo.

Lo strumento è stato calibrato prima e dopo i rilievi, verificando che lo scarto tra le due misure risultasse inferiore a 0.5 dB di differenza.

Per effettuare i rilievi ci si è posti ad un metro di distanza dalle eventuali superfici riflettenti, e a circa 1.5 metri da terra.

I rilievi fonometrici sono stati effettuati in esterno rilevando così i livelli residuali e ambientali caratteristici dell'area, per effettuare le misure ci si è recati sul posto tra le 10.00 e le 14.00.

Per valutare il valore del livello residuale ci si riferirà a delle misure effettuate in un contesto simile a quello oggetto di verifica.

Di seguito i risultati delle misure fonometriche:

**Livello residuale Diurno al ricevitore esterno Pradamano= 50.6 dB(A)**  
**Livello residuale Diurno al ricevitore esterno Trivignano Sud= 40.2 dB(A)**  
**Livello residuale Diurno al ricevitore esterno Trivignano Nord= 64.0 dB(A)**

## 12.6 VERIFICA DEL POTENZIALE DISTURBO NEGLI AMBIENTI AL RICETTORE

Nel presente paragrafo viene riportata la verifica dei livelli assoluti di immissione, dei livelli residuale ed il calcolo dei livelli incrementali presso i ricettori sensibili. I livelli sonori riportati nelle schede sono stati arrotondati a 0.5 come stabilito nel DPCM 16/03/98.

Dato che il DPCM prevede la verifica, per i livelli di inquinamento, con i soli valori di LEQ, in futuro ci si riferirà solo a questi ultimi.

#### 12.6.1.1 Calcolo del livello ambientale

Per ottenere il livello incrementale al ricevitore è necessario sottrarre al livello ambientale, calcolato in precedenza, il termine  $10 \lg n \pi r^2$  che prende la denominazione di attenuazione per divergenza d'onda Adiv, ed esprime il fatto che l'energia sonora si distribuisce su di un fronte d'onda avente superficie che aumenta con la distanza. Nell'immagine di Trivignano Nord si evince la distanza tra la prima cabina e il ricevitore con una linea verde. Si può semplificare la formula in:

$$L_p = L_w - 20 \lg r$$

Come visto nei capitoli precedenti gli incrementi del livello ambientali immessi dai locali sotto esame verso l'ambiente esterno sono decisamente al di sotto dei limiti previsti dalla legge). Quindi riteniamo soddisfatto il criterio assoluto.

Per quanto riguarda il rispetto del criterio differenziale, si riporta di seguito la verifica del criterio.

LIVELLO ESTERNO	67,8	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	40,2	dB (A)



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 117 di  
143

Distanza del ricettore	124,0	m
Livello ambientale	67,8	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>25,9</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	25,9	dB (A)
Livello residuale al ricettore	40,2	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>40,4</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
40,36	40,20	0,16	5.0 dB(A)	<b>SODDISFATTO</b>

Livello emissione diurno	
Tempo 1 (min)	960
Tempo 2 (min)	0
L1 (dB)	25,93
L2 (dB)	0
Liv 1	376207,8581
Liv 2	0
<b>Emis spalmato (dB)</b>	<b>25,93</b>
<b>Limite diurno (dB)</b>	<b>50</b>
<b>Verifica:</b>	<b>SODDISFATTO</b>

**Ne consegue che l'attività indagata non è in alcun modo fonte di disturbo per i ricettori individuati**

**12.7 LA FASE DI CANTIERE ALL'INTERNO DEI CAMPI FOTOVOLTAICI E PER GLI SCAVI LINEE ELETTRICHE**

L'attività, oggetto della relazione, si sviluppa su tre comuni per quanto riguarda la costruzione dei campi fotovoltaici.

L'energia prodotta dagli impianti sarà veicolata tramite un cavidotto in MT interrato della lunghezza:

- Area 1 - Pradamano - ST pari a circa 12 km;
- Area 2 – Trivignano Sud - ST pari a circa 7,1 km;
- Area 3 – Trivignano Nord - ST pari a circa 5 km

percorrendo la strada provinciale in una sottostazione AT di Terna da 220 kV situata in località Persereano.

Gli orari del lavoro in cantiere saranno dalle 6.30 alle 18.00 dal lunedì al venerdì.

La verifica dovrà quindi garantire il rispetto dei limiti fissati per il periodo diurno (06.00- 22.00)

**Descrizione attività e sorgenti sonore**

Le sorgenti sonore presenti durante l'intera attività sono costituite dalla combinazione di alcune attività base di seguito elencate combinate nella maniera più sfavorevole per i singoli recettori.





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 118 di  
143

L'orario di lavoro si articolerà su turni di otto ore con intervallo 08:00-12:00 e 13:00-17:00,  
Poi ci si focalizzerà sulle fasi:

- "Infissioni Pali/viti" in quanto si utilizzeranno dei macchinari solo per questa parte.
- Predisposizione delle strade e scavi linee elettriche.

(fonte: Istituto Nazionale Svizzero Assicurazione Infortuni)

### **MACCHINARI Leq (dBA)**

- Seghe circolari 90 + 95
- Pompe per calcestruzzi 90 + 95
- Vibratori ad immersione 80 + 85
- Escavatori idraulici 90 + 95
- betoniera a bicchiere 70 + 75
- Rulli vibranti 90 + 95
- Fresatrici portatili 100 + 105
- Trapani elettrici a percussione 90 + 95
- Autocarro 78 + 85
- Pala meccanica gommata 85 + 90
- Pala meccanica cingolata 90 + 100
- Gruppo elettrogeno 85 + 90

### **MACCHINARI Leq (dBA)**

- Battipalo a motore diesel 95 + 100
- Battipalo a caduta libera 85 + 90
- Trivellatrici per pali 85 + 90

Di seguito i livelli ambientali calcolati in base al piano di cantiere:

**L.A. cantiere = 80.0 dB(A)**

**L.A. Fase di predisposizione delle strade: circa 100 dB(A) x 3 mezzi d'opera per 5 h/giorno per 30 giorni**

**L.A. Fase battitura pali: circa 90 dB(A) per una macchina operatrice per sito per 71 giorni**

**L.A. Fase scavi linee elettriche: circa 100 dB(A) x 3 mezzi d'opera per 2 h/giorno per 103 giorni**

L'ubicazione dell'attività è evidenziata nelle immagini seguenti e i ricettori all'interno dei cerchi gialli.





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

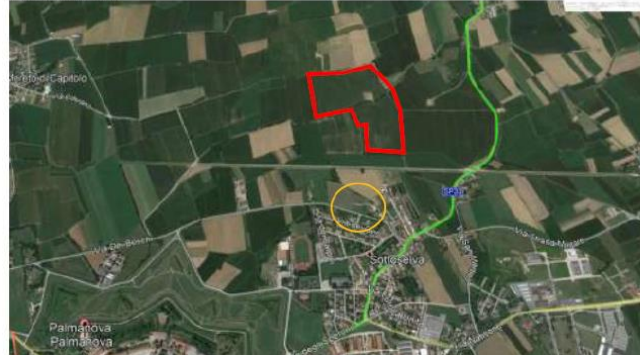
Pradamano



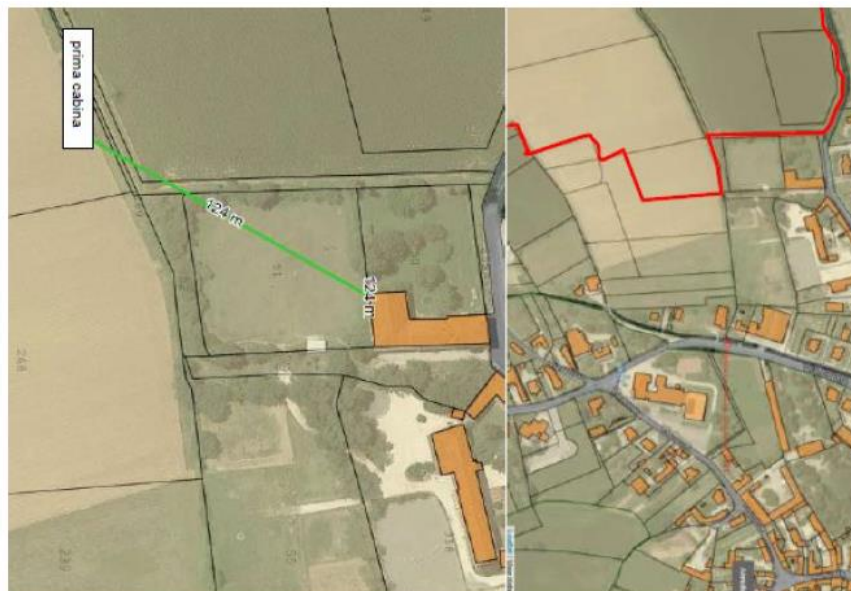
Trivignano Nord



Trivignano Sud



Durante il sopralluogo dell'area oggetto di verifica, si è potuto constatare che non esistono ricettori prospicienti alle aree considerate. I ricettori più vicini sono quelli di Trivignano nord In cui la distanza tra ricettore e cabina inverter è di 124m come evidenziato dalle seguenti immagini. Presso tali edifici sarà verificato il rispetto dei limiti normati secondo il criterio assoluto e differenziale.

