

## RELAZIONE GENERALE DI PROGETTO



## PROGETTO DEFINITIVO

**REALIZZAZIONE DI UN HUB DI RICERCA, SVILUPPO, PRODUZIONE, STOCCAGGIO, RICONVERSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'IDROGENO, ALIMENTATO DA UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 8,982 MWp E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE DI E-DISTRIBUZIONE SITO NEL COMUNE DI SAN GIOVANNI IN PERSICETO (BO), LOCALITÀ SAN MATTEO DELLA DECIMA**

### Committente:

**TOZZIgreen**

**Tozzi Green S.p.A.**  
Via Brigata Ebraica, 50  
48123 Mezzano (RA)  
P.IVA 02132890399  
R.E.A. n. RA-174504  
Tel. (+39) 0544 525311  
pec: [tozzi.re@legalmail.it](mailto:tozzi.re@legalmail.it)  
mail: [info@tozzigreen.com](mailto:info@tozzigreen.com)  
web: [www.tozzigreen.com](http://www.tozzigreen.com)

### Progettista:



**ambiente s.p.a.**  
Via Frassina, 21, 54033  
Carrara (MS)

### Coordinamento di progetto:



**ambiente s.p.a.**  
Via Frassina, 21, 54033  
Carrara (MS)

2	19/04/2022	Ing. C. Argenti	Ing. F. Seni	Ing. M. Altemura	Integrazioni a seguito CdS
REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DESCRIZIONE
Codice elaborato: <b>P.1.1</b>		Titolo elaborato: <b>Relazione generale di progetto</b>			

## INDICE

<b>1. GUIDA ALLA LETTURA DEL PROGETTO DEFINITIVO.....</b>	<b>4</b>
<b>2. GRUPPO DI LAVORO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. PREMESSA .....</b>	<b>6</b>
<b>4. RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>7</b>
4.1. La normativa in materia di costruzioni .....	7
4.2. La normativa in materia di impianti elettrici.....	7
4.3. La normativa in materia di prevenzione incendi .....	9
4.4. La normativa in materia di inquinamento acustico.....	9
4.5. Altre normative tecniche .....	10
4.6. La normativa in materia ambientale .....	10
<b>5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE .....</b>	<b>11</b>
5.1. Il territorio .....	13
5.2. Inquadramento Urbanistico e Catastale .....	14
5.3. Inquadramento geologico, geomorfologico, idraulico e idrogeologico .....	16
5.4. Inquadramento sismico .....	16
5.5. Ubicazione dell'Intervento .....	16
<b>6. IL PROGETTO.....</b>	<b>18</b>
6.1. Criteri utilizzati per le scelte progettuali .....	18
6.3. HUB di ricerca .....	21
6.3.1. Pianta, Prospetti, Sezioni .....	22
6.3.2. Progetto della struttura in elevazione.....	23
6.4. Impianto di produzione di idrogeno .....	24
6.4.1. Principio di funzionamento del processo .....	26
6.4.2. Impianto di produzione .....	27
<b>6.4.3. Compressione .....</b>	<b>37</b>
<b>6.4.4. Stoccaggio idrogeno.....</b>	<b>41</b>

<b>6.4.5.</b>	<b>Manutenzione delle apparecchiature .....</b>	<b>41</b>
<b>6.4.6.</b>	<b>Impianto distribuzione .....</b>	<b>43</b>
	<b>Funzionamento impianto produzione .....</b>	<b>44</b>
6.5.	Impianto fotovoltaico .....	45
6.5.1.	Moduli fotovoltaici .....	46
6.5.2.	Cabina di trasformazione .....	48
6.5.3.	Inverter .....	50
6.5.4.	Quadro di parallelo BT .....	52
6.5.5.	Trasformatore BT/MT.....	52
6.5.6.	Quadri di media tensione .....	52
6.5.7.	Quadri servizi ausiliari e trasformatore BT/BT .....	52
6.5.8.	UPS per servizi ausiliari.....	53
6.5.9.	Sistema centralizzato di comunicazione .....	53
6.5.10.	Cavi di potenza MT e BT.....	53
6.5.11.	Sistema di terra .....	54
6.5.12.	Sistema SCADA .....	55
6.5.13.	Cavi di controllo e TLC .....	55
6.5.14.	Sistema di monitoraggio ambientale .....	56
6.5.15.	Sistema di sicurezza e anti-intrusione .....	56
6.5.16.	Sistema antincendio .....	56
6.6.	Opere di utenza e di connessione alla rete ente distributore .....	57
<b>6.7.</b>	<b>Descrizione delle opere di rete per la connessione .....</b>	<b>58</b>
<b>6.8.</b>	<b>Elettrodotto in cavo MT interrato .....</b>	<b>58</b>
<b>6.9.</b>	<b>Verifica sezione cavidotto .....</b>	<b>63</b>
<b>6.10.</b>	<b>Manufatti per opere di rete per la connessione .....</b>	<b>66</b>
	<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>68</b>

## **1. GUIDA ALLA LETTURA DEL PROGETTO DEFINITIVO**

Ai fini di una semplice ed efficace lettura del progetto, la presente relazione riporta in ogni paragrafo di pertinenza il riferimento agli elaborati di progetto che approfondiscono gli aspetti illustrati.

Allo scopo di fornire un primo sguardo d'insieme, inoltre, è di seguito riepilogato l'elenco sintetico degli elaborati prodotti a supporto dell'istanza di Provvedimento autorizzatorio unico regionale (art. 27-bis del D.Lgs. 152/2006), redatto ai sensi dell'art. 22 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e della LR n.4 del 20.04.2018.

L'elenco dei documenti di progetto è disponibile nell'**Elaborato P.00 – Elenco elaborati**.

## 2. GRUPPO DI LAVORO

Questo progetto è frutto della collaborazione di diversi studi professionali; ciascuno di essi ha contribuito, per gli aspetti di propria pertinenza, ad affrontare i diversi aspetti connessi con gli interventi in parola.

Di seguito viene riportato l'elenco dei professionisti che hanno composto il gruppo di lavoro.

Società	Ruolo
<b>Tozzi Green S.p.A. – Ravenna (RA)</b>	<b>Committente</b>
Ing. Franco Salcone	
Ing. Cinzia Cicchitti	
Ing. Marco Palai	
<b>ambiente s.p.a. – Carrara (MS)</b>	<b>Coordinamento di Progetto e Studi Specialistici</b>
Ing. Matteo Altemura	
Ing. Claudia Argenti	
Ing. Marco Angeloni	
Ing. Giulia Bernardini	
Dott. Marco Raspolli	
<b>ArchLiving</b>	<b>Aspetti architettonici, urbanistici, progettazione impianti</b>
Ing. Gessica Grossi	
Arch. Clara Cucco	
Ing. Andrea Giugliarelli	
Ing. Andrea Eccher	<b>Progettazione Impiantistica Antincendio</b>
Arch. Ludovica Marinaro	<b>Aspetti Paesaggistici</b>
Dott. Luca Ragone	<b>Aspetti agronomici e faunistici</b>
Dott. Paolo Campagnoli	<b>Aspetti Archeologici</b>

### **3. PREMESSA**

La società Tozzi Green S.p.A., avente sede nel Comune di Ravenna, località Mezzano, opera nei mercati della produzione di energia elettrica a partire da fonti rinnovabili e nel settore dell'agroalimentare, degli oli essenziali e delle spezie.

L'azienda ha in progetto di sviluppare un HUB che sia insieme punto di sviluppo, ottimizzazione e scale-up per Società che producono elettrolizzatori, celle a combustibile, impianti di stoccaggio e distribuzione di idrogeno. L'HUB, che dovrà funzionare in una modalità mista tra incubatore, fornitore di servizi e coworking, potrà essere punto di scambio e testing per idee nuove di start up ed università. Porterà aziende mature già affermate nel mercato a contatto con aziende che faranno il salto nell'arco di poco tempo, con start up, ricercatori e gruppi di interesse. Il progetto prevede pertanto la costruzione di un'area dotata sia delle caratteristiche di alimentazione green, che saranno garantite dal limitrofo impianto fotovoltaico della potenza di 8,982 MWp, sia delle caratteristiche necessarie per il testing e lo scale-up di tutte le tecnologie di produzione, stoccaggio, distribuzione e ri-trasformazione di idrogeno attualmente emergenti.

La presente relazione generale ha lo scopo di riepilogare le principali informazioni relative al progetto e fornire i chiarimenti atti a dimostrare la rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento, il rispetto dei livelli qualitativi previsti e dei costi e benefici attesi.

## **4. RIFERIMENTI NORMATIVI**

### **4.1. La normativa in materia di costruzioni**

L'intero compendio della progettazione strutturale si basa sui principi fondamentali contenuti nel D.M. 17.01.2018 – "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni". Le prestazioni e i requisiti di sicurezza relativi alle strutture sono stati pertanto valutati in relazione al complesso degli stati limite che verosimilmente possono verificarsi nel corso della vita utile di progetto degli edifici.

Per quanto attiene l'assegnazione dei carichi di progetto e le modalità di combinazione delle azioni e di conduzione delle verifiche agli stati limite ultimi e d'esercizio, si assumono come riferimento normativo principale i codici riconosciuti a livello internazionale, gli Eurocodici e le norme di calcolo nazionali contenute nel D.M. 17.01.2018.

- D.M. 17 Gennaio 2018 - "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 27 Luglio 2018 – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- UNI-EN 1993-1-1: 2005 Eurocodice 3 – "Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici".

### **4.2. La normativa in materia di impianti elettrici**

La progettazione dell'impianto elettrico è stata eseguita tenendo presente delle seguenti normative:

- Legge 13/07/1966 n° 615: Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico e successivi regolamenti di esecuzione;
- Legge 01/03/1968 n° 186: Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione di impianti elettrici ed elettronici;
- Legge 18/10/1977 n° 791: Attuazione delle direttive del consiglio delle Comunità Europea relativa alle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale destinato ad essere utilizzato entro alcuni limiti di tensione; Dlgs 25/11/1996 n° 626 e s.m.i.;
- DPR 27/4/1978 e s.m.i: Eliminazione barriere architettoniche;
- Direttiva 2014/30/UE, Direttiva Europea sulla compatibilità elettromagnetica;
- Direttiva 2014/35/UE, Direttiva Bassa Tensione;
- DPR 24/07/1996 n° 503: Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici;
- UNI EN ISO 7001: Segnaletica di sicurezza;
- D.Lgs 25/11/1996 n.626: Attuazione della direttiva 93/68/CEE in materia di marcatura CE del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro taluni limiti di tensione;

- DPR 462/01 Regolamento di semplificazione del procedimento per la denuncia di installazione e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche, di dispositivi di messa a terra di impianti elettrici e di impianti elettrici pericolosi;
- Decreto 22/1/08 n. 37: Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge 248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno di edifici;
- D.Lgs. 81/2008 Attuazione dell'art. 1 della Legge 3 agosto 2007 n. 123 in materia di tutela della e sicurezza nei luoghi di lavoro.
- D.M. 26/6/2015 Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici.
- D.L. 106/2017 Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n.305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE.

e delle seguenti norme tecniche di settore (si elencano le principali):

- 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 0-21 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 31-87 Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas
- CEI 31-88 Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di polveri
- CEI 44-16 Sicurezza del macchinario - Sicurezza funzionale dei sistemi di comando e controllo elettrici, elettronici ed elettronici programmabili correlati alla sicurezza (Quadri bordo macchina)
- CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente • alternata e a 1500 V in corrente continua
- CEI 64-12 Guida per l'esecuzione dell'impianto di terra negli edifici per uso residenziale e terziario
- CEI 64-19 Guida agli impianti di illuminazione esterna (Vedasi anche CEI 64-8 Sez. 714)
- CEI 78-17 Manutenzione delle cabine elettriche MT/MT e MT/BT dei clienti/utenti finali (per gli utenti con i requisiti semplificati è possibile applicare la CEI 0-15 )
- CEI 79-3 Sistemi di allarme. Prescrizioni particolari per gli impianti di allarme intrusione
- CEI 79-83 Sistemi di videosorveglianza per applicazioni di sicurezza
- CEI 81-10 Protezione contro i fulmini.
- CEI 81-10/1: Principi generali;
- CEI 81-10/2: Valutazione del rischio; CEI 81-10/3: Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone.
- CEI 81-10/4: Impianti elettrici ed elettronici nelle strutture.
- CEI 82-25 Guida alla realizzazione di sistemi di generazione fotovoltaica collegati alle reti elettriche di Media e Bassa tensione



- UNI 1838 Illuminazione di emergenza
- UNI 9795 Sistemi fissi automatici di rivelazione e di segnalazione allarme d'incendio. Progettazione, installazione ed esercizio

La normativa CEI è regolamentata, oltre che per l'installazione dell'impianto, anche per i suoi componenti. Citiamo a titolo d'esempio: gli accumulatori (CT 21), le apparecchiature a bassa tensione, quali interruttori automatici, prese a spina, tubi protettivi, apparecchi di comando, commutatori, connettori, interruttori differenziali, ecc. (CT 23), i condensatori (CT 33), le lampade (CT 34), i trasformatori di misura (CT 38), gli involucri di protezione (CT 70), gli apparecchi utilizzatori (CT 107).

#### **4.3. La normativa in materia di prevenzione incendi**

Le valutazioni in merito alla prevenzione incendi e la progettazione dell'impianto antincendio sono state eseguite sulla base delle seguenti normative in materia antincendio:

- D.lgs. 9 aprile 2008 n. 81, "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- D.M. 3 agosto 2015, "Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 15 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139";
- D.M. 23 Ottobre 2018, "Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti di distribuzione idrogeno per autotrazione.
- DPR 151/2011, "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122"
- D.M. 07.08.2012 "Disposizioni relative alle modalità di presentazione delle istanze concernenti i procedimenti di prevenzione incendi e alla documentazione da allegare, ai sensi dell'articolo 2, c. 7, del D.P.R. 151/11";
- D.M. 30.11.1983 "Termini, definizioni generali e simboli grafici P.I.";
- D.M. 10.03.1998 "Criteri generali di sicurezza antincendi e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro".