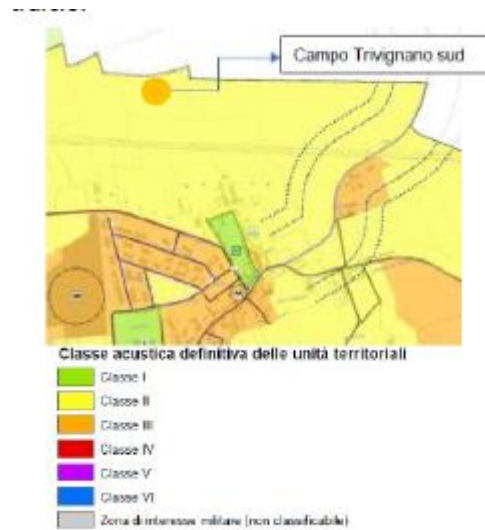


Dalle ricerche effettuate non emerge l'adozione di una zonizzazione acustica per i comuni di Pradamano e Trivignano, mentre per Palmanova esiste un piano approvato. Di seguito uno stralcio:



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 120 di  
143



L'attività è stata inserita in zona III, mentre il ricettore in classe II. I limiti massimi di immissione da rispettare saranno quindi di **55 dB**.

Per quanto riguarda il criterio differenziale i limiti da rispettare saranno di **5 dB** in periodo diurno e **3 dB** in periodo notturno.

Per quanto riguarda il criterio assoluto la verifica verrà effettuata considerando la classe II per tutte e tre le aree, dato che le aree sono assimilabili e presentano le stesse caratteristiche.

Per la raccolta e la gestione dei dati si sono utilizzati i seguenti strumenti:

- Analizzatore statistico/ fonometro integratore SVAN959 della ditta Svantek
- calibratore Aclan mod. CAL01

In seguito sono riportati i punti di misura sui tre lotti



Predamano



Trivignano nord



Trivignano sud

**Livello residuale Diurno al ricettore esterno Pradamano= 50.6 dB(A)**

**Livello residuale Diurno al ricettore esterno Trivignano Nord= 40.2 dB(A)**

**Livello residuale Diurno al ricettore esterno Trivignano Sud= 64.0 dB(A)**

Palificazione



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 121 di  
143

LIVELLO ESTERNO	90,0	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	40,2	dB (A)

Distanza del ricettore	124,0	m
Livello ambientale	90,0	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>48,1</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	48,1	dB (A)
Livello residuale al ricettore	40,2	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>48,8</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
48,78	40,20	8,58	5.0 dB(A)	<b>NON SODDISFATTO</b>

Scavi linee elettriche

LIVELLO ESTERNO	100,0	dB (A)
LIVELLO RESIDUALE DIURNO:	40,2	dB (A)

Distanza del ricettore	124,0	m
Livello ambientale	100,0	dB (A)
<b>Livello incrementale al ricettore</b>	<b>58,1</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello incrementale al ricettore	58,1	dB (A)
Livello residuale al ricettore	40,2	dB (A)
<b>Livello ambientale previsionale al ricettore</b>	<b>58,2</b>	<b>dB (A)</b>

**PERIODO DIURNO**

Livello ambientale [dB(A)]	Livello Residuale [dB(A)]	Livello Differenziale [dB(A)]	Limite differenziale [dB(A)]	Verifica del criterio differenziale
58,20	40,20	18,00	5.0 dB(A)	<b>NON SODDISFATTO</b>

A fronte della verifica previsionale effettuata si ritiene che l'attività oggetto di relazione nei comuni di Trivignano Udinese, Palmanova e Pradamano garantirà il rispetto dei limiti massimi d'immissione sonora nell'ambiente durante tutte le attività di cantiere. Per quanto riguarda le fasi della palificazione e degli scavi delle linee elettriche, si dovrà interfacciarsi con i singoli comuni, con le modalità indicate nel regolamento comunale, per poter svolgere le operazioni nel rispetto delle norme vigenti.



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO  
DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**ALLEGATO 1 – PVSYSY PRADAMANO**

Nelle pagine seguenti è riportata la verifica PVsyst per il Campo di Pradamano



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:30  
with v7.2.3

**Project: PRADAMANO**

Variant: versione zero

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**Project summary**

<p><b>Geographical Site</b> <b>Pradamano</b> Italy</p>	<p><b>Situation</b> Latitude 46.04 °N Longitude 13.28 °E Altitude 85 m Time zone UTC+1</p>	<p><b>Project settings</b> Albedo 0.20</p>
<p><b>Meteo data</b> Pradamano PVGIS-SARAH - 2015</p>		

**System summary**

<p><b>Grid-Connected System</b> Simulation for year no 1</p>	<p><b>No 3D scene defined, no shadings</b></p>	
<p><b>PV Field Orientation</b> Tracking plane, horizontal N-S axis Axis azimuth 0 °</p>	<p><b>Near Shadings</b> No Shadings</p>	<p><b>User's needs</b> Unlimited load (grid)</p>
<p><b>System information</b></p>		
<p><b>PV Array</b> Nb. of modules 61225 units Pnom total 33.67 MWp</p>	<p><b>Inverters</b> Nb. of units 12 units Pnom total 26.16 MWac Pnom ratio 1.287</p>	

**Results summary**

Produced Energy	60378 MWh/year	Specific production	1793 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	87.89 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6
Aging Tool	7









# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp

Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:30  
with v7.2.3

Project: PRADAMANO

Variant: versione zero

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



### Main results

#### System Production

Produced Energy

60378 MWh/year

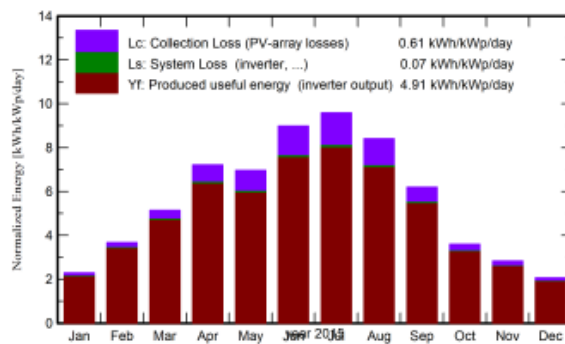
Specific production

1793 kWh/kWp/year

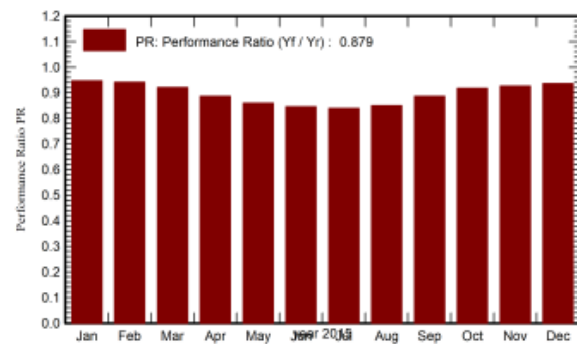
Performance Ratio PR

87.89 %

#### Normalized productions (per installed kWp)



#### Performance Ratio PR



### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Jan. 15	45.6	19.01	4.02	71.1	68.9	2295	2265	0.946
Feb. 15	68.1	26.68	4.20	102.7	101.0	3300	3256	0.941
Mar. 15	112.4	46.53	8.59	159.5	157.9	5012	4945	0.921
Apr. 15	154.0	56.07	12.43	216.6	215.1	6552	6463	0.886
May 15	167.9	69.90	17.50	215.9	214.3	6334	6250	0.860
June 15	203.9	73.88	21.37	269.5	267.9	7771	7668	0.845
July 15	221.7	71.20	25.36	297.3	295.8	8509	8397	0.839
Aug. 15	186.6	59.17	23.58	260.8	259.4	7558	7459	0.849
Sep. 15	129.6	50.46	17.97	186.0	184.5	5624	5550	0.886
Oct. 15	78.5	36.21	13.03	111.5	109.9	3493	3448	0.918
Nov. 15	55.0	22.12	9.18	85.1	83.0	2689	2654	0.926
Dec. 15	41.4	17.77	5.10	64.1	61.7	2049	2022	0.936
<b>Year</b>	<b>1464.7</b>	<b>549.00</b>	<b>13.58</b>	<b>2040.1</b>	<b>2019.4</b>	<b>61185</b>	<b>60378</b>	<b>0.879</b>

#### Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:30  
with v7.2.3

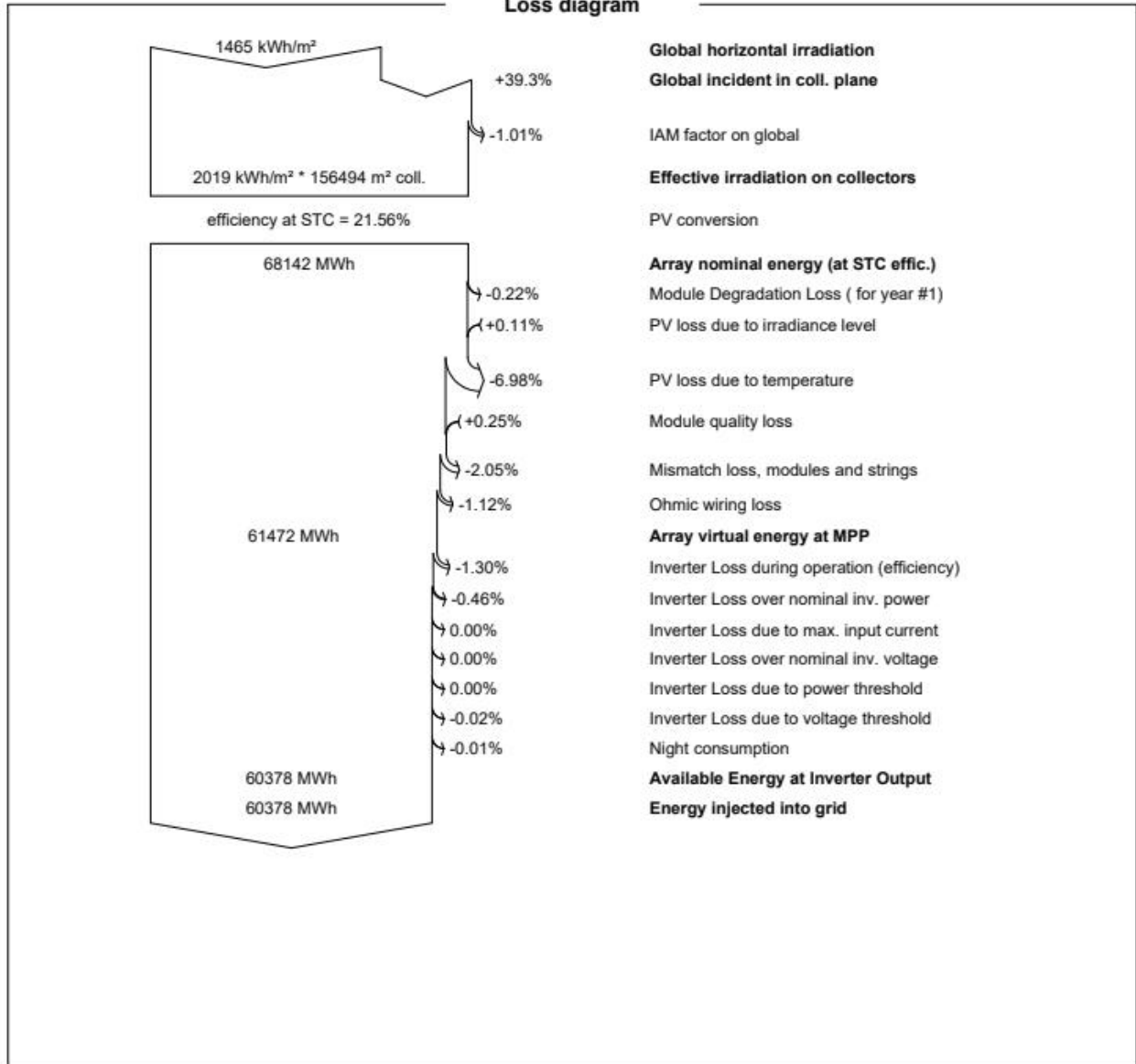
Project: PRADAMANO

Variant: versione zero

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**Loss diagram**





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:30  
with v7.2.3

Project: **PRADAMANO**

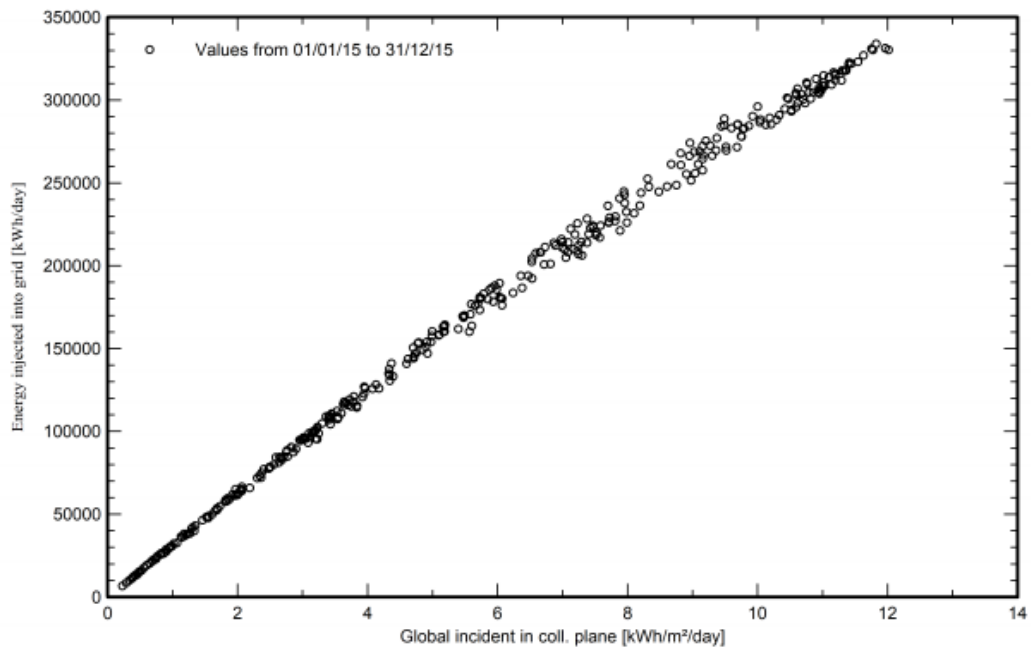
Variant: **versione zero**

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

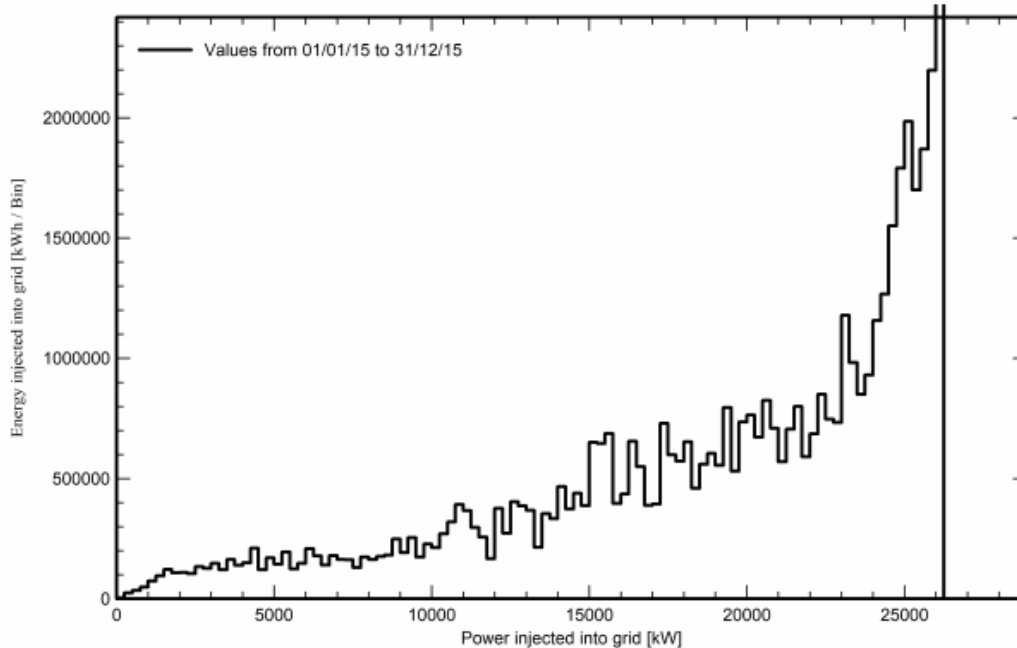


**Special graphs**

**Diagramma giornaliero entrata/uscita**



**Distribuzione potenza in uscita sistema**





# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp

Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:30  
with v7.2.3

Project: PRADAMANO

Variant: versione zero

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



### Aging Tool

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year  
Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