#### **4.4. La normativa in materia di inquinamento acustico**

Le valutazioni in merito all'inquinamento acustico sono state eseguite sulla base delle seguenti normative:

- Legge 26 ottobre 1995, "Legge quadro sull'Inquinamento Acustico Ambientale";
- Decreto Ministeriale 11 dicembre 1996 "Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo in GU n. 52 del 04/03/97";

- Decreto Presidente Consiglio dei Ministri del 14 novembre 1997 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";
- Decreto Ministeriale 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

#### **4.5. Altre normative tecniche**

- Direttiva comunitaria 2006/42/CE (Direttiva Macchine);
- Direttiva Comunitaria 2014/34/UE (ATEX).

#### **4.6. La normativa in materia ambientale**

Per quanto riguarda gli aspetti ambientali, la principale normativa di riferimento considerata per lo sviluppo del progetto proposto può essere sintetizzata in:

- Direttiva 2009/28/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale"
- Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28, "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"
- Decreto Ministeriale 30 marzo 2015, "Linee guida per la verifica di assoggettabilità a valutazione di impatto ambientale dei progetti di competenza delle regioni e province autonome, previsto dall'articolo 15 del decreto-legge 24 giugno 2014, n. 91, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 agosto 2014, n. 116"
- Decreto Ministeriale 10 settembre 2010 "Linee guida per l'autorizzazione degli impianti alimentati da fonti rinnovabili"
- D.lgs. 42/2004 (come modificato dal D.Lgs. 63/2008) Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137.

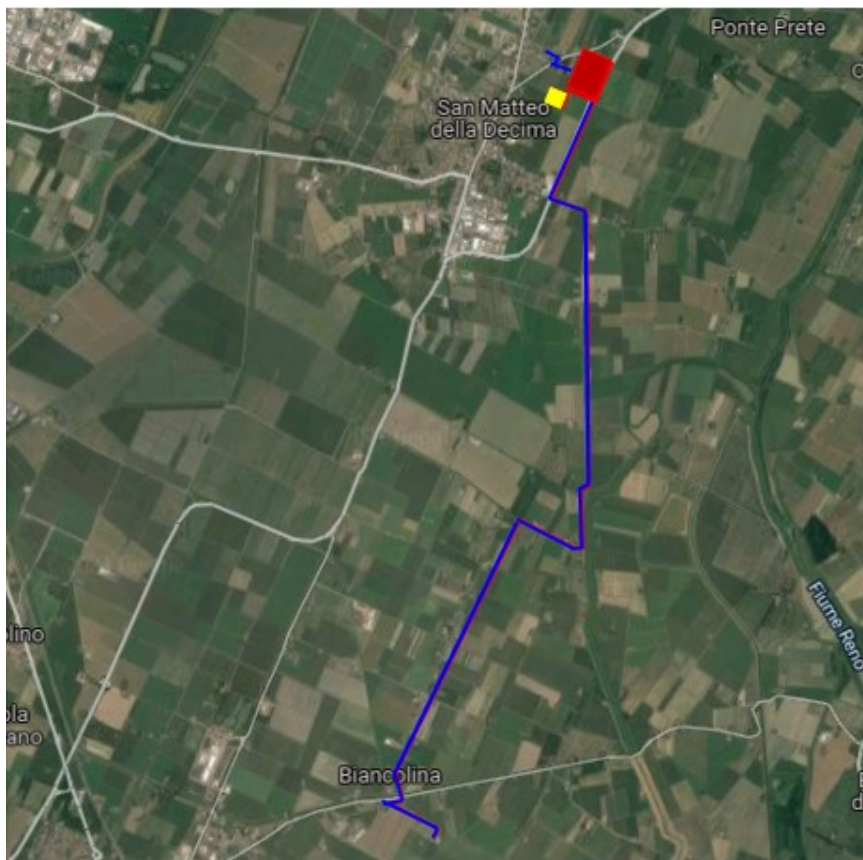
## 5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

Il sito oggetto del progetto HUB di Ricerca H2 è posto nella frazione di San Matteo della Decima del Comune di S. Giovanni in Persiceto ed ha la peculiarità, dal punto di vista geografico, di essere equidistante dalle Città di Bologna e Modena.



**Figura 1.** Inquadramento generale dell'area (Google earth)

Geograficamente oltre che per la posizione rispetto alla Città Metropolitana di Bologna e rispetto alla Provincia di Modena è di particolare interesse anche la vicinanza con una decina di comunità più piccole quali Cento, San Pietro in Casale, San Giorgio di Piano, Castel Maggiore, Anzola Dell'Emilia, Spilamberto, Castel Franco Emilia, Nonantola e Crevalcore.



**Figura 2.** Ubicazione dell'area di impianto e delle opere di connessione

In area contigua al sito, sorgono prevalentemente aree ad uso agricolo.

I Centri abitati più prossimi al sito sono rappresentati dalla Frazione di San Matteo della Decima situata a meno di 1 km in direzione sud-ovest e il paese di Cento distante circa 4 km in direzione nord-est. Sono inoltre da segnalare case sparse nei dintorni del sito, soprattutto nell'area nord-ovest, e il confine settentrionale delimitato dal canale Cento.





**Figura 3.** Descrizione dell'area ed indicazione dei centri abitati più vicini allo stabilimento (Google earth)

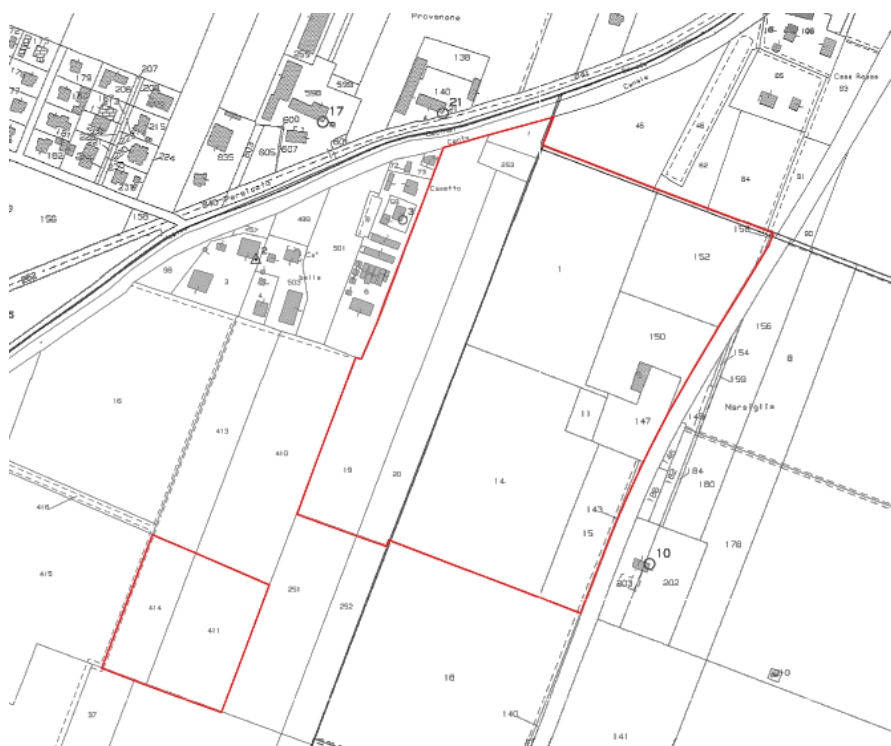
## 5.1. Il territorio

San Matteo della Decima è una frazione del comune di San Giovanni in Persiceto, nella città metropolitana di Bologna. La frazione dista 9 km dal capoluogo del comune di San Giovanni in Persiceto e 30 km dalla città di Bologna.

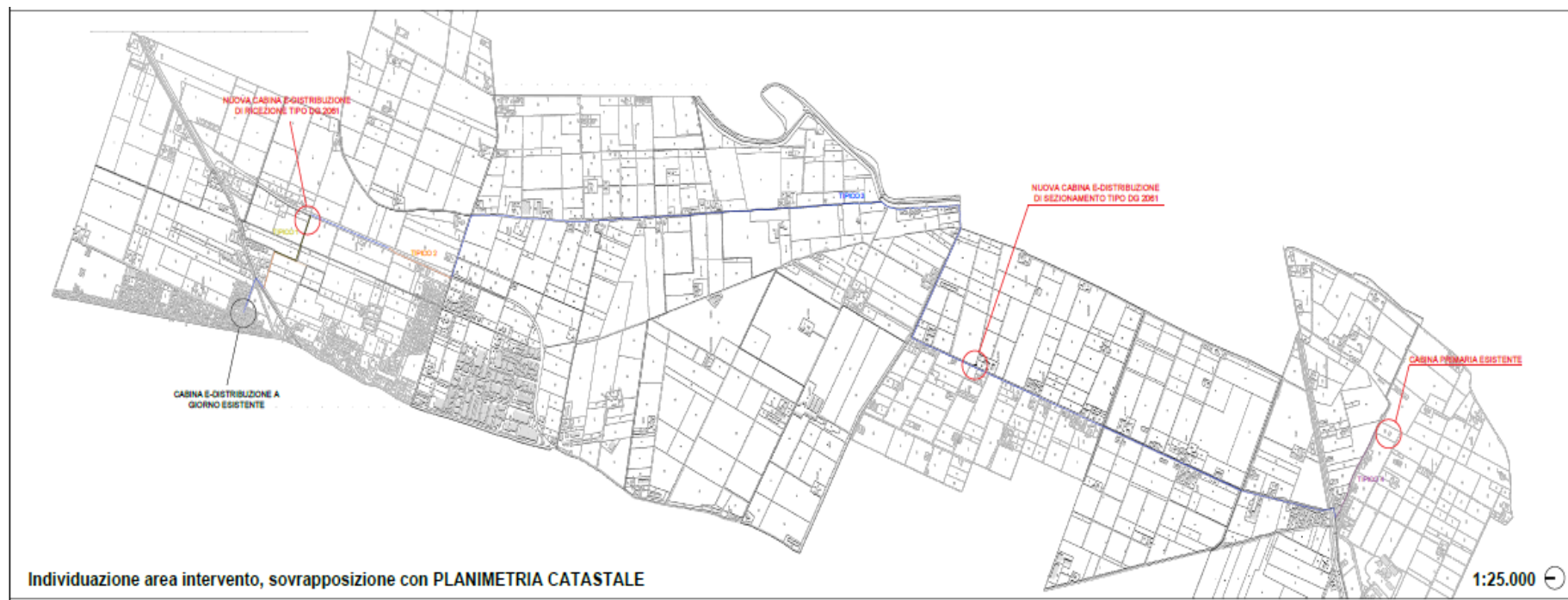
L'area in esame si trova nella parte Nord del Comune di San Giovanni in Persiceto, in prossimità del confine amministrativo con l'adiacente provincia di Modena, circa 1,5 km a Nord dello stesso centro abitato, in un contesto prevalentemente agricolo, scarsamente antropizzato e popolato.

## 5.2. Inquadramento Urbanistico e Catastale

L'HUB di ricerca H2 verrà installato sui terreni nella disponibilità del Proponente. Il progetto si svilupperà su due lotti di terreno separati. Il lotto NORD è catastalmente individuato dalle particelle 1, 19, 20, 253 del Foglio 21 e dalle particelle 1, 5, 11, 14, 15, 143, 147, 150, 152 del Foglio 22 del Comune di San Giovanni in Persiceto (BO) mentre il lotto SUD è catastalmente individuato dalle particelle 411, 414 del Foglio 21 del Comune di San Giovanni in Persiceto (BO). Di seguito viene indicato un estratto della Mappa Catastale, disponibile nell'elaborato TAV. 2.0 – Planimetria catastale. In rosso è evidenziata l'area oggetto di intervento.



**Figura 4.** Estratto di Mappa Catastale disponibile in Tavola 2.0.



**Figura 5.** Opere di connessione su planimetria catastale (estratto TAV 3.1.1)

L'area d'intervento non ricade all'interno di un solo ambito: quella di superficie maggiore è compresa all'interno di "Ambiti di possibile trasformazione urbana per usi produttivi" (APR.SG\_I), mentre per quella minore si parla di "Ambiti di possibile trasformazione urbana per usi residenziali" (ARS.SG\_V). Entrambi, come riportato all'art. 15 del PSC, fanno parte del macro-ambito denominato "Territorio urbanizzabile" e la loro regolamentazione è descritta nel dettaglio al CAPO III dello stesso PSC. Le opere e gli interventi in oggetto sono subordinati alla preventiva acquisizione del permesso a costruire che si intende acquisire in conferenza di servizi da parte del Comune di San Giovanni in Persiceto per quanto attiene gli aspetti urbanistici.

### **5.3. Inquadramento geologico, geomorfologico, idraulico e idrogeologico**

Come meglio specificato nella Relazione geologica sono state condotte diverse tipologie di indagini per approfondire le caratteristiche del terreno. In particolare Dall'indagine geofisica effettuata il deposito di terreno ai sensi della TAB.3.2.II del DM 17/01/2018 può essere considerato appartenere alla categoria D "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

La carta degli scenari della pericolosità idraulica estratta dall'autorità di bacino del Fiume PO all'interno del Piano di Gestione rischio alluvioni secondo ciclo dicembre 2019 indica che l'area di studio ricade in pericolosità "P3 elevata probabilità di inondazione". Si rimanda alla Relazione idraulica per ulteriori approfondimenti.

### **5.4. Inquadramento sismico**

Il territorio del Comune di San Giovanni in Persiceto, ai sensi dell'OPCM 3274/2003, è classificato come zona sismica di terza categoria. In base alla riclassificazione sismica della Regione Emilia Romagna, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 Aprile 2006, n° 3519, il Comune di San Giovanni in Persiceto rientra in Zona 3. Per ulteriori approfondimenti si rimanda all'allegato di riferimento.

### **5.5. Ubicazione dell'Intervento**

L'area interessata dall'intervento, indicata di seguito, è disponibile come elaborato "TAV 3.1 - Area di intervento".





**Figura 6.** Ubicazione del sito produttivo (fonte: Google Earth)

## **6. IL PROGETTO**

### **6.1. Criteri utilizzati per le scelte progettuali**

La società TOZZI GREEN S.p.A., con sede in località Mezzano, nel comune di Ravenna (RA) è specializzata in soluzioni, servizi e progetti per lo sviluppo d'impianti e per la generazione di energia da fonti rinnovabili, ed è tra gli attori protagonisti del mercato della produzione di energia.

In linea con le passate esperienze del gruppo, con le attuali strategie di sviluppo aziendale, con i chiari indirizzi della Comunità Europea e dello Stato italiano, nasce il progetto per la realizzazione di un hub di ricerca, sviluppo, produzione, stoccaggio, riconversione e distribuzione dell'idrogeno, alimentato da un impianto fotovoltaico da 8,982 MWp e relative opere di connessione alla rete di distribuzione di e-distribuzione di San Giovanni in Persiceto.

Oltre alla verifica di rispondenza ai requisiti normativi cogenti, le scelte progettuali per l'impianto in oggetto sono state definite guardando ai principali strumenti per la programmazione ambientale e strategica del territorio regionale.

La Regione Emilia-Romagna si è dotata di un Piano energetico regionale (PER), che approvato con Delibera dell'Assemblea legislativa n. 111 del 1° marzo 2017, fissa la strategia e gli obiettivi per clima ed energia fino al 2030 e si realizza attraverso un Piano triennale di attuazione (Pta) con cui si definiscono le linee operative triennali necessarie al raggiungimento degli obiettivi di lungo periodo previsti dal PER. Il piano fa propri gli obiettivi europei al 2020, 2030 e 2050, in materia di clima ed energia come driver di sviluppo dell'economia regionale, e in particolare:

- la riduzione delle emissioni climalteranti
- l'incremento della quota di copertura dei consumi attraverso l'impiego di fonti rinnovabili
- l'incremento dell'efficienza energetica negli edifici, nel patrimonio pubblico, nei trasporti, nelle attività produttive.

La regione ha redatto Il Patto per il Lavoro e per il Clima nel Dicembre 2020, il quale si inserisce all'interno delle strategie del Paese e di quelle dell'Unione Europea verso la neutralità climatica al 2050 e di rilancio e transizione verso un'economia più sostenibile dal punto di vista ambientale e sociale. I punti chiave di programmazione per la transizione ecologica possono riassumersi nelle seguenti linee di intervento:

- Accompagnare la transizione ecologica delle imprese di ogni dimensione orientandone e incentivandone gli investimenti verso le energie rinnovabili e verso processi e prodotti a minor impatto ambientale, mettendole nelle condizioni di cogliere le opportunità della transizione verde attraverso aiuti mirati, semplificazioni normative e misure che sostengano il cambiamento verso modelli di produzione e consumi sostenibili.
- Sviluppare nuove filiere green con attenzione sia alla filiera clima/energia che alle filiere industriali di recupero dei materiali.

- Investire in ricerca e innovazione orientandola verso campi ad alto potenziale strategico come l'idrogeno, l'elettrico e la chimica verde.
- Costruire un team di ricerca e studio finalizzato al sostegno e alla definizione di progetti di finanza sostenibile e di impatto sociale coerenti con gli obiettivi del Patto.
- Accelerare la transizione energetica del comparto pubblico, sostenendo lo sviluppo dei Piani Energia Clima dei Comuni e percorsi di neutralità carbonica a livello territoriale, dando nuovo impulso all'adeguamento e all'efficientamento energetico dell'intero patrimonio pubblico.

Il progetto si inserisce anche nel contesto di una nuova mobilità sostenibile supportato dalla programmazione degli investimenti con un nuovo pacchetto di progetti green per il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza che permetta ad esempio di:

- incentivare e rafforzare le reti del trasporto pubblico, con particolare riferimento alle aree montane ed interne;
- valorizzare la capacità produttiva regionale, sostituendo i mezzi delle aziende TPL con veicoli più ecologici;
- promuovere l'uso della bicicletta anche attraverso la realizzazione di 1000 km di nuove piste ciclabili; incentivare gli investimenti per lo sviluppo della mobilità elettrica;
- sostenere la diffusione della mobilità privata verso "emissioni zero" anche attraverso l'installazione di 2.500 punti di ricarica entro il 2025;

Di fatto, la realizzazione del progetto costituisce una reale applicazione di alcuni degli obiettivi del PIANO, tra i quali la riduzione delle emissioni di gas serra e la razionalizzazione e riduzione dei consumi energetici.

Il progetto in oggetto si compone di tre parti fondamentali, interconnesse tra loro. Nello specifico nell'area del sito si troverà l'Hub di ricerca per lo studio e lo sviluppo di tecnologie connesse all'idrogeno, l'impianto di produzione e distribuzione idrogeno, il parco fotovoltaico. Nei paragrafi seguenti si riporta una descrizione specifica delle tre componenti costitutive del progetto.

## **6.2. Componenti del progetto**

Il progetto nel suo complesso prevede quindi la realizzazione di 3 "elementi" principali:

1. L'HUB di ricerca
2. L'impianto di produzione e distribuzione Idrogeno
3. L'impianto fotovoltaico

I tre elementi risultano tecnicamente interconnessi come da schema esemplificativo riportato di seguito.

- Funzionamento durante le ore diurne



- Funzionamento durante le ore notturne



**Figura 7.** Schema funzionale dell'impianto

Nei paragrafi seguenti sono descritti ed analizzati i 3 elementi sopra individuati.

### 6.3. HUB di ricerca

L'HUB nasce con lo scopo, come detto, di fornire uno spazio condiviso a Università, start-up, aziende dove poter attuare studi e progetti di ricerca su tema idrogeno. Di fatto, i locali saranno utilizzati ad uso uffici, per l'esecuzione di:

- Sviluppo di progetti di "Ricerca industriale": ricerca pianificata o indagini critiche miranti ad acquisire nuove conoscenze e capacità da utilizzare per sviluppare nuovi prodotti, processi o servizi o per apportare un notevole miglioramento ai prodotti, processi o servizi esistenti. Essa comprende la creazione di componenti di sistemi complessi e può includere la costruzione di prototipi o la realizzazione di linee pilota in particolare ai fini della convalida di tecnologie generiche.
- "Sviluppo sperimentale": l'acquisizione, la combinazione, la strutturazione e l'utilizzo delle conoscenze e capacità esistenti di natura scientifica, tecnologica, commerciale e di altro tipo allo scopo di sviluppare prodotti, processi o servizi nuovi o migliorati. Rientrano in questa definizione anche altre attività destinate alla definizione concettuale, alla pianificazione e alla documentazione di nuovi prodotti, processi o servizi. Rientrano nello sviluppo sperimentale la costruzione di prototipi, la dimostrazione, la realizzazione di prodotti pilota, test e convalida di prodotti, processi o servizi nuovi e migliorati.

All'interno dell'hub saranno presenti uffici dedicati all'attività di ricerca e spazi di coworking, mantenendo il numero complessivo delle presenze sempre al di sotto di 25 persone.

Il layout architettonico nasce dal concetto della separazione visiva e fisica tra la strada e l'area oggetto di intervento. Una linea retta definisce nettamente tale separazione che è declinata sia dal punto di vista naturalistico che dal punto di vista materico. Il segno è composto da un filare arboreo che si trasforma in un muro materico dietro il quale vengono addossati i servizi tecnici degli uffici dell'Hub e, nel secondo tratto intervallato da un altro filare di pioppi cipressini viene schermata l'area a rischio dello stoccaggio dell'idrogeno.

Il muro avrà una consistenza e un colore che ben si legherà al contesto naturalistico in cui si inserisce l'intero complesso. In prossimità dell'area dedicata agli uffici il muro subisce uno "sfondamento" dettato da svasi di inclinazione e pendenza diversa che consegnerà una facciata vibrante grazie alle ombre portate che ne deriveranno. Sui grandi sguinci è previsto l'inserimento di una pelle metallica in lamiera stirata retroilluminata che darà un ulteriore performance al prospetto e che restituirà, a livello visivo, la funzione estremamente tecnologica che si svolgerà all'interno dell'area.

Il muro sarà realizzato con profili metallici orditi secondo un telaio predefinito e sarà foderato da Aquapanel (o similare) proprio per avere la possibilità di intervenire sulla superficie con quell'intonachino che restituirà l'immagine GREEN ricercata in fase di concept.

L'Hub uffici è progettato con struttura metallica e con tamponamenti parzialmente a secco e sarà caratterizzato da un portico sui tre lati liberi che, oltre ad assolvere pienamente alla funzione di schermatura solare restituisce un luogo piacevole dove poter sostare e rilassarsi negli intervalli lavorativi.

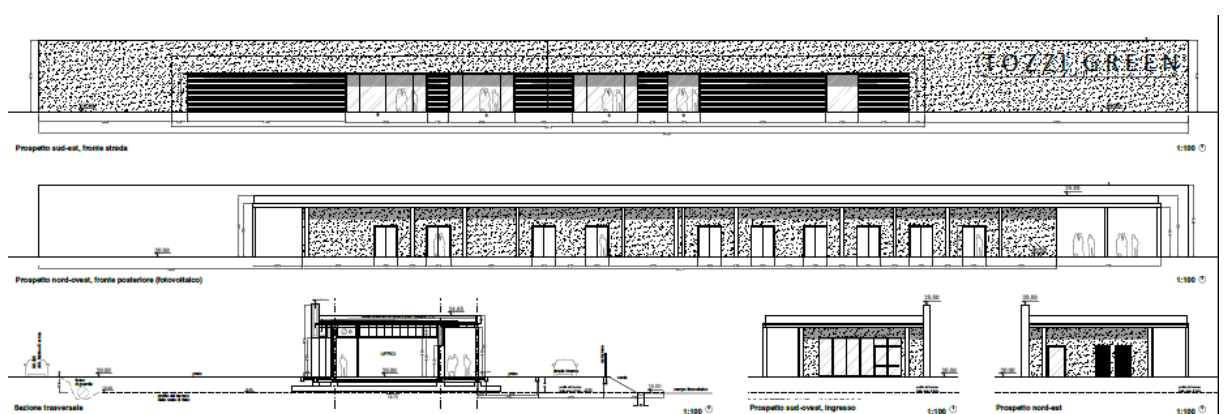
La stratigrafia del muro perimetrale è la seguente, partendo dall'esterno avremo cm 12 di cappotto in eps, poroton da 25 e una controparete interna a doppia lastra di cartongesso che consentirà un facile passaggio di eventuali ripartizioni impiantistiche.

I serramenti, che rispondono a livello normativo per quanto riguarda trasmittanza e fattore solare, sono caratterizzati dal monoblocco tipo Hella al fine di garantire una facile e rapida installazione oltre a garantire il completo isolamento evitando ponti termici.

Le partizioni interne saranno in cartongesso (doppia lastra con idrolastra nei locali umidi) e pareti vetrate serigrafate per garantire la privacy negli uffici.

Il nuovo fabbricato costruito, si affaccia sulla strada provinciale, circa al km 32. Catastralmente è individuato al foglio 22, mappale 15, 143 e 147. La costruzione sorgerà insieme ad un impianto fotovoltaico volto alla produzione e distribuzione dell'idrogeno, i cui impianti circonda la struttura. Frontalmente ci sarà un altro distributore di carburante anch'esso circondato da campi coltivabili.

La costruzione ha una dimensione in pianta di circa 57 m per 12 m, si eleva di un solo piano fuori terra e si conclude con una copertura piana alla quota di circa 4 m. La tipologia strutturale è in acciaio rinforzata da controventi concentrici in entrambi le direzioni. I telai hanno un'altezza di 3.5m e la lunghezza della campata maggiore è di 8 m. La fondazione è costituita da una platea di conglomerato cementizio armato, con una sezione di 40 cm.



**Figura 8.** Prospetto Hub di ricerca – Estratto TAV 3.0

### 6.3.1. Pianta, Prospetti, Sezioni

Allo scopo di illustrare la pianta, prospetti e sezioni del fabbricato in progetto, vengono di seguito riportati alcuni estratti disponibili nella seguente documentazione di progetto:

- TAV.3.71 – Piante di progetto-laboratorio di ricerca;



**Figura 9.** Pianta architettonica – estratto TAV. 3.0

### 6.3.2. Progetto della struttura in elevazione

La struttura portante è realizzata in acciaio S275JR per entrambe i blocchi. Tale tipologia strutturale consente una maggior libertà progettuale in quanto la struttura non vincola la forma dell'edificio: è possibile creare grandi luci e limitare al minimo il numero dei pilastri senza porre quindi vincoli al concept architettonico. Inoltre, la struttura risulta più leggera snella rispetto ad una in c.c.a. consentendo di utilizzare fondazioni superficiali meno costose.

Lo schema statico alla base della concezione strutturale è quello del telaio costituito da una componente orizzontale che poggia su due piedritti. La connessione tra colonna e trave consente solo in alcuni casi la trasmissione di momenti flettenti, ovvero per i telai della direzione corta, dove la trave è continua, e si compone di uno sbalzo di circa 1 m, una campata di 8m e uno sbalzo di altri 3m, quest'ultimo in corrispondenza dei controventi diventa ha un punto di appoggio esterno. Nella direzione ortogonale vi sono altri telai con campata di 4 m con schema statico appoggio-appoggio.

Il solaio di copertura, accessibile solo per manutenzione, è realizzato con lamiera grecata e soletta collaborante armata, connessa alla trave principale da pioli di collegamento.

Gli elementi verticali sono vincolati al piede con degli incastri.



## 6.4. Impianto di produzione di idrogeno

Le nuove tecnologie seguono le varie esigenze del mondo produttivo, oggi in continuo cambiamento. L'idrogeno è una fonte a emissioni zero di carburante per treni, autobus, camion, automobili, carrelli elevatori e navi. È anche usato come gas di alimentazione per industrie come l'acciaio e la raffinazione. Inoltre, è una fonte di calore ed energia per gli edifici e un buffer ideale per immagazzinare l'energia generata da fonti rinnovabili.

Le applicazioni di elettrolizzatori possono essere diversificate in base ai sistemi ad essi integrati, tra cui l'immissione di idrogeno nella rete del gas naturale oppure, come in questo caso, l'utilizzo di idrogeno verde prodotto attraverso l'energia derivante da fonti rinnovabili come carburante alternativo.