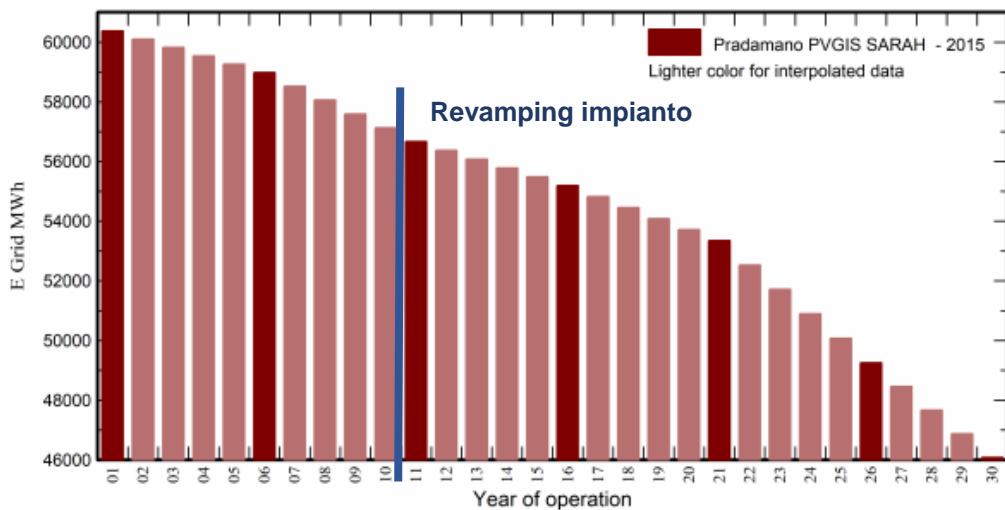
**Meteo used in the simulation**

#1 Pradamano PVGIS SARAH

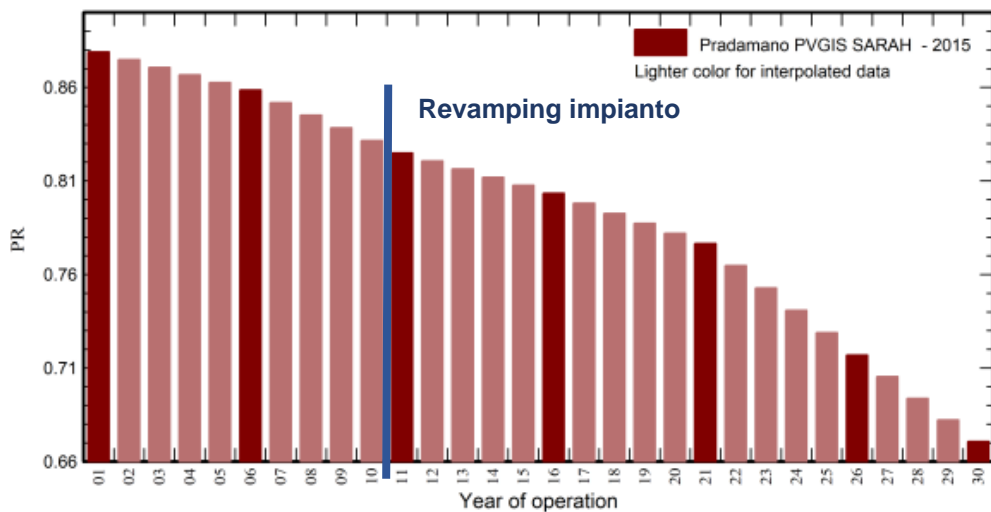
Years 2015

Years simulated 1,6,11,16,21,26,30

#### Energy injected into grid



#### Performance Ratio





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO  
DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:30  
with v7.2.3

Project: **PRADAMANO**

Variant: versione zero

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**Aging Tool**

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year

Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

**Meteo used in the simulation**

**#1 Pradamano PVGIS SARAH**

Years 2015

Years simulated 1,6,11,16,21,26,30

**Pradamano PVGIS SARAH**

Year	E Grid	PR	PR loss
	MWh		%
1	60378	0.879	0%
2	60098	0.875	-0.5%
3	59819	0.871	-0.9%
4	59540	0.867	-1.4%
5	59260	0.863	-1.9%
6	58981	0.859	-2.3%
7	58519	0.852	-3.1%
8	58056	0.845	-3.8%
9	57594	0.838	-4.6%
10	57132	0.832	-5.4%
11	56669	0.825	-6.1%
12	56374	0.821	-6.6%
13	56079	0.816	-7.1%
14	55784	0.812	-7.6%
15	55489	0.808	-8.1%
16	55194	0.803	-8.6%
17	54826	0.798	-9.2%
18	54457	0.793	-9.8%
19	54089	0.787	-10.4%
20	53720	0.782	-11%
21	53351	0.777	-11.6%
22	52531	0.765	-13%
23	51711	0.753	-14.4%
24	50891	0.741	-15.7%
25	50071	0.729	-17.1%
26	49251	0.717	-18.4%
27	48458	0.705	-19.7%
28	47664	0.694	-21.1%
29	46871	0.682	-22.4%
30	46077	0.671	-23.7%

Revamping impianto





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO  
DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**ALLEGATO 2 – PVSYST TRIVIGNANO SUD**

Nelle pagine seguenti è riportata la verifica PVSyst per il Campo



**PVSyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:21  
with v7.2.3

**Project: TRIVIGNANO SUD**

Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**Project summary**

<b>Geographical Site</b> Sottoselva Italy	<b>Situation</b> Latitude 45.92 °N Longitude 13.32 °E Altitude 32 m Time zone UTC+1	<b>Project settings</b> Albedo 0.20
<b>Meteo data</b> Trivignano Udinese PVGIS-SARAH - 2015		

**System summary**

<b>Grid-Connected System</b> Simulation for year no 1	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>		
<b>PV Field Orientation</b> Tracking plane, horizontal N-S axis Axis azimuth 0 °	<b>Near Shadings</b> No Shadings	<b>User's needs</b> Unlimited load (grid)	
<b>System information</b> <b>PV Array</b>		<b>Inverters</b>	
Nb. of modules	25776 units	Nb. of units	6 units
Pnom total	14.18 MWp	Pnom total	13.08 MWac
		Pnom ratio	1.084

**Results summary**

Produced Energy	25417 MWh/year	Specific production	1793 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	87.81 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6
Aging Tool	7

di Trivignano sud



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 130 di  
143



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:21  
with v7.2.3

**Project: TRIVIGNANO SUD**

Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Trackers configuration</b>	<b>Models used</b>
<b>Orientation</b>	No 3D scene defined	Transposition                  Perez
Tracking plane, horizontal N-S axis		Diffuse                          Imported DHI
Axis azimuth                          0 °		Circumsolar                  separate
<b>Horizon</b>	<b>Near Shadings</b>	<b>User's needs</b>
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>	<b>Longi Solar</b>	<b>Inverter</b>	<b>Siemens</b>
Manufacturer	Longi Solar	Manufacturer	Siemens
Model	LR5-72 HPH 550 M	Model	Sinacon PV2180
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	550 Wp	Unit Nom. Power	2180 kWac
Number of PV modules	25776 units	Number of inverters	6 unit
Nominal (STC)	14.18 MWp	Total power	13080 kWac
Modules	1074 Strings x 24 In series	Operating voltage	875-1500 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.08
Pmpp	12.96 MWp		
U mpp	903 V		
I mpp	14351 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	14177 kWp	Total power	13080 kWac
Total	25776 modules	Nb. of inverters	6 units
Module area	65885 m <sup>2</sup>	Pnom ratio	1.08
Cell area	59759 m <sup>2</sup>		

**Array losses**

<b>Thermal Loss factor</b>	<b>DC wiring losses</b>	<b>Module Quality Loss</b>						
Module temperature according to irradiance	Global array res.                  1.0 mΩ	Loss Fraction                  -0.3 %						
Uc (const)                          20.0 W/m <sup>2</sup> K	Loss Fraction                          1.5 % at STC							
Uv (wind)                          0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s								
<b>Module mismatch losses</b>	<b>Strings Mismatch loss</b>	<b>Module average degradation</b>						
Loss Fraction                          2.0 % at MPP	Loss Fraction                          0.1 %	Year no                          1						
		Loss factor                          0.4 %/year						
		<b>Mismatch due to degradation</b>						
		Imp RMS dispersion                  0.4 %/year						
		Vmp RMS dispersion                  0.4 %/year						
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000



# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp

Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:21  
with v7.2.3

Project: TRIVIGNANO SUD

Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



### Main results

#### System Production

Produced Energy

25417 MWh/year

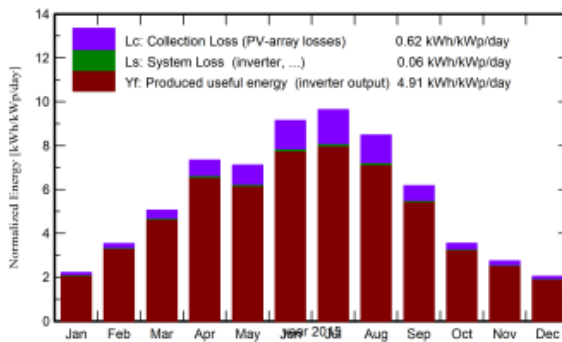
Specific production

1793 kWh/kWp/year

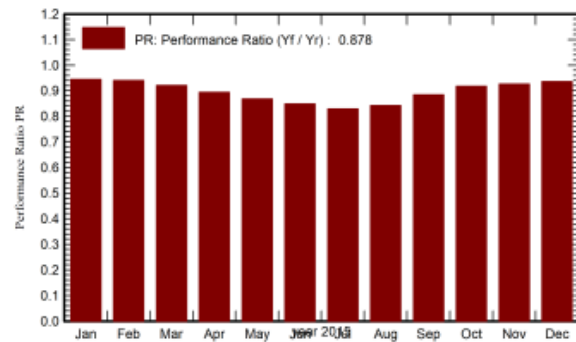
Performance Ratio PR

87.81 %

#### Normalized productions (per installed kWp)



#### Performance Ratio PR



#### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Jan. 15	45.1	19.34	4.71	68.8	66.7	933	921	0.945
Feb. 15	66.2	26.89	4.79	98.9	97.3	1336	1319	0.941
Mar. 15	111.2	46.19	9.04	156.5	154.9	2069	2043	0.921
Apr. 15	157.0	56.52	12.78	220.2	218.7	2827	2790	0.894
May 15	172.9	68.44	17.90	220.4	218.8	2747	2711	0.868
June 15	207.3	73.64	21.83	274.5	273.0	3349	3306	0.849
July 15	222.0	70.43	25.87	298.8	297.3	3561	3515	0.830
Aug. 15	187.6	59.18	24.09	263.1	261.7	3181	3140	0.842
Sep. 15	130.6	50.37	18.55	185.1	183.6	2350	2321	0.884
Oct. 15	77.6	37.17	13.69	109.9	108.2	1449	1431	0.918
Nov. 15	53.1	22.23	9.95	82.3	80.3	1094	1080	0.926
Dec. 15	41.4	18.08	5.86	63.3	60.9	850	839	0.936
<b>Year</b>	<b>1472.1</b>	<b>548.47</b>	<b>14.15</b>	<b>2041.8</b>	<b>2021.5</b>	<b>25745</b>	<b>25417</b>	<b>0.878</b>

#### Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:21  
with v7.2.3

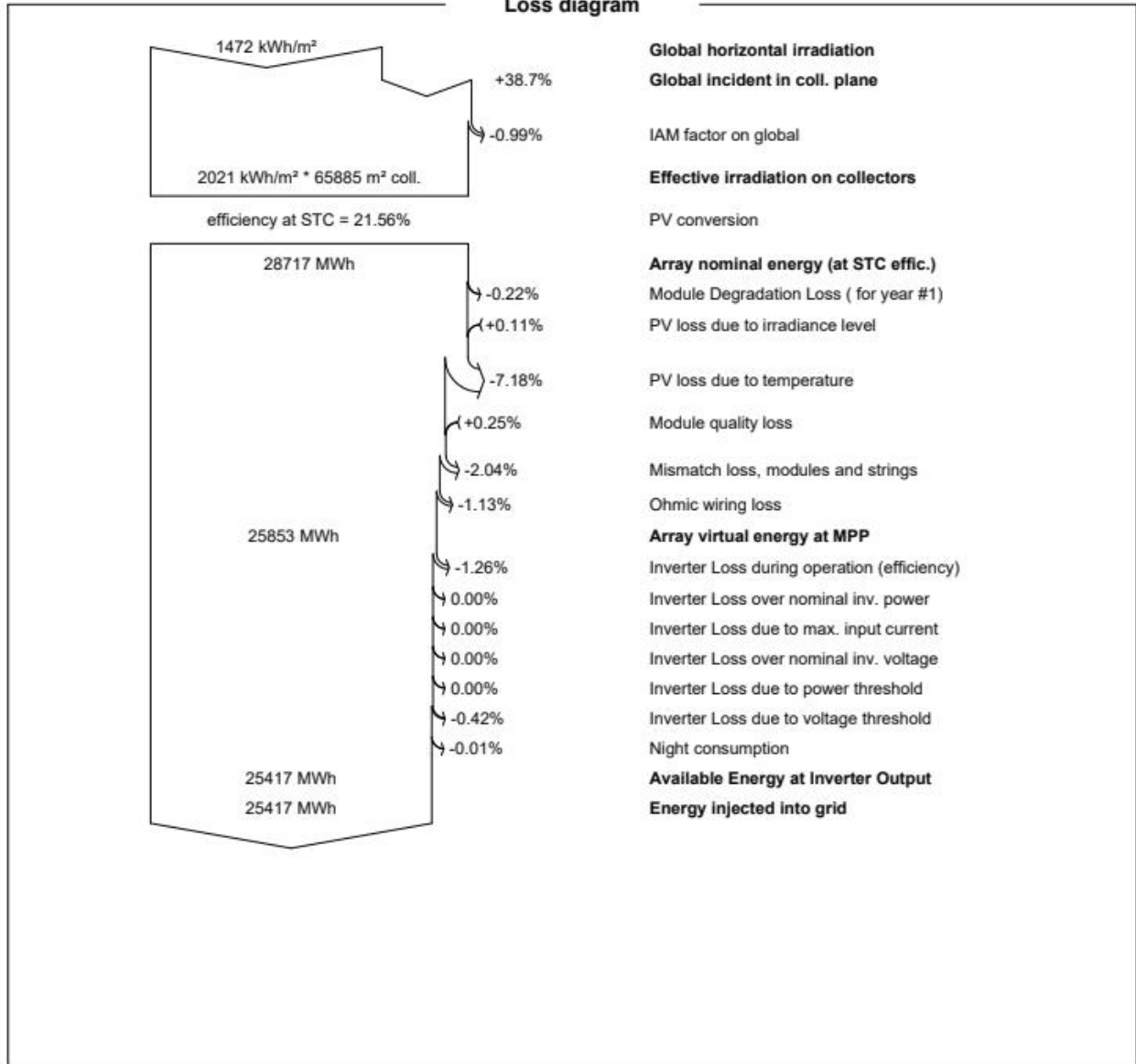
Project: TRIVIGNANO SUD

Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**Loss diagram**





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:21  
with v7.2.3

Project: TRIVIGNANO SUD

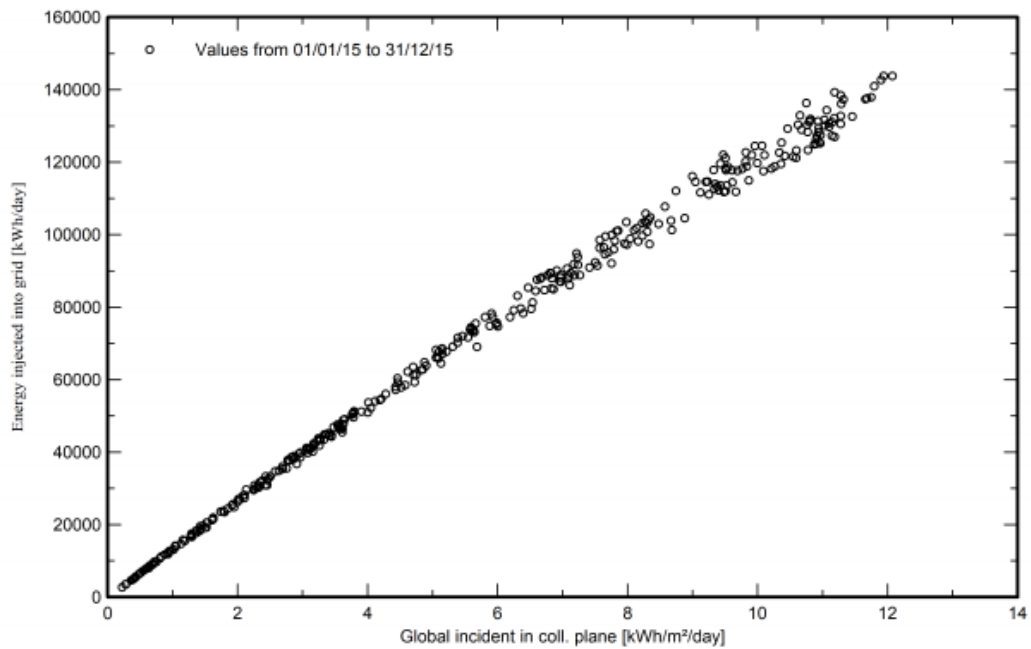
Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

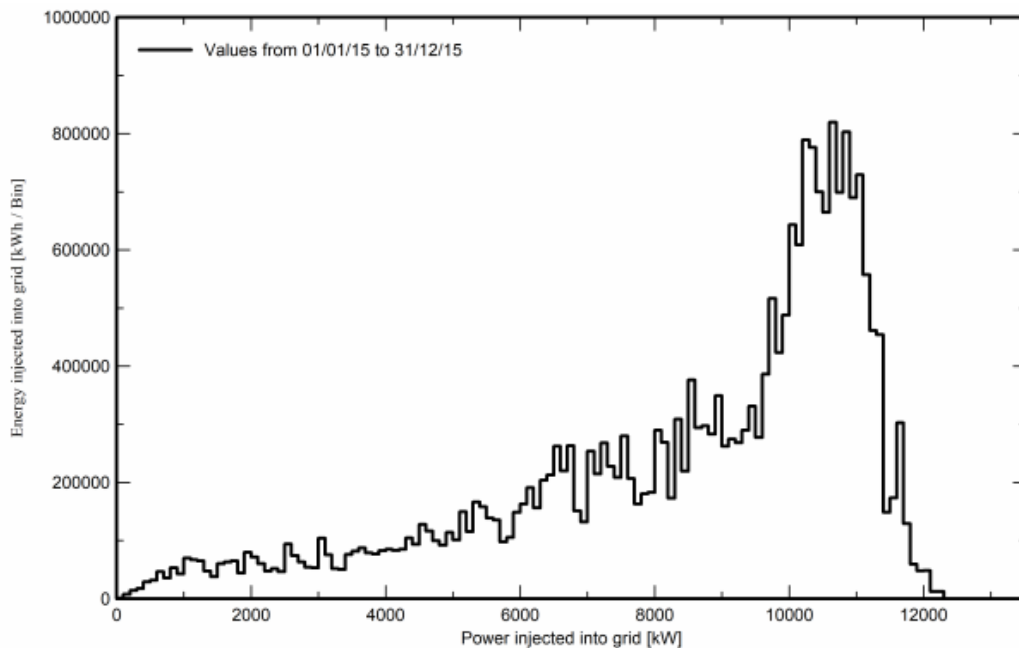


**Special graphs**

**Diagramma giornaliero entrata/uscita**



**Distribuzione potenza in uscita sistema**







# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp

Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:21  
with v7.2.3

Project: TRIVIGNANO SUD

Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



### Aging Tool

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year  
Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