Nel presente progetto si prevede quindi la realizzazione di un impianto di produzione idrogeno per elettrolisi ed una stazione di rifornimento idrogeno con una capacità tale da poter alimentare 3-4 autobus ad uso urbano e/o extra-urbano al giorno. Per questa tipologia di mezzi la pressione di alimentazione del carburante deve avvenire oltre i 350 bar (per le autovetture invece la pressione di alimentazione deve essere di circa 700 bar).

Da dati di letteratura si registra che gli autobus ad idrogeno attualmente in circolazione sono in grado di stoccare circa 37,5 kg di idrogeno, con cui sono in grado di raggiungere un'autonomia di circa 300 km.

Il progetto prevede la realizzazione di una sola colonna di rifornimento destinata agli autobus di trasporto urbano, con la possibilità eventuale in un futuro prossimo di aggiungerne una adiacente per il rifornimento di auto private.

La produzione di idrogeno prevista dall'impianto di elettrolisi in progetto è di circa 80-85 Nm<sup>3</sup>/h.

A seguire si allega estratto scheda tecnica dell'autobus di riferimento, modello Solari Urbino 12 Hydrogen, simile od equivalente.

Urbino 12 hydrogen		● standard ○ option
Driveline system	<b>Motor</b>	●
	electric portal axle ZF AVE130 2x125 kW (*)	
	<b>Hydrogen fuel cell</b>	
	70kW	●
	<b>Traction batteries</b>	
	lithium-ion	●
	<b>Hydrogen tanks</b>	
	composite tanks 5 x 312 l	●
	<b>Charging system</b>	
	plug-in	●

**Figura 10.** Scheda tecnica di riferimento autobus idrogeno



Il volume di stoccaggio di un singolo autobus prevede:

- n°5 x 312 l pari a 1560 litri circa

Considerando la densità dell'idrogeno a 15°C e 350 Bar abbiamo 24,023 kg/m<sup>3</sup> <sup>1</sup>

Da cui la carica completa di un autobus corrisponde a circa:

- 1,56 m<sup>3</sup> x 24,023 kg/m<sup>3</sup> = 37,47 kg H<sub>2</sub>

Considerando poi un consumo medio di 10,5 kg/100 Km di un autobus tipo Solaris Urbino 12 hydrogen, si ottiene un'autonomia massima di circa 356,9 km.

Considerando l'applicazione, nel comune di San Giovanni di Persiceto (BO) si stima che un autobus urbano sia esercito per circa 13 ore, dalle ore 7:00 alle ore 20:00.

Considerando poi la velocità media di un autobus pubblico, pari a 20.7 km/h<sup>2</sup> si ottiene una percorrenza pari a circa 269 km/gg

- Percorrenza media 269 km/gg < Percorrenza massima pari a circa 356,9 km/gg
- Consumo medio 25 kg H<sub>2</sub>/gg < Capacità serbatoio 37,47 kg H<sub>2</sub>

I dati sopra riportati, in base dalle informazioni ricevute dai fornitori, sono coerenti con l'esperienza relativa al distributore di Bolzano in cui attualmente sono attivi n°5 autobus ad idrogeno.

Partendo pertanto da questi starting-point il distributore prevede di avere una capacità produttiva giornaliera pari a:

- 25 kg H<sub>2</sub> x 4 = 100 kg H<sub>2</sub> / gg

La produzione di idrogeno prevista dall'impianto di elettrolisi in progetto sarà quindi di 85 Nm<sup>3</sup>/h, pari a circa 60 kg/giorno da produrre in circa 8 ore di funzionamento dell'elettrolizzatore che avrà pertanto una produttività massima di circa 7,5 kg/h.

---

<sup>1</sup> Fonte NIST - <https://webbook.nist.gov/chemistry/fluid/>

<sup>2</sup> Fonte Elaborazione del Centro Ricerche Continental Autocarro basato su dati Istat. Il dato di 20.7 km/h si riferisce alla regione Emilia Romagna

Il progetto prevede inoltre la realizzazione di una sola colonna di rifornimento destinata agli autobus di trasporto urbano, con la possibilità eventuale in un futuro prossimo di aggiungerne una adiacente per il rifornimento di auto private.

### 6.4.1. Principio di funzionamento del processo

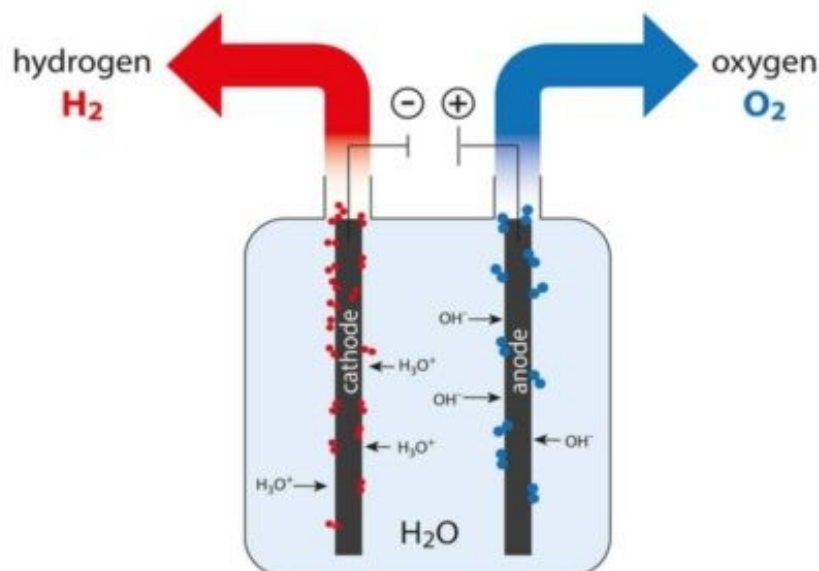
L'elettrolisi è un'opzione promettente per la produzione di idrogeno da risorse rinnovabili. Nella cella elettrolitica l'elettrodo collegato al polo negativo del generatore viene denominato catodo mentre l'elettrodo collegato al polo positivo viene denominato anodo.

Quando i due elettrodi, collegati ai poli del generatore, sono immersi nella soluzione, in questa si verifica una doppia migrazione degli ioni presenti nell'elettrolita: gli ioni positivi, i cationi, vengono attratti dall'elettrodo negativo ovvero dal catodo dove acquistano elettroni riducendosi mentre gli ioni negativi, gli anioni, vengono attratti dal polo positivo, l'anodo dove cedono elettroni ossidandosi.

L'elettrolisi dell'acqua è in grado di produrre idrogeno e ossigeno secondo la seguente reazione:



Per eseguire l'elettrolisi dell'acqua pura si deve tenere conto che essa è un cattivo conduttore e ciò rende impossibile qualunque processo elettrolitico. Per aumentare la conducibilità dell'acqua la reazione avviene in soluzione elettrolitica. Tra differenti tipi di elettroliti, quelli alcalini funzionano mediante il trasporto di ioni idrossidi attraverso l'elettrolita dal catodo all'anodo, con l'idrogeno che viene generato sul lato del catodo. Nella figura seguente si riporta uno schema esemplificativo del funzionamento di una cella elettrolitica.



**Figura 11.** Schema di una cella elettrolitica

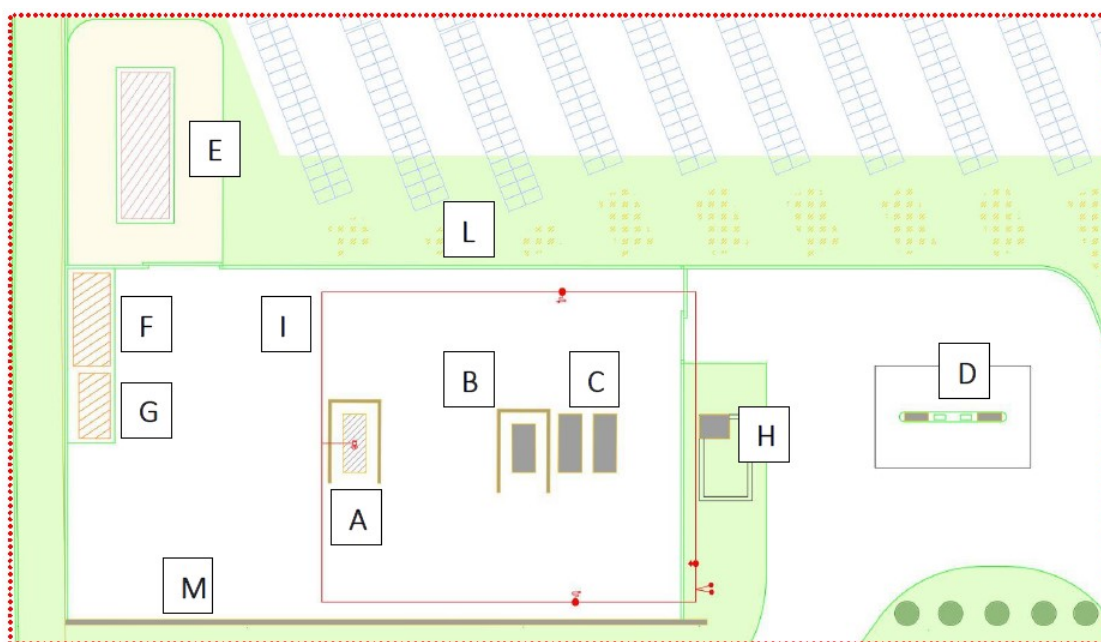
## 6.4.2. Impianto di produzione

L'impianto di produzione idrogeno sarà composto complessivamente da:

- Elettrolizzatore e sistema di purificazione dell'idrogeno;
- Sistema di controllo della temperatura (cooling unit esterna);
- Controllore di tipo PLC;
- Sistema di Purificazione dell'acqua (osmosi inversa);
- Impianto produzione azoto (utilizzato essenzialmente per operazioni di spiazzamento linee).

Il tutto sarà installato in 2 container da 20' cad. adiacenti in grado di ospitare tutto l'impianto di produzione (elettrolisi e purificazione idrogeno), relativa unità di potenza e gli ausiliari di processo (controllore PLC, impianto osmosi inversa e impianto produzione azoto), fatta eccezione per la cooling unit che sarà installata esternamente al container.

Di seguito si riporta un lay out della zona di produzione, rimandando allo specifico elaborato grafico per i dettagli.



### Legenda

A	Unità di stoccaggio
B	Compressore
C	Unità di produzione
D	Unità di erogazione
E	Cabina e-distribuzione
F	Cabina e-distribuzione
G	Cabina di alimentazione
H	Locale antincendio e riserva idrica interrata
I	Rete idranti
L	Recinzione area elementi pericolosi
M	Muro in c.a.

Tutte le apparecchiature saranno fornite di certificazione di conformità alle seguenti norme (dove applicabili):

- 2004/30/UE Compatibilità elettromagnetica
- 2006/42/CE Direttiva macchine
- EN60204-1 Sicurezza dell'equipaggiamento elettrico
- 2014/68/EU Direttiva PED
- 2014/34/UE Direttiva Atex

### **Elettrolizzatore**

L'elettrolizzatore costituirà il cuore dell'impianto, con la funzione di produrre idrogeno verde per elettrolisi appunto. L'energia elettrica utilizzata per il processo di elettrolisi sarà fornita infatti dall'adiacente impianto fotovoltaico, con cui l'impianto di produzione idrogeno è da considerarsi tecnicamente connesso.

L'elettrolizzatore sarà fornito con integrazione di sistemi di gestione dell'energia, adatto a trattare l'energia derivata dal campo fotovoltaico.

Il sistema è progettato per massimizzare l'automaticità delle operazioni e con una logica "failsafe", basandosi su due unità principali: quella di processo e l'unità di potenza. L'unità di processo contiene tutte le apparecchiature, le tubazioni, connessioni e la strumentazione necessarie per eseguire il processo di elettrolisi. Il sistema di monitoraggio e controllo, basato su un controllore logico programmabile (PLC), è integrato con l'unità di potenza.



**Figura 12.** Immagine dimostrativa dell'elettrolizzatore proposto con Unità di potenza

L'idrogeno e l'ossigeno sono prodotti all'interno della cella elettrolitica e sono mantenuti separati, in modo assolutamente sicuro, da speciali membrane impermeabili ai gas. I due gas sono convogliati attraverso due diversi condotti, rispettivamente l'idrogeno ai separatori di condensa dall'acqua dove è deumidificati e raffreddato, e successivamente al sistema di compressione pronto per essere utilizzato, l'ossigeno convogliato all'esterno in atmosfera (a perdere).

Di seguito vengono descritti i diversi componenti che costituiscono il sistema.

#### *Celle elettrolitiche*

Le celle costituiscono il cuore del processo. Tale sistema è composto da celle elettrolitiche bipolari poste in serie operanti sotto pressione. L'idrogeno e l'ossigeno sono prodotti nelle celle dall'azione di una corrente continua (DC), che scinde l'acqua secondo la seguente reazione di idrolisi sopra riportata.

L'elettrolita alcalino utilizzato nelle celle è una soluzione di idrossido di sodio, contenuta direttamente all'interno delle celle. L'elettrolizzatore in esame contiene complessivamente circa 400 litri di soluzione elettrolitica. Tale soluzione permette la migliore dissociazione dell'acqua negli ioni  $H^+$  e  $OH^-$ , non è soggetta a reintegri/sostituzioni, non è quindi prevista la presenza di uno stoccaggio ulteriore di elettrolita (al di là di quello contenuto nelle celle) né una sua manipolazione.

In base al rapporto stechiometrico dei prodotti si evince che il volume di idrogeno generato sarà il doppio di quello dell'ossigeno.

La scissione dell'acqua richiede un consumo elettrico teorico di circa 3,55 kWh/Nm<sup>3</sup> di idrogeno, che è fornito dal flusso di corrente continua, con un consumo reale effettivo di circa 4,8 kWh per ogni Nm<sup>3</sup>/h prodotto.

L'idrogeno e l'ossigeno generati fluiscono nei serbatoi separatori assieme all'acqua, nei quali la fase gassosa si separa dalla fase liquida, che viene così reintegrata nel sistema costituendo un circuito chiuso.

I due gas vengono poi filtrati passando attraverso filtri separatori per la rimozione dell'umidità, prima di essere rilasciati dall'unità.

La soluzione in progetto prevede il sistema di Generatori di H<sub>2</sub> della ErreDue mod. G128, costituito da n.2 unità di elettrolisi combinate (si tratta di sistemi modulari abbinati) con le seguenti caratteristiche:



**Figura 13.** Rappresentazione Sistema modulare G128

Mercury System	G128
Dimensioni / Dimensions mm	N2x1700x2600x2400
Peso / Weight kg	7600
Produzione idrogeno mc/h Hydrogen production mc/h	85,3
Produzione ossigeno mc/h Oxygen production mc/h	42,6
Pressione idrogeno e ossigeno Hydrogen and oxygen pressure Mod. STD/MP/HP bar(g)	*5/12/30
Purezza idrogeno Hydrogen purity %	99,5%
Residuo ossigeno versione D % Oxygen residue (model D) %	fino a/up to 5 ppm
Punto di rugiada versione D Dew Point (model D)	fino a/up to -70 °C
Purezza ossigeno / Oxygen purity %	99%
Punto di rugiada STD / Dew point °C	** -10/-20/-30
Alimentazione elettrica / Power supply	3x400Vac+N - 50/60Hz
Potenza installata / Power consumption Kwh	456
Consumo acqua demi alla massima potenza litri/h Demineralized water consumption at the maximum power liters/h	72

**Figura 14.** Dati tecnici del generatore di Idrogeno "Elettrolizzatore Mercury G128 "

L'elettrolizzatore sarà posto all'interno di un container plug&play da 20 piedi come già detto in precedenza. Il Mercury System è dotato della sezione di produzione H2 mediante celle elettrolitiche e sistema di purificazione, di seguito descritto.

## *Sezione Purificazione dell'idrogeno*

Per ottenere un'elevata purezza dell'idrogeno, con contenuti di acqua e ossigeno nell'ordine del PPM, il gas deve essere purificato in una sezione apposita del processo.

La sezione di purificazione è composta essenzialmente da filtri per la rimozione del contenuto di O<sub>2</sub> e per la rimozione dell'acqua (umidità). Si sta parlando tuttavia di piccole percentuali di O<sub>2</sub> e umidità nel flusso di uscita del gas, da eliminare per garantire l'elevata purezza dell'H<sub>2</sub> prodotto (99,5%).

In particolare:

- N.1 filtro "deoxy" contenente catalizzatore per la riduzione del contenuto di O<sub>2</sub>; si tratta di far passare il flusso di gas prodotto attraverso un filtro con catalizzatore a metalli preziosi, utilizzato per rimuovere l'ossigeno dai flussi contenenti idrogeno, favorendo la reazione di conversione dell'O<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O (l'O<sub>2</sub> viene fatto reagire con piccola frazione stechiometrica di H<sub>2</sub>). Preliminarmente il gas è riscaldato elettricamente per favorire ulteriormente la reazione di conversione dell'O<sub>2</sub>;
- N.2 filtri di essiccazione (adsorbitori), contenenti allumina per la riduzione del contenuto di H<sub>2</sub>O: il flusso di gas in uscita dal sistema di deossigenazione passa poi da un letto di allumina che elimina l'umidità in eccesso; il sistema ha due adsorbitori che funzionano in parallelo, alternativamente, uno attivo e l'altro in rigenerazione; la rigenerazione è eseguita mediante riscaldamento (processo TSA); nel processo TSA il materiale è rigenerato a temperature più elevate rispetto a quelle comunemente utilizzate nella fase di adsorbimento, e comunque sia compatibili con il materiale stesso. Il riscaldamento avviene mediante serpentine di riscaldamento direttamente immerse nel letto. Successivamente, parte dell'azoto prodotto dal generatore di azoto (di seguito descritto) viene fatta passare attraverso il letto di allumina, con il doppio scopo di trascinare via l'umidità e raffreddare il filtro. Il raffreddamento comporta la condensazione dell'umidità residua che viene rimossa da un filtro coalescente a valle dell'essiccazione; il condensato viene reinviato in testa al processo di elettrolisi.

## *Sistema di controllo a servizio Elettrolizzatore*

L'unità di elettrolisi utilizza un controllore logico programmabile (PLC) per gestire il processo. Il controllore, presente all'interno del container di elettrolisi, permette di gestire l'impianto senza l'intervento di un operatore, a parte l'accensione o lo spegnimento, o di essere informati di eventuali sorgenti di allarme.

Il controllore è programmato per correggere e monitorare i parametri di processo al fine di mantenere le fasi del sistema sicure ed efficienti.

Le condizioni di lavoro in termini di temperatura, pressione e livello del liquido, sono fornite al controllore per mezzo di specifici strumenti di misura integrati nel sistema di elettrolisi, che poi genera segnali in uscita diretti agli specifici dispositivi di controllo. In caso di condizioni di processo anomale, il controller interromperà la produzione di gas e attiverà i relativi allarmi.



In tali condizioni, i gas vengono automaticamente rimossi mediante iniezione di gas inerte (azoto) prodotto e stoccato in apposito serbatoio nel container "ausiliari" come meglio descritto in seguito. La gestione dell'intero sistema di monitoraggio e di controllo remoto è affidata ad un software presente su PC dedicato.

#### *Fornitura di energia elettrica e controllo*

Il tasso di produzione di idrogeno è proporzionale al flusso in corrente continua che attraversa lo stack. Questo può essere impostato e regolato in un intervallo compreso tra il 20% e il 100% della capacità di elettrolisi. La tensione di stack, che è correlata all'efficienza della cella, è uno dei parametri visualizzati su un pannello di controllo, insieme ai dati del flusso di corrente.

#### *Analisi dei gas prodotti*

La purezza dell'idrogeno e dell'ossigeno viene monitorata tramite analizzatori dedicati. Sono presenti allarmi che si attivano quando la composizione del gas (% di ossigeno nell'idrogeno e % di idrogeno nell'ossigeno) raggiunge il livello di soglia definito in funzione del limite di esplosività al fine di garantire la sicurezza intrinseca del sistema e mantenersi al di sotto dei livelli limite di esplosività.

#### *Sistemi di sicurezza*

Gli elettrolizzatori sono progettati con una considerazione prioritaria in termini di sicurezza dell'operatore e del sistema. Il sistema si trova in un contenitore o skid costituito da due camere/aree separate, una in cui è presente l'unità di processo e una in cui è presente l'unità di potenza. Una doppia parete, con doppi passacavi, separa le due stanze.

La camera di processo è sottoposta a ventilazione forzata per eliminare ogni possibile traccia di idrogeno. I componenti della parte elettrica sono selezionati in relazione alle prescrizioni di sicurezza già descritte, seguendo le relative regolamentazioni tecniche.

#### **Generatore di Azoto**

Come anticipato, una sezione di impianto ausiliaria alla produzione di idrogeno comprende un generatore di azoto, gas inerte utile per la rigenerazione degli adsorbitori ad allumina (sezione purificazione H<sub>2</sub>) e per il flussaggio di linee/tubazioni dell'elettrolizzatore in caso di emergenza.

Il generatore d'azoto previsto è il mod. NGP 8-100 di Atlas Copco, generatore di ultima generazione che garantisce elevate prestazioni utilizzando la tecnologia PSA (Pressure Swing Adsorption). Il generatore viene fornito completo di tutti gli ausiliari necessari per un funzionamento sicuro e non presenziato. Semplicità ed economicità d'installazione sono raggiunte attraverso il pre-assemblaggio di tutti i componenti su di un basamento comune, che necessita di essere solo posizionato su una superficie piana idonea a sostenerne il peso statico. Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche principali del generatore di azoto.



Produzione azoto max	5 Nm <sup>3</sup> /h
Pressione richiesta	6- 10 bar
Tenore residuo di ossigeno	≤ 0,5 %



**Figura 15.** Rappresentazione Generatore di azoto mod. NGP 8-100

Il sistema di produzione azoto comprende, oltre al generatore

- n° 1 compressore aria
- n° 1 serbatoio aria compressa da 270 litri
- n° 1 serbatoio azoto da 270 litri

L'impianto è inoltre dotato di sistema di monitoraggio aria compressa composto da:

- n° 1 sensore di temperatura,
- n° 1 sensore di pressione
- n° 1 igrometro.

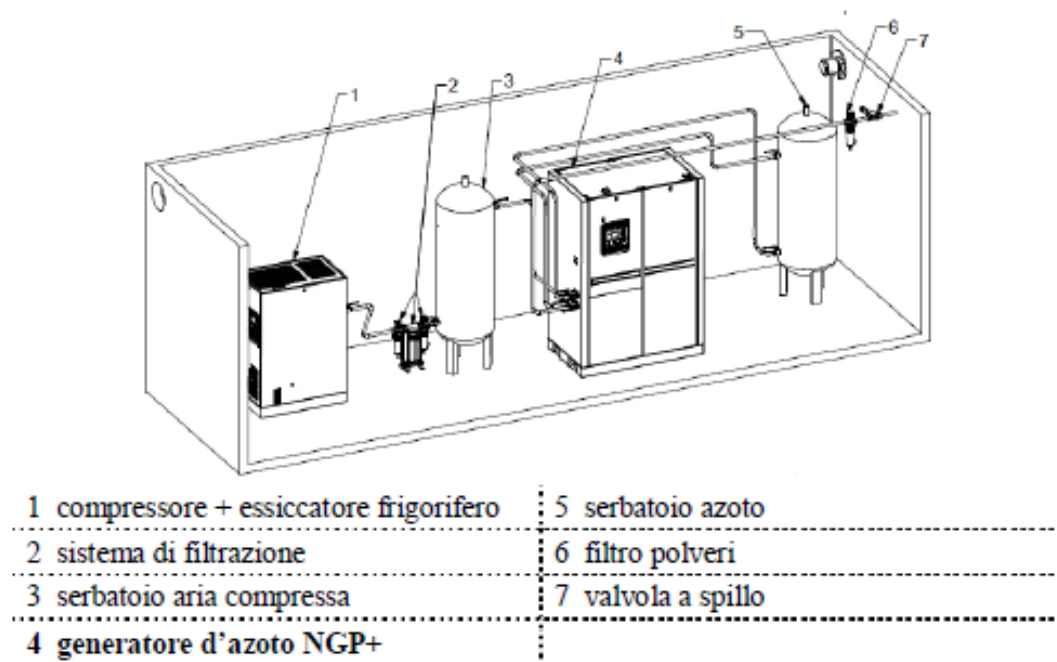
Il circuito dell'azoto comprende:

- valvole di non ritorno;
- valvola di minima pressione;
- misuratore di portata azoto;
- riduttore di pressione azoto;

Il generatore è dotato di sensori di temperatura, pressione e di purezza per il controllo e il monitoraggio dei parametri critici della macchina, il tutto gestito dal controllore MK5 con display da 3,5".

Il Sistema di controllo e regolazione è di tipo a microprocessore progettato e realizzato per la gestione ottimale delle centrali di compressione aria. Il pannello MKVg da 3,5" svolge le funzioni di controllo e regolazione, protezione e monitoraggio di tutte le operazioni dell'unità.

Di seguito è riportato un esempio schematico di come sono allocate le apparecchiature all'interno del cabinato.



**Figura 16.** Configurazione tipica del container "generatore di azoto" (immagine esemplificativa, non in scala)

## **Fornitura dell'acqua**

L'acqua necessaria all'elettrolisi viene prelevata direttamente dall'acquedotto, per poi essere sottoposta ad un trattamento di purificazione ad osmosi prima dell'invio ai serbatoi di servizio direttamente a bordo macchina. L'acqua osmotizzata viene trasferita quindi nel sistema elettrolitico, quando richiesto dal processo stesso. Dato l'elevato grado di purezza necessario all'impianto di elettrolisi non sono stati valutati metodi alternativi di approvvigionamento idrico (ad esempio da pozzo o da canale) poiché avrebbero comportato un sistema di trattamento più complesso e dispendioso in termini energetici. L'eventuale costruzione di una rete di approvvigionamento idrica alternativa inoltre avrebbe comportato un intervento permanente sul suolo. Essendo già previsto un allaccio alla rete dell'acquedotto, per assolvere agli usi civili dell'Hub di ricerca, è stato ritenuto meno impattante il prelievo idrico per alimentare l'elettrolisi visto anche il carico esiguo di acqua necessaria.

## **Impianto Osmosi inversa**

Come detto, l'acqua di processo deve essere trattata per garantire l'adeguata purezza prima dell'ingresso all'elettrolizzatore. A tal fine, è prevista l'installazione di un piccolo impianto ad osmosi inversa, comprensivo di serbatoio di stoccaggio acqua da 200 litri.

Di seguito le caratteristiche dell'impianto di osmosi.



DESCRIZIONE	DESCRIPTION	RO80
Permeato $\pm 10\%$ (T=20°C)	Permeate $\pm 10\%$ (T = 20°C)	80 l/h
Reiezione salina finale	Final salt rejection	$\geq 95\%$
Recupero massimo con acqua addolcita	Maximum recovery with softened water	45 (%)
TDS	TDS	$\leq 1000$ ppm
SDI	SDI	$\leq 3$
Torbidità	Turbidity	1 NTU max
Durezza	Hardness	$\leq 1$ °f
Cloro libero in ingresso	Free chlorine in	$\leq 0,2$ mg/l
Carica batterica	Bacteria	assente / absent

**Figura 17.** Caratteristiche tecniche impianto osmosi

L'impianto osmosi è costituito da:

### Sezione di pretrattamento

Composta da un gruppo di filtrazione singolo DP da 10": cartuccia carbon block CB EC con grado di filtrazione pari a 5 micron.

### Sezione di pressurizzazione

Costituita da una elettropompa periferica rotativa in ottone munita di by-pass.

### Sezione di permeazione

Composta da permeatori ad osmosi inversa ad alta produttività e a basso consumo energetico (low energy). Le membrane sono racchiuse in vessels in PRFV in grado di sopportare pressioni di esercizio fino a 21 bar (2 membrane in 2 vessels)

### Tubazioni

Tubazioni di alimentazione, alta pressione e scarico realizzate in PVC PN16; tubazione di permeato in materiale idoneo resistente a pressioni fino a 10 bar.