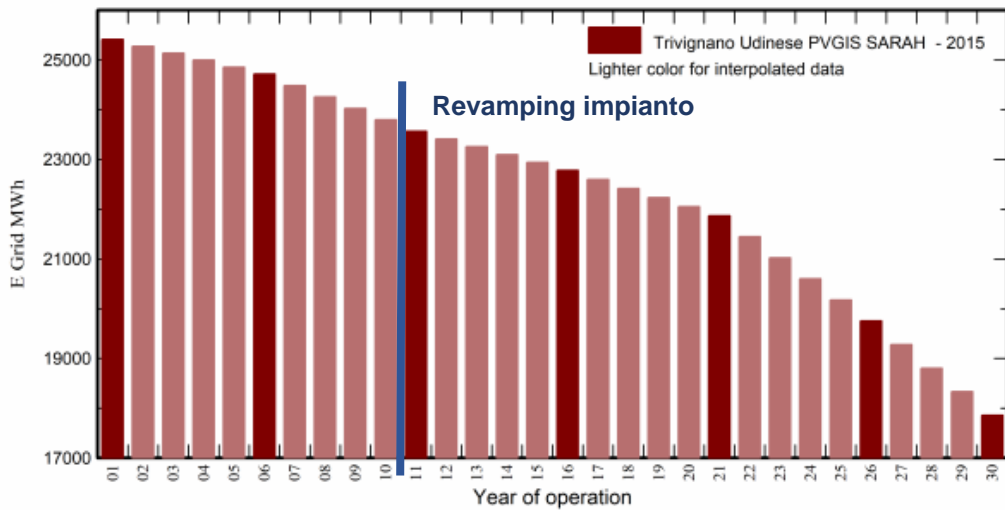
**Meteo used in the simulation**

#1 Trivignano Udinese PVGIS SARAH

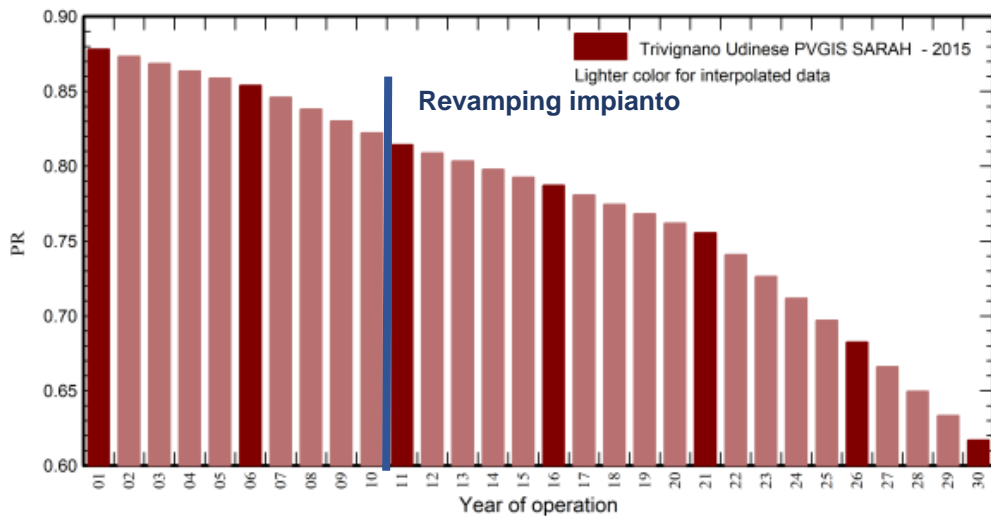
Years 2015

Years simulated 1,6,11,16,21,26,30

#### Energy injected into grid



#### Performance Ratio





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO  
DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

Pag 135 di  
143



**PVsyst V7.2.3**

VC0, Simulation date:  
25/06/21 08:21  
with v7.2.3

**Project: TRIVIGNANO SUD**

Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**Aging Tool**

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year

Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

**Meteo used in the simulation**

**#1 Trivignano Udinese PVGIS SARAH**

Years 2015

Years simulated 1,6,11,16,21,26,30

**Trivignano Udinese PVGIS SARAH**

Year	E Grid	PR	PR loss
	MWh		%
1	25417	0.878	0%
2	25277	0.873	-0.6%
3	25137	0.868	-1.1%
4	24998	0.864	-1.7%
5	24858	0.859	-2.2%
6	24718	0.854	-2.8%
7	24488	0.846	-3.7%
8	24258	0.838	-4.6%
9	24028	0.83	-5.5%
10	23798	0.822	-6.4%
11	23568	0.814	-7.3%
12	23411	0.809	-7.9%
13	23254	0.803	-8.5%
14	23097	0.798	-9.1%
15	22940	0.793	-9.7%
16	22783	0.787	-10.4%
17	22600	0.781	-11.1%
18	22417	0.774	-11.8%
19	22234	0.768	-12.5%
20	22051	0.762	-13.2%
21	21868	0.755	-14%
22	21445	0.741	-15.6%
23	21022	0.726	-17.3%
24	20599	0.712	-19%
25	20176	0.697	-20.6%
26	19753	0.682	-22.3%
27	19279	0.666	-24.1%
28	18805	0.65	-26%
29	18331	0.633	-27.9%
30	17857	0.617	-29.7%

Revamping impianto



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**

**ALLEGATO 3 – PVSYST TRIVIGNANO NORD**

Nelle pagine seguenti è riportata la verifica PVsyst per il Campo di Trivignano nord



**PVsyst V7.2.8**  
 VCO, Simulation date:  
 29/11/21 09:15  
 with v7.2.8

Project: TRIVIGNANO NORD  
 Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**Project summary**

<p><b>Geographical Site</b> Trivignano Udinese Italy</p> <p><b>Meteo data</b> Trivignano Udinese PVGIS-SARAH - 2015</p>	<p><b>Situation</b></p> <p>Latitude 45.95 °N          Longitude 13.33 °E          Altitude 38 m          Time zone UTC+1</p>	<p><b>Project settings</b></p> <p>Albedo 0.20</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

**System summary**

<p><b>Grid-Connected System</b> Simulation for year no 1</p> <p><b>PV Field Orientation</b> Tracking plane, horizontal N-S axis Axis azimuth 0 °</p> <p><b>System information</b> <b>PV Array</b></p> <p>Nb. of modules 63072 units          Pnom total 34.69 MWp</p>	<p><b>No 3D scene defined, no shadings</b></p> <p><b>Near Shadings</b> No Shadings</p> <p><b>Inverters</b></p> <p>Nb. of units 12 units          Pnom total 26.16 MWac          Pnom ratio 1.326</p>	<p><b>User's needs</b> Unlimited load (grid)</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------

**Results summary**

Produced Energy	61678 MWh/year	Specific production	1778 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	87.07 %
-----------------	----------------	---------------------	-------------------	----------------	---------

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Special graphs	6
Aging Tool	7



**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.8**  
 VC0, Simulation date:  
 29/11/21 09:15  
 with v7.2.8

Project: TRIVIGNANO NORD  
 Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>	<b>No 3D scene defined, no shadings</b>	
<b>PV Field Orientation</b>	<b>Trackers configuration</b>	<b>Models used</b>
Orientation Tracking plane, horizontal N-S axis Axis azimuth 0 °	No 3D scene defined	Transposition Perez Diffuse Imported DHI Circumsolar separate
<b>Horizon</b>	<b>Near Shadings</b>	<b>User's needs</b>
Free Horizon	No Shadings	Unlimited load (grid)

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Longi Solar	Manufacturer	Siemens
Model	LR5-72 HPH 550 M	Model	Sinacon PV2180
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	550 Wp	Unit Nom. Power	2180 kWac
Number of PV modules	63072 units	Number of inverters	12 units
Nominal (STC)	34.69 MWp	Total power	26160 kWac
Modules	2628 Strings x 24 In series	Operating voltage	875-1500 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Pnom ratio (DC:AC)	1.33
Pmpp	31.70 MWp		
U mpp	903 V		
I mpp	35116 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	34690 kWp	Total power	26160 kWac
Total	63072 modules	Nb. of inverters	12 units
Module area	161215 m <sup>2</sup>	Pnom ratio	1.33
Cell area	146226 m <sup>2</sup>		

**Array losses**

<b>Thermal Loss factor</b>	<b>DC wiring losses</b>	<b>Module Quality Loss</b>						
Module temperature according to irradiance	Global array res. 0.43 mΩ	Loss Fraction -0.3 %						
Uc (const) 20.0 W/m <sup>2</sup> K	Loss Fraction 1.5 % at STC							
Uv (wind) 0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s								
<b>Module mismatch losses</b>	<b>Strings Mismatch loss</b>	<b>Module average degradation</b>						
Loss Fraction 2.0 % at MPP	Loss Fraction 0.1 %	Year no 1						
		Loss factor 0.4 %/year						
		<b>Mismatch due to degradation</b>						
		Imp RMS dispersion 0.4 %/year						
		Vmp RMS dispersion 0.4 %/year						
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): User defined profile								
0°	25°	45°	60°	65°	70°	75°	80°	90°
1.000	1.000	0.995	0.962	0.936	0.903	0.851	0.754	0.000



# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp

Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese

## RELAZIONE TECNICA



**PVsyst V7.2.8**  
VC0, Simulation date:  
29/11/21 09:15  
with v7.2.8

Project: TRIVIGNANO NORD  
Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



### Main results

#### System Production

Produced Energy

61678 MWh/year

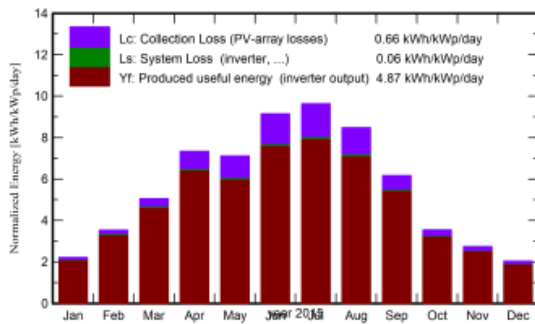
Specific production

1778 kWh/kWp/year

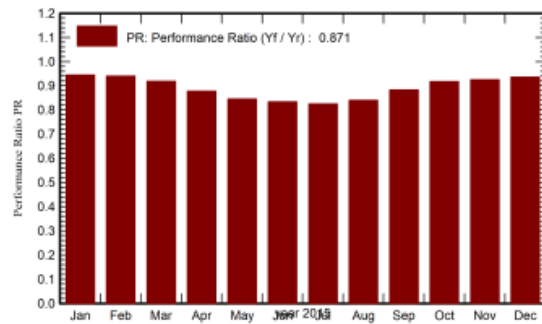
Performance Ratio PR

87.07 %

#### Normalized productions (per installed kWp)



#### Performance Ratio PR



#### Balances and main results

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
Jan. 15	45.1	19.34	4.67	68.8	66.7	2286	2256	0.945
Feb. 15	66.2	26.89	4.75	98.9	97.3	3270	3228	0.940
Mar. 15	111.2	46.19	9.02	156.5	155.0	5053	4987	0.918
Apr. 15	157.0	56.52	12.76	220.2	218.7	6796	6705	0.878
May 15	172.9	68.44	17.87	220.4	218.8	6552	6465	0.846
June 15	207.3	73.64	21.80	274.5	273.0	8048	7942	0.834
July 15	222.0	70.43	25.84	298.8	297.3	8669	8554	0.825
Aug. 15	187.6	59.18	24.06	263.1	261.7	7770	7668	0.840
Sep. 15	130.6	50.37	18.51	185.1	183.6	5749	5674	0.884
Oct. 15	77.6	37.17	13.65	109.9	108.3	3546	3501	0.918
Nov. 15	53.1	22.23	9.91	82.3	80.4	2678	2644	0.926
Dec. 15	41.4	18.08	5.82	63.3	60.9	2081	2055	0.936
<b>Year</b>	<b>1472.1</b>	<b>548.47</b>	<b>14.11</b>	<b>2042.0</b>	<b>2021.7</b>	<b>62498</b>	<b>61678</b>	<b>0.871</b>

#### Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_Grid	Energy injected into grid
T_Amb	Ambient Temperature	PR	Performance Ratio
GlobInc	Global incident in coll. plane		
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings		





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



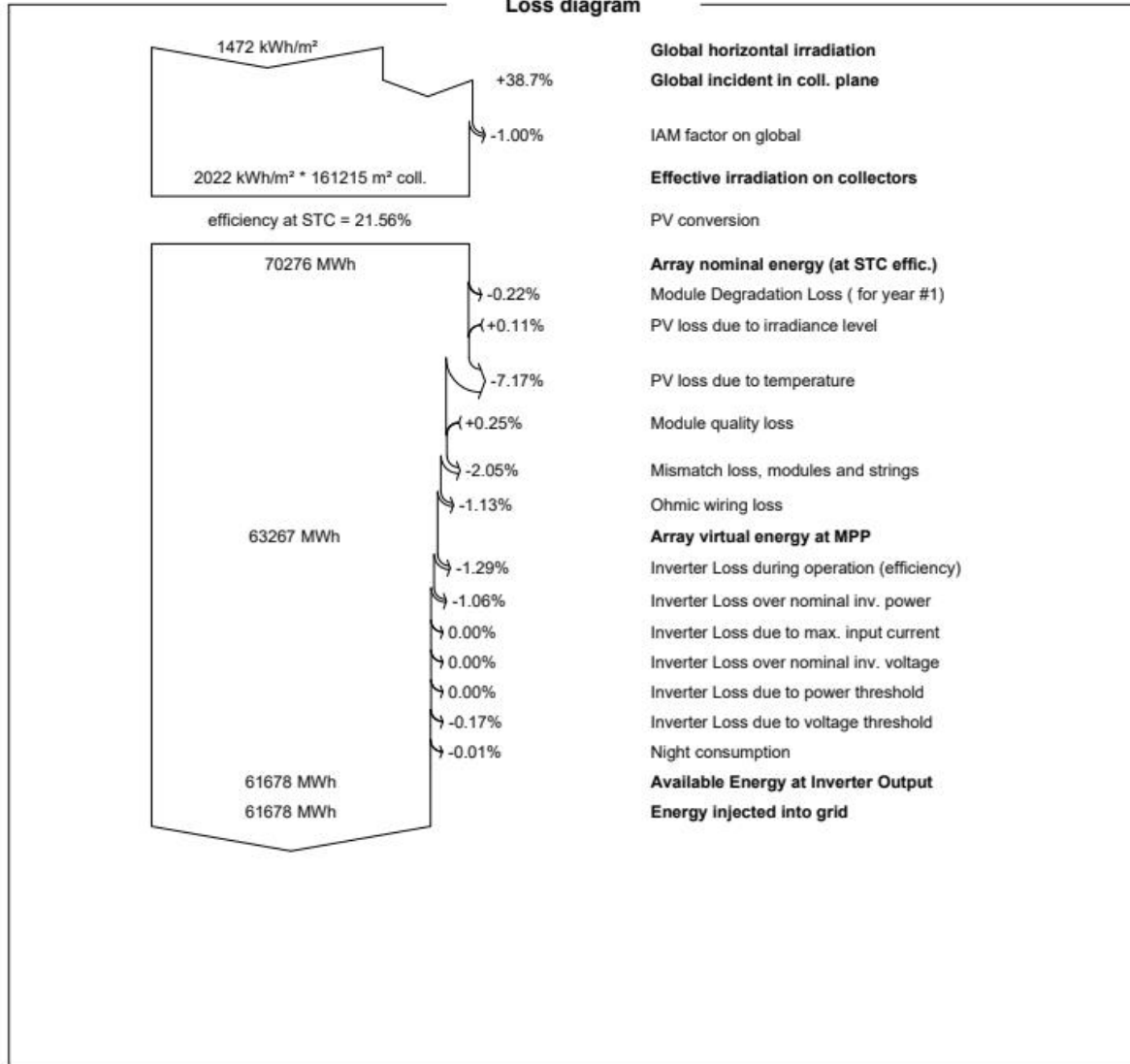
**PVsyst V7.2.8**  
 VC0, Simulation date:  
 29/11/21 09:15  
 with v7.2.8

Project: TRIVIGNANO NORD  
 Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**Loss diagram**





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.8**  
VC0, Simulation date:  
29/11/21 09:15  
with v7.2.8