### Sezione di comando e controllo idraulico

- Manometro pressione dopo il filtro 5 micron, pressione di alimentazione alle membrane
- Indicatore visivo di portata permeato, concentrato
- Regolatori di portata per scarico, ricircolo e flussaggio
- Pressostato di protezione con blocco impianto per bassa pressione acqua di alimento
- Pressostato di protezione con blocco impianto per alta pressione alimentazione permeatori
- Elettrovalvola a membrana per la gestione dell'alimentazione dell'impianto
- Elettrovalvole a membrana per la gestione del flussaggio dei moduli
- Sonda di conducibilità per il permeato

### Telaio di contenimento

Costruito in profilato di acciaio inossidabile AISI 304 completo di staffe, collari per fissaggio di vessel e tubazioni, valvole e raccordi di collegamento, derivazioni per i vari utilizzi, quadro elettrico di comando.

### **Cooling Unit**

La reazione di produzione idrogeno nelle celle elettrolitiche avviene a temperature di esercizio comprese fra 60 e 70 °C e per mantenere la temperatura nel range operativo dell'elettrolizzatore e smaltire il calore in eccesso, lo stesso elettrolizzatore è dotato di un sistema di raffreddamento costituito da un circuito con fluido refrigerante (soluzione acqua – glicol-etilenico) che sarà accoppiato con un air cooler installato esternamente all'unità containerizzata. Lo scambiatore di calore, del tipo aria-liquido, avrà una potenza termica di 150 kW.

Modello	Type	EAV6F (2.1 mm)	7311		7312		7321		7322		7331		7332		7341	
Potenza	Capacity	kW (ΔT 15K)	50,4	42,5	56,4	45	100,8	85	112,8	91	151,2	127,5	169,2	135	201,6	170
Portata d'aria	Air quantity	m³/h	13400	10000	12600	9200	26800	20000	25200	18400	40200	30000	37800	27600	53600	40000
Assorbimento motori	4P	W	1900	1330	1900	1330	3800	2660	3800	2660	5700	3990	5700	3990	7600	5320
Motor power consumption		A	3,5	2,2	3,5	2,2	7	4,4	7	4,4	10,5	6,6	10,5	6,6	14	8,8
Livello pressione sonora	Sound pressure level	dB (A) (total)	57	49	57	49	60	52	60	52	61	53	61	53	62	54
Attacchi	Connections	Ø mm	28/28		35/28		42/35		42/35		54/42		54/42		64/54	
Circuiti	Circuits	n°	12		16		20		27		30		40		60	
DATI COMUNI / COMMON DATA																
Elettroventilatori		Ø 630 mm x n°	1 o		1 o		2 oo		2 oo		3 000		3 000		4 0000	
Fans		Collegamento	Connection		Δ	Λ	Δ	Λ	Δ	Λ	Δ	Λ	Δ	Λ	Δ	Λ
Superficie esterna	External surface	m²	68,6		91,5		137,2		183,0		205,8		274,5		274,4	
Superficie interna	Internal surface	m²	9,0		12,0		18,1		24,0		27,1		36,0		36,1	
Volume circuito	Circuit volume	dm³	12		16		23		30		34		45		44	
Peso	Weight	kg (H)	138		148		215		235		295		325		387	

**Figura 18.** Cooling unit caratteristiche tecniche

### 6.4.3. Compressione

A valle della produzione dell'idrogeno, lo stesso sarà inviato all'unità di compressione.

Il compressore sarà installato conformemente alla norma EN 1012-3 "Compressori e pompe per vuoto - Requisiti di sicurezza - Parte 3: Compressori di processo" e sarà inserito in un container da 20 piedi alloggiato in apposito **box** costituito da pareti in c.a. e dotato aerazione sulle porte.

Come detto in precedenza, visto l'utilizzo finale previsto dell'idrogeno (autotrazione bus), la pressione finale di utilizzo dovrà raggiungere i 350 bar. Per questo è necessario prevedere una stazione di compressione fino a 450 bar.



**Figura 19.** Configurazione tipica del container "compressione"(immagine esemplificativa)

Il sistema di compressione previsto è costituito da un booster alternativo a pistoni per idrogeno con trasmissione idraulica. La trasmissione idraulica permette di eliminare volani, alberi a gomito, teste a croce e rende possibile interrompere l'erogazione del gas istantaneamente mentre il motore continua a girare in folle per riprenderla in qualsiasi momento senza alcuna necessità di sfiatare il compressore.

I componenti principali del compressore sono un cilindro idraulico e due cilindri gas. Un'asta in acciaio collega il pistone dell'olio con i due pistoni gas. La pressione dell'olio sul pistone dell'olio muove l'asta e il gas viene compresso nei cilindri appositi. L'unica parte mobile è l'asta. Con questa semplice costruzione orizzontale tutte le forze sono nella stessa direzione e sono bilanciate dall'olio idraulico.

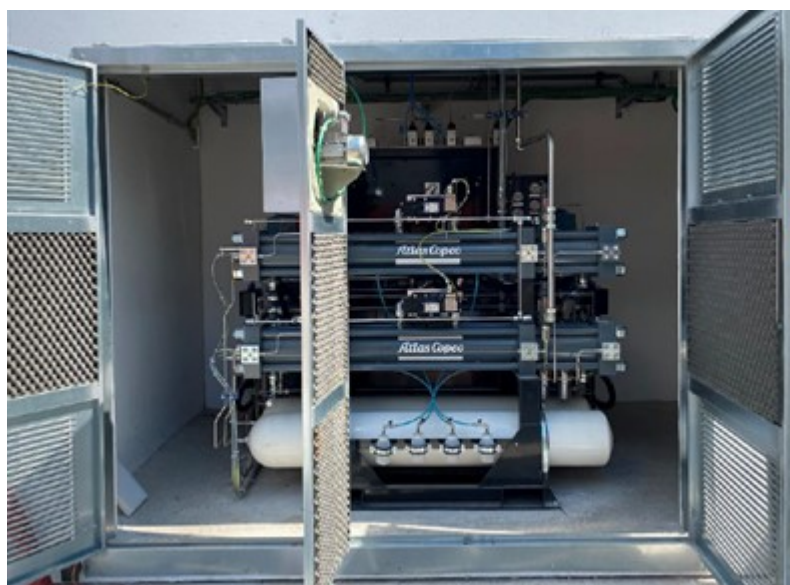
Il pistone del compressore nel suo moto alternativo lavora a una velocità molto inferiore rispetto a quella di altre tipologie di compressori; questo riduce l'usura degli organi di tenuta ed aumenta la vita di tutti i componenti in quanto essi sono sottoposti ad un numero inferiore di cicli di lavoro, cioè al massimo 20-40 corse al minuto.

Tali condizioni di lavoro permettono l'utilizzo di pistoni gas a secco, privi cioè di un sistema di lubrificazione forzata, garantendo quindi anche un livello di purezza dell'idrogeno per mancanza di contaminazioni. I compressori saranno certificati PED e conformi alla normativa ATEX.



**Figura 20.** Esempio sistema di compressione (immagine esemplificativa)

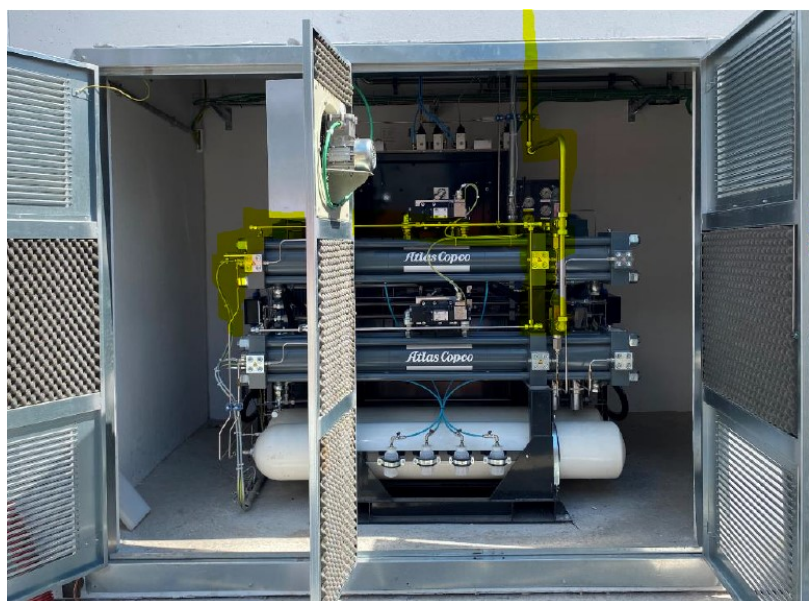
Il sistema di compressione sarà allocato in un cabinato da 20 piedi chiuso e dotato di ventilazione sulle porte come visibile nella figura seguente.



**Figura 21.** Esempio compressore booster a pistonni idraulico per H2 (immagine esemplificativa)



Le eventuali perdite dalle tenute sono collettate attraverso un sistema di convoglio verso lo sfiato di emergenza idrogeno ubicato sul tetto, evidenziato in giallo nella figura sottostante.



**Figura 22.** Sistema di convogliamento sfiati di emergenza



**Figura 23.** Esempio cabinato per sistema di compressione (immagine esemplificativa)

## **Dotazioni dei compressori**

I compressori sono forniti completi di:

- Cilindro di compressione completo di filtro sull'aspirazione, valvole di sicurezza in aspirazione e mandata, valvola di ritegno in mandata, valvole attuate pneumaticamente in aspirazione e mandata per isolare il compressore in caso di emergenza;
- Gruppo di trasmissione idrostatica con motore elettrico Eexde IIC
- Scambiatori di calore gas interfase e di mandata e scambiatore di calore olio
- Pannello di controllo
- Quadro elettrico: per l'alimentazione di potenza del compressore e per realizzare la logica di funzionamento automatico, sarà fornito un quadro elettrico IP55 con PLC e pannello operatore grafico touchscreen. Sarà possibile collegarsi in remoto sia con VNC sia con TCP/IP

L'attrezzatura e la strumentazione dei compressori includono:

- Manometro di aspirazione
- Pressostato di aspirazione
- Manometro di mandata
- Pressostati di mandata (normali e di sicurezza)
- Trasduttori di pressione
- Termostato di massima temperatura olio
- Livello minimo dell'olio
- Valvole di sicurezza

Tutti gli strumenti sono alimentati a sicurezza intrinseca.

Le tubazioni del gas a bordo macchina e le valvole necessarie per l'automazione sono realizzate in acciaio inox. In aspirazione e mandata del compressore saranno presenti valvole attuate pneumaticamente con ritorno a molla per l'isolamento del compressore in caso di emergenza.

Il sistema è idoneo a partire e ad arrestarsi in qualunque condizione di carico restando sotto pressione senza necessità di essere sfiatato ogni volta. In virtù della trasmissione idrostatica a bassa frequenza non sono richieste fondazioni o fissaggi di alcun tipo.

## **Sistema di raffreddamento**

A servizio del sistema di compressione sarà inoltre installato un sistema di raffreddamento a circuito chiuso, a glicole, collegato ad una cooling unit esterna. Il sistema è a circuito chiuso, non sono previsti rabbocchi della soluzione, salvo per le eventuali operazioni di manutenzione programmata che prevedono la sostituzione della soluzione glicolata ogni 8000 h di funzionamento circa.

Le cooling unit saranno installate all'aperto in zona sicura.



Il sistema di raffreddamento garantisce il raffreddamento del compressore e del gas interstadio e in mandata agli erogatori, e comprende:

- pannello radiatore di adeguata superficie con ventilatore, in grado di fornire una potenza di raffreddamento di 45 kW
- pompa di ricircolo di adeguata portata per la circolazione del glicole nel compressore e nel radiatore

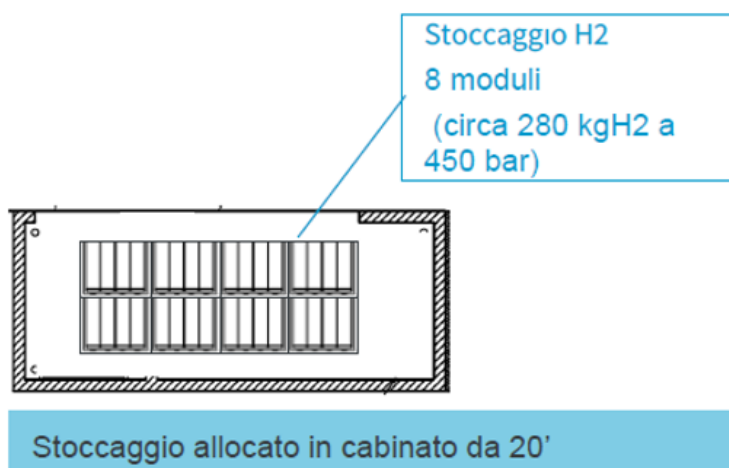
Modello	Type	EAV6F (2.1 mm)	7311		7312		7321		7322		7331		7332		7341	
Potenza	Capacity	kW (ΔT 15K)	50,4	42,1	56,4	45	100,8	85	112,8	90	151,2	127,5	169,2	135	201,6	170
Portata d'aria	Air quantity	m³/h	13400	10000	12600	9200	26800	20000	25200	18400	40200	30000	37800	27600	53600	40000
Assorbimento motori	4P	W	1900	1330	1900	1330	3800	2660	3800	2660	5700	3990	5700	3990	7600	5320
Motor power consumption		A	3,5	2,2	3,5	2,2	7	4,4	7	4,4	10,5	6,6	10,5	6,6	14	8,8
Livello pressione sonora	Sound pressure level	dB (A) (total)	57	49	57	49	60	52	60	52	61	53	61	53	62	54
Attacchi	Connections	Ø mm <small>Entrata-uscita Inlet-outlet</small>	28/28		35/28		42/35		42/35		54/42		54/42		64/54	
Circuiti	Circuits	n°	12		16		20		27		30		40		60	
DATI COMUNI / COMMON DATA																
Elettroventilatori	Fans	Ø 630 mm x n°	1 o		1 o		2 oo		2 oo		3 000		3 000		4 0000	
		Collegamento	Connection	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
Superficie esterna	External surface	m²	68,6		91,5		137,2		183,0		205,8		274,5		274,4	
Superficie interna	Internal surface	m²	9,0		12,0		18,1		24,0		27,1		36,0		36,1	
Volume circuito	Circuit volume	dm³	12		16		23		30		34		45		44	
Peso	Weight	kg (H)	138		148		215		235		295		325		387	

Figura 24. Cooling unit compressore caratteristiche tecniche

#### 6.4.4. Stoccaggio idrogeno

L'idrogeno compresso sarà immagazzinato in apposito sistema di stoccaggio, costituito da 8 moduli allocati in cabinato da 20'.