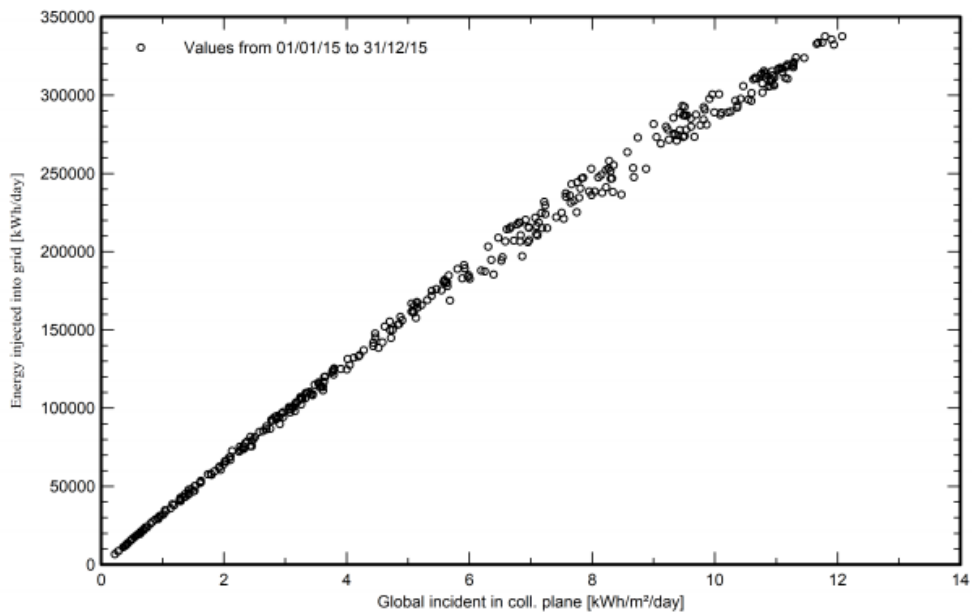
Project: TRIVIGNANO NORD  
Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)

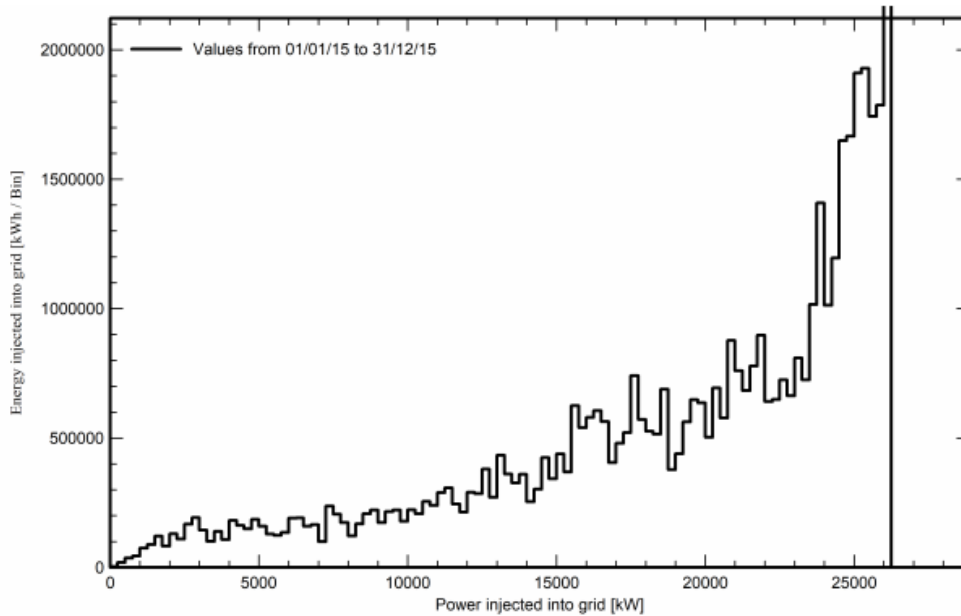


**Special graphs**

**Diagramma giornaliero entrata/uscita**



**Distribuzione potenza in uscita sistema**





# IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO DA 33,67+14,18+34,68 MWp

Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.8**  
VC0, Simulation date:  
29/11/21 09:15  
with v7.2.8

Project: TRIVIGNANO NORD  
Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



### Aging Tool

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year

Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

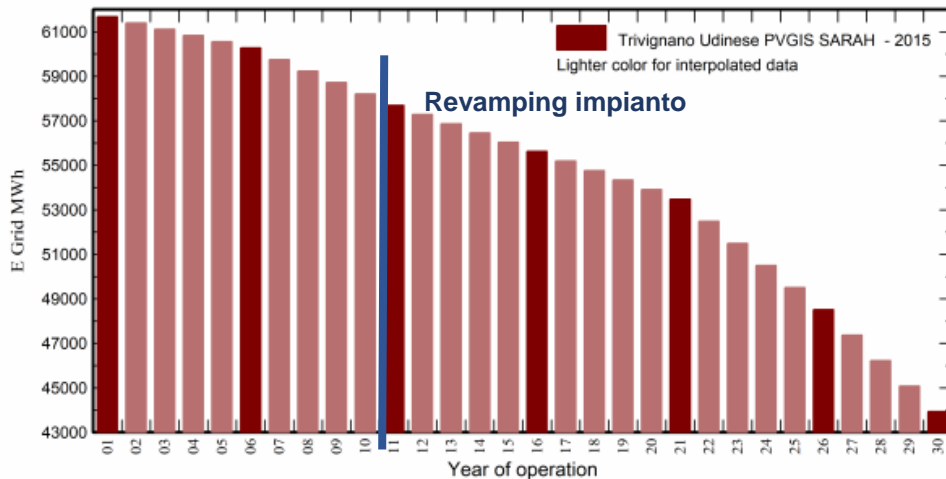
**Meteo used in the simulation**

#1 Trivignano Udinese PVGIS SARAH

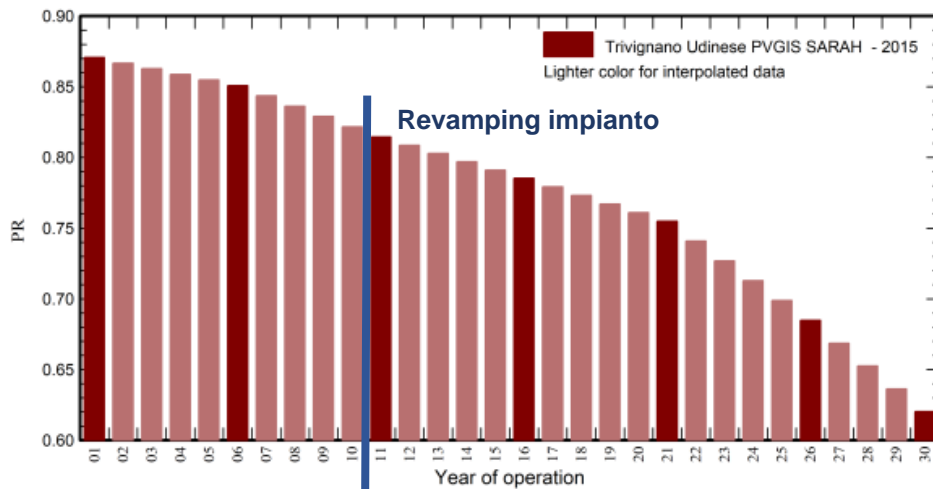
Years 2015

Years simulated 1,6,11,16,21,26,30

#### Energy injected into grid



#### Performance Ratio





**IMPIANTO SOLARE AGRIVOLTAICO**  
**DA 33,67+14,18+34,68 MWp**  
 Comuni di Palmanova, Pradamano e Trivignano Udinese  
**RELAZIONE TECNICA**



**PVsyst V7.2.8**  
 VC0, Simulation date:  
 29/11/21 09:15  
 with v7.2.8

Project: TRIVIGNANO NORD  
 Variant: Nuova variante di simulazione

Studio Ing. Valz Gris (Italy)



**Aging Tool**

**Aging Parameters**

Time span of simulation 30 years

**Module average degradation**

Loss factor 0.4 %/year

**Mismatch due to degradation**

Imp RMS dispersion 0.4 %/year

Vmp RMS dispersion 0.4 %/year

**Meteo used in the simulation**

**#1 Trivignano Udinese PVGIS SARAH**

Years 2015

Years simulated 1,6,11,16,21,26,30

**Trivignano Udinese PVGIS SARAH**

Year	E Grid	PR	PR loss
	MWh		%
1	61678	0.871	0%
2	61396	0.867	-0.5%
3	61115	0.863	-0.9%
4	60833	0.859	-1.4%
5	60551	0.855	-1.8%
6	60269	0.851	-2.3%
7	59754	0.844	-3.1%
8	59239	0.836	-4%
9	58723	0.829	-4.8%
10	58208	0.822	-5.6%
11	57693	0.814	-6.5%
12	57279	0.809	-7.1%
13	56865	0.803	-7.8%
14	56451	0.797	-8.5%
15	56038	0.791	-9.1%
16	55624	0.785	-9.8%
17	55194	0.779	-10.5%
18	54764	0.773	-11.2%
19	54335	0.767	-11.9%
20	53905	0.761	-12.6%
21	53476	0.755	-13.3%
22	52483	0.741	-14.9%
23	51490	0.727	-16.5%
24	50497	0.713	-18.1%
25	49504	0.699	-19.7%
26	48511	0.685	-21.3%
27	47366	0.669	-23.2%
28	46221	0.652	-25.1%
29	45076	0.636	-26.9%
30	43930	0.62	-28.8%

Revamping impianto