La pressione di stoccaggio è di 450 bar, i moduli possono contenere fino a 280 kg di H<sub>2</sub> complessivamente.



#### 6.4.5. Manutenzione delle apparecchiature

Le apparecchiature, che costituiscono l'impianto di produzione di idrogeno, necessiteranno di manutenzione periodica in base al numero di ore di funzionamento. Per la manutenzione ordinaria si prevedono in generale 2 interventi all'anno.

Il compressore ad azionamento idraulico deve essere monitorato con semplice visita ispettiva ogni 2000 ore di funzionamento, mentre il controllo sfiati deve essere effettuato più frequentemente (ogni 500 ore circa).

Dopo circa 5000 ore di funzionamento è necessaria la sostituzione delle tenute di olio e gas.

Inoltre, le componenti soggette a maggior frequenza di manutenzione sono le Membrane ed i filtri come riportato nella tabella di seguito.

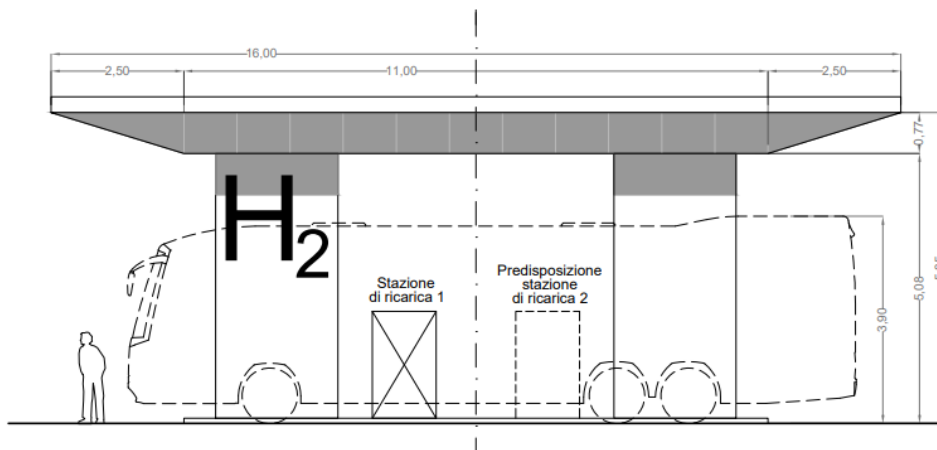
	EVERY 2.000 HOURS		EVERY 4.000 HOURS		EVERY 8.000 HOURS		EVERY 16.000 HOURS	
	CHECK	REPLAC.	CHECK	REPLAC.	CHECK	REPLAC.	CHECK	REPLAC.
BALANCING MEMBRANES		X						
ELECTROLYTIC SOLUTION- CHI004 (400Lt)	X							
CLEANING SENSOR LEVELS (LS01-LS02-LS03-LS04)	X							
CLEANING/REPL. DISCHARGE ELECTRO-PNEUM-VALVES (XV02-XV02A-XV03)	X					X only O <sub>2</sub>		
CLEANING NOZZLES POST ELECTRO-PNEUM-VALVES (XV02-XV02A-XV03-ALL)	X							
SINTERED FILTERS DEOXY & CARBON (FF9-FF15)			X			X		
SINTERED FILTERS DRYING TOWERS (FF5-FF6-FF7-FF8)					X			X
ACTIVE CARBON					X			X
CELL - PACKING DISC SPRINGS			X					
NO - LEAKAGE INSPECTION	X							

**Figura 25.** Tabella della frequenza delle attività di manutenzione ordinaria Elettrolizzatore

Come evidenziato in tabella non è previsto un ricambio della soluzione elettrolitica, ma solamente un controllo ogni 2000 ore di funzionamento.

## 6.4.6. Impianto distribuzione

Il distributore avrà la configurazione tipica di un classico distributore stradale, con impianto di erogazione installato sotto copertura. Al momento è prevista la realizzazione di un'unica unità di erogazione, con predisposizione per un'eventuale seconda unità.



L'erogatore comprende

- le valvole di rifornimento (valvola principale e rampa regolatore)
- il misuratore di pressione e temperatura
- il flussometro
- giunto a rottura
- Tubo di rifornimento ad alta pressione
- Raccordo di riempimento
- Schermo ed unità di controllo



Caratteristiche tecniche erogatore

N. unità di erogazione	1
Tempo medio per singolo rifornimento	15 min
Quantità di carica	25 kg H <sub>2</sub>
Pressione di carica	350 bar

## ***Funzionamento impianto produzione***

Il funzionamento dell'elettrolizzatore per la produzione di idrogeno è legato a diversi fattori, i principali dei quali sono:

- Irraggiamento solare
- Stoccaggio
- Consumatori

Mediante il periodo di funzionamento del generatore di idrogeno è calcolato in 7/8 ore/giorno per un totale di 7 giorni a settimana.

Durante il periodo invernale questo valore è limitato dal numero massimo di ore di irraggiamento solare (es. nel mese di dicembre circa 8 ore). Durante il periodo estivo le ore di funzionamento sono limitate dalla dimensione dell'accumulo, il quale una volta raggiunto la piena capacità, non permette il funzionamento del generatore di idrogeno.

L'impianto di produzione e distribuzione idrogeno sarà gestito da un addetto.

L'elevata automazione dell'impianto di produzione ed il numero comunque ridotto di rifornimenti giornalieri previsti permette di ritenere sufficiente la presenza di un unico operatore di impianto che avrà le seguenti mansioni.

- Gestione del distributore
- Eseguire i rifornimenti di H<sub>2</sub> (necessario specifico training)
- Gestione HUB

## **6.5. Impianto fotovoltaico**

L'impianto fotovoltaico oggetto del presente progetto è destinato a produrre energia elettrica; esso sarà collegato alla rete elettrica di distribuzione presso la CP di San Giovanni in Persiceto (BO). L'impianto in progetto produce energia elettrica in BT su più linee in uscita agli inverter di stringa, le linee vengono convogliate verso appositi quadri nei locali di cabina, dove avverrà poi la trasformazione BT/MT.

La linea in MT in uscita dai trasformatori BT/MT di ciascuna cabina verrà, quindi, vettoriata verso la cabina generale di impianto (affiancata alla cabina di consegna dell'ente distributore), dove avverranno le misure e la partenza verso il punto di consegna nella rete di distribuzione, presso la nuova cabina di consegna.

L'impianto fotovoltaico in oggetto avrà una potenza nominale pari a 8,982 MWp, quale risultante dalla somma delle potenze elettriche di n.2 sottocampi di potenza pari a 3,006MWp e 5,976 MWp, pari al prodotto tra il numero totale dei moduli da utilizzare e la potenza nominale del singolo modulo:  $14.970 \text{ moduli} \times 600 \text{ W/modulo} = 8,982 \text{ MWp}$ .

I moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche infisse nel terreno tramite la tecnica del battipalo. Tali strutture saranno collegate all'impianto generale di messa a terra dell'impianto.

L'impianto sarà costituito da n.499 stringhe ciascuna formata da n.30 pannelli collegati in serie.

Il sezionamento e la protezione delle stringhe saranno realizzati mediante quadri elettrici di campo opportunamente accessoriati.

Il gruppo di conversione da corrente continua a corrente alternata dell'energia elettrica prodotta sarà costituito complessivamente da n. 33 inverter di potenza massima pari a 250kVA. A ciascun inverter afferisce una quota-parte del generatore fotovoltaico (circa 15 stringhe).

Gli inverter sono raggruppati assieme tramite due cabine di trasformazione (cabina A e B) opportunamente dislocate all'interno dell'area di proprietà del committente. Ogni cabina ospiterà il quadro di Bassa Tensione di parallelo e misura dell'energia elettrica di ogni sottocampo, il trasformatore innalzatore 0,8/15kV, il quadro MT di distribuzione.

Le "cabine di trasformazione" saranno in muratura e dotate di adeguato impianto di terra. Le cabine sono dislocate all'interno del campo fotovoltaico in maniera da ottimizzare le perdite elettriche sui vari elementi costituenti l'impianto di generazione e trasformazione.

Sarà inoltre presente la cabina di ricezione utente affiancata alla cabina di consegna dell'ente di distribuzione, che conterrà un trasformatore con potenza nominale di 800 kVA.

## **6.5.1. Moduli fotovoltaici**

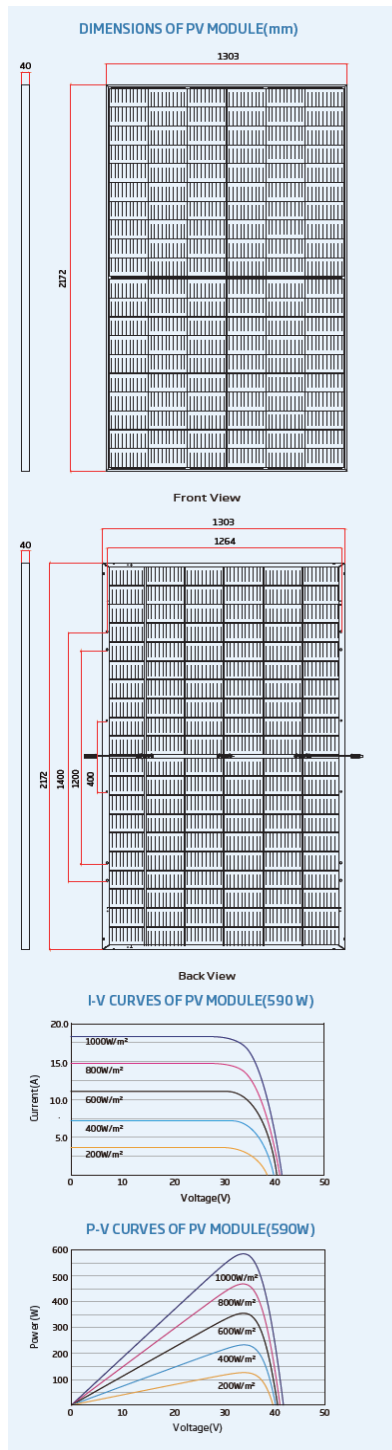
I moduli previsti dal presente progetto sono tutti della medesima tipologia e taglia. Si tratta dei moduli in silicio monocristallino la cui potenza di picco è pari a 600 Wp. Il numero di moduli che compongono una stringa è pari a 30, per cui la tensione della stringa risulta essere variabile dai 1329 V alla temperatura di 0°C fino ai 1141 V alla temperatura di 60°C (temperature limite di progetto).

Di seguito si riportano i principali dati tecnici estratti dai datasheet.

- La connessione fra i moduli avverrà con cavi (in classe di isolamento II) terminati all'interno delle cassette di terminazione dei moduli (grado di protezione IP55);
- I connettori dovranno essere realizzati con materiali resistenti a raggi UV ed in modo tale da garantire, come gli altri componenti dell'impianto, una vita utile di almeno 25 anni;
- I cavi di energia saranno dimensionati in maniera tale da contenere la caduta di tensione entro il valore massimo del 2% e le perdite di potenza entro il massimo dell'1%;
- La corrente massima (portata) ammissibile, per periodi prolungati, di qualsiasi conduttore sarà calcolata in modo tale che la massima temperatura di funzionamento non superi il valore appropriato, per ciascun tipo di isolante, indicato nella Tab. 52D della Norma CEI 64-8/5;
- La discesa dei cavi in percorsi interrati sarà protetta meccanicamente mediante installazione in tubi metallici o plastici con adeguata resistenza.

I cavi saranno interrati in tubi corrugati a doppia parete, interrotti da appositi pozzetti, allo scopo di consentire la sfilabilità dei cavi.

## RELAZIONE GENERALE DI PROGETTO



### ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts- $P_{max}$ (Wp)*	580	585	590	595	600
Power Tolerance- $P_{max}$ (W)	0 ~ +5				
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	17.16	17.21	17.25	17.30	17.34
Open Circuit Voltage- $V_{oc}$ (V)	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7
Short Circuit Current- $I_{sc}$ (A)	18.21	18.26	18.31	18.36	18.42
Module Efficiency $\eta_m$ (%)	20.5	20.7	20.8	21.0	21.2

STC: Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.  
\*Measuring tolerance:  $\pm 3\%$ .

### Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power - $P_{max}$ (Wp)	621	626	631	637	642
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	33.8	34.0	34.2	34.4	34.6
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	18.36	18.41	18.46	18.51	18.55
Open Circuit Voltage- $V_{oc}$ (V)	40.9	41.1	41.3	41.5	41.7
Short Circuit Current- $I_{sc}$ (A)	19.48	19.54	19.59	19.65	19.71
Irradiance ratio (rear/front)	10%				

Power Bifaciality: 70 $\pm$ 5%.

### ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- $P_{max}$ (Wp)	439	443	447	451	454
Maximum Power Voltage- $V_{MPP}$ (V)	31.5	31.7	31.9	32.0	32.2
Maximum Power Current- $I_{MPP}$ (A)	13.93	13.97	14.01	14.06	14.10
Open Circuit Voltage- $V_{oc}$ (V)	38.5	38.7	38.9	39.1	39.3
Short Circuit Current- $I_{sc}$ (A)	14.68	14.72	14.76	14.80	14.84

NOCT: Irradiance at 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

### MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	120 cells
Module Dimensions	2172 $\times$ 1303 $\times$ 40 mm (85.51 $\times$ 51.30 $\times$ 1.57 inches)
Weight	35.3 kg (77.8 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	POE/EVA
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	40mm(1.57 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), Portrait: 280/280 mm(11.02/11.02 inches) Landscape: 2050/2050 mm(80.71/80.71 inches)
Connector	MC4 EV02/ TS4*

\*Please refer to regional datasheet for specified connector.

### TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ )
Temperature Coefficient of $P_{max}$	- 0.34%/°C
Temperature Coefficient of $V_{oc}$	- 0.25%/°C
Temperature Coefficient of $I_{sc}$	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

### WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
2% first year degradation
0.45% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

### MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	35 A

### PACKAGING CONFIGURATION

Modules per 40' container: 448 pieces
---------------------------------------

**Figura 26.** Dati tecnici modulo fotovoltaico

I moduli previsti in progetto sono del tipo "monofacciali", con vetro da 2,0 mm.

Coerentemente con la definizione delle stringhe, le strutture di supporto sono state progettate in modo tale da garantire l'installazione dei moduli appartenenti ad una stringa tutti sulla stessa



struttura, al fine di facilitare le operazioni di installazione e di manutenzione ordinaria. Per i dettagli della struttura di sostegno si rimanda al paragrafo relativo.

### **6.5.2. Cabina di trasformazione**

Gli inverter saranno installati in campo nelle vicinanze delle relative stringhe di pannelli. L'inverter ha la funzione di trasformare l'energia prodotta in corrente continua dai pannelli, in energia in corrente alternata.

L'energia prodotta dagli inverter in corrente alternata sarà "trasportata" tramite appositi cavi in cabina di trasformazione.

I cavi provenienti dagli inverter saranno collegati al quadro generale di bassa tensione di cabina.

Il quadro di bassa tensione a sua volta alimenta il trasformatore innalzatore che ha la funzione di adeguare la tensione al livello della rete di distribuzione in Media Tensione (15kV - MT).

Il trasformatore elevatore sarà a sua volta connesso ad un quadro di Media Tensione che svolge la funzione di protezione ed interfacciamento verso la cabina di consegna dell'ente distributore.

Le cabine saranno realizzate in muratura e saranno dotate di locali separati per le apparecchiature di Media Tensione, Bassa Tensione e Controllo.

Le cabine utente di trasformazione presenti in impianto saranno le seguenti:

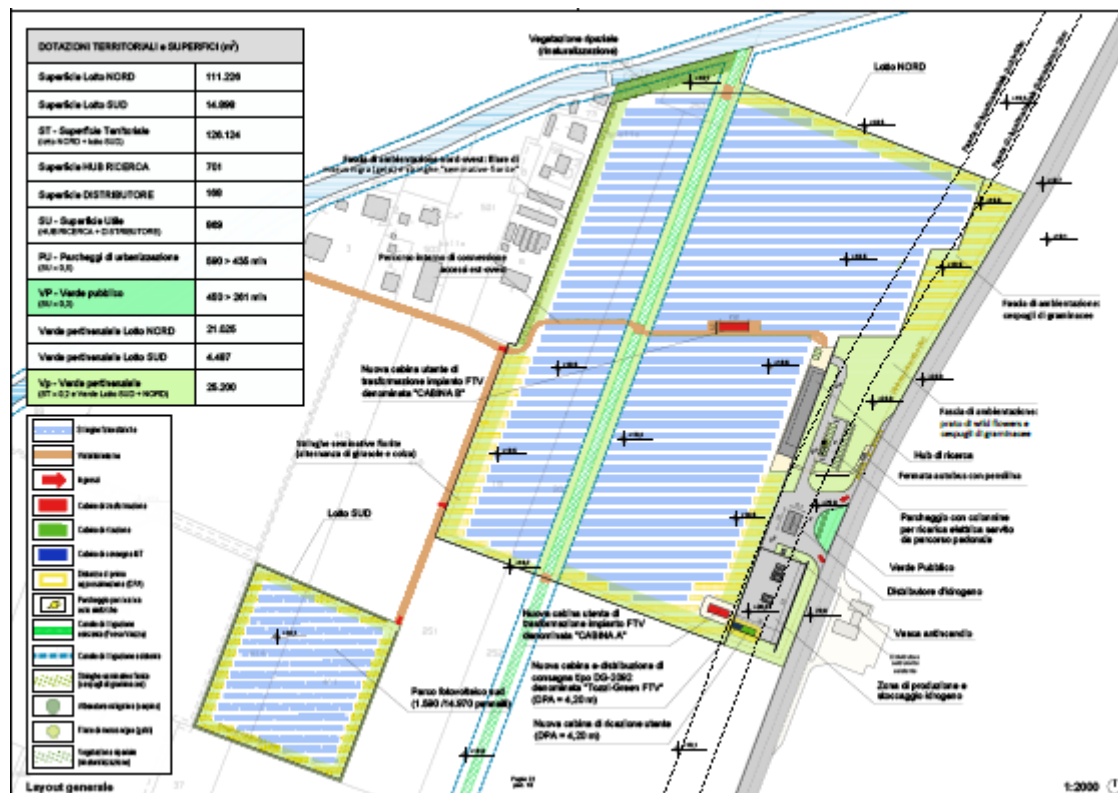
- Cabina A
- Cabina B

Sarà inoltre presente la cabina di ricezione utente affiancata alla cabina di consegna dell'ente di distribuzione, che conterrà un trasformatore con potenza nominale di 800 kVA.

All'interno della cabina A è presente 1 trasformatore da 100kVA 15/0,4kV per gli ausiliari di impianto ed un trasformatore da 3300kVA 15/0.8kV. Nella cabina B sono presenti 2 trasformatori 3300kVA 15/0.8kV.

Tali cabine sono posizionate secondo il layout generale di impianto identificato dai relativi documenti di progetto e riportato nella figura sotto:

## RELAZIONE GENERALE DI PROGETTO



**Figura 27.** Layout generale di impianto

Tutte le apparecchiature all'interno delle cabine saranno posate su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni, ove saranno stati predisposti gli opportuni cavedi e tubazioni per il passaggio dei cavi di potenza e segnale.

Le cabine saranno equipaggiate del relativo impianto elettrico completo di cavi di alimentazione, di illuminazione, di prese elettriche di servizio, dell'impianto di messa a terra adeguatamente dimensionato e quanto necessario al perfetto funzionamento delle apparecchiature. Saranno inoltre presenti le protezioni di sicurezza e il sistema centralizzato di comunicazione con interfacce in rame e fibra ottica.

Tutte le componenti esterne saranno dotate di tutti quegli accorgimenti atti a garantire la massima protezione in condizioni climatiche quale che sia l'ambiente di installazione.

Per una completa accessibilità ai vari comparti, saranno adottati tutti quei provvedimenti in modo che tutti i dispositivi installati siano immediatamente accessibili, rendendo più agevole l'ispezione, la manutenzione e la riparazione.

Le cabine saranno dotate di adeguato sistema di raffreddamento quale aria condizionata per i locali MT, BT e controllo e ventilazione per i locali trasformatori.

## 6.5.3. Inverter

In progetto sono previste n.33 inverter con potenza nominale di 250kVA/cad.

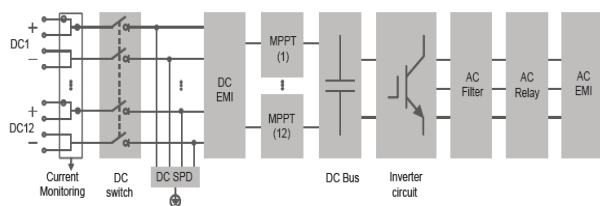


**Figura 28.** Inverter

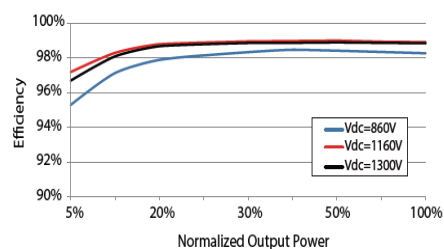
Ciascun inverter è dotato di 12 MPPT per una ottimale conversione dell'energia elettrica.

Di seguito si riportano i dati tecnici.

### CIRCUIT DIAGRAM



### EFFICIENCY CURVE



**Figura 29.** Dati tecnici inverter - 1

## RELAZIONE GENERALE DI PROGETTO

Input (DC)	
Max. PV input voltage	1500 V
Min. PV input voltage / Startup input voltage	500 V / 500 V
Nominal PV input voltage	1160 V
MPP voltage range	500 V – 1500 V
MPP voltage range for nominal power	860 V – 1300 V
No. of independent MPP inputs	12
Max. number of input connector per MPPT	2
Max. PV input current	30 A * 12
Max. DC short-circuit current	50 A * 12
Output (AC)	
AC output power	250 kVA @ 30 °C / 225 kVA @ 40 °C / 200 kVA @ 50 °C
Max. AC output current	180.5 A
Nominal AC voltage	3 / PE, 800 V
AC voltage range	680 – 880V
Nominal grid frequency / Grid frequency range	50 Hz / 45 – 55 Hz, 60 Hz / 55 – 65 Hz
THD	< 3 % (at nominal power)
DC current injection	< 0.5 % In
Power factor at nominal power / Adjustable power factor	> 0.99 / 0.8 leading – 0.8 lagging
Feed-in phases / connection phases	3 / 3
Efficiency	
Max. efficiency	99.0 %
European efficiency	98.8 %
Protection	
DC reverse connection protection	Yes
AC short circuit protection	Yes
Leakage current protection	Yes
Grid monitoring	Yes
Ground fault monitoring	Yes
DC switch	Yes
AC switch	No
PV String current monitoring	Yes
Q at night function	Yes
Anti-PID and PID recovery function	Yes
Overvoltage protection	DC Type II / AC Type II
General Data	
Dimensions (W*H*D)	1051 * 660 * 363 mm
Weight	99kg
Isolation method	Transformerless
Ingress protection rating	IP66
Night power consumption	< 2 W
Operating ambient temperature range	-30 to 60 °C
Allowable relative humidity range (non-condensing)	0 – 100 %
Cooling method	Smart forced air cooling
Max. operating altitude	5000 m (> 4000 m derating)
Display	LED, Bluetooth+App
Communication	RS485 / PLC
DC connection type	MC4-Evo2 (Max. 6 mm <sup>2</sup> , optional 10mm <sup>2</sup> )
AC connection type	OT/DT terminal (Max. 300 mm <sup>2</sup> )
Compliance	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N 4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, EN 50549-1/2, UNE 206007-1:2013, P.O.12.3, UTE C15-712-1:2013
Grid Support	Q at night function, LVRT, HVRT, active & reactive power control and power ramp rate control

**Figura 30.** Dati tecnici inverter – 2

#### **6.5.4. Quadro di parallelo BT**

Presso ciascuna cabina di trasformazione sarà installato un quadro di parallelo in bassa tensione per protezione dell'interconnessione tra gli inverter e il trasformatore elevatore.

Il quadro consentirà il sezionamento delle singole sezioni di impianto afferenti al trasformatore e le necessarie protezioni delle linee elettriche.

Inoltre, sarà collegato a tale quadro il contatore M2 per la contabilizzazione dell'energia prodotta dal relativo sottocampo.

#### **6.5.5. Trasformatore BT/MT**

Nelle cabine di trasformazione saranno installati trasformatori BT/MT ad olio 0,8/15kV di potenza pari a 3300 kVA.

Tutti i trasformatori saranno del tipo ad olio, sigillati ermeticamente, installati su apposita vasca raccolta oli, idonei per l'installazione in interno ed esterno.

I trasformatori avranno una tensione di corto circuito (Vcc) tale da limitare la corrente di corto circuito sul lato BT e conseguentemente sul lato MT come richiesto dalla CEI0-16.

Sarà predisposto un sistema di inserzione temporizzata per i trasformatori in modo da evitare l'inserzione di tutti i trasformatori contemporaneamente e rispettare le prescrizioni della CEI0-16.

#### **6.5.6. Quadri di media tensione**

All'interno della cabina di ricezione utente sarà alloggiato il quadro principale di Media Tensione sul quale di troveranno i dispositivi DG (Dispositivo Generale) e DDI (Dispositivo DI Interfaccia) necessari, secondo CEI0-16, all'interfacciamento dell'impianto utente verso la rete del distributore. Oltre a tali apparecchiature sarà presente la protezione per il trasformatore di alimentazione del generatore di idrogeno, distributore di idrogeno e HUB di ricerca.

All'interno delle cabine di trasformazione del parco fotovoltaico verrà posizionato un quadro di media tensione, composto dai seguenti scomparti:

- n.1 unità di arrivo (sezionatore di linea e sez. di terra);
- n.1 unità di protezione trafo (sezionatore di linea, interruttore e sez. di terra);
- n.1 unità di partenza (sezionatore di linea, interruttore e sez. di terra)
- n.1 unità di protezione trasformatore ausiliario

L'unità di partenza e quella del trasformatore ausiliario non saranno presenti nella cabina B in quanto terminale.

Il quadro avrà tensione nominale di 24kV, corrente nominale di 630A e corrente di corto circuito di 20kA/1s.

#### **6.5.7. Quadri servizi ausiliari e trasformatore BT/BT**

La cabina di trasformazione sarà dotata anche di un sottoquadro per l'alimentazione dei servizi ausiliari di cabina quali: illuminazione, FM, condizionamento, etc ...

Tale quadro sarà alimentato da un trasformatore BT/BT 0,8/0,4kV collegato al quadro di parallelo dell'inverter (cabina B) o da un trasformatore 15/0,4kV alimentato dalla rete MT (cabina A). Tale trasformatore sarà di tipo a secco e contenuto in apposito contenitore con grado di protezione minimo pari a IP21.

#### **6.5.8.      *UPS per servizi ausiliari***

Verrà installato all'interno della cabina di trasformazione un UPS per l'alimentazione dei servizi ausiliari presenti. Il sistema UPS è dotato di DSP microprocessor control. Il sistema è costituito da un UPS base, al quale viene collegato una battery back di espansione, per garantire la necessaria copertura in termini di autonomia dei servizi ausiliari di base.

#### **6.5.9.      *Sistema centralizzato di comunicazione***

Presso ciascuna cabina di trasformazione verrà installata la componentistica elettronica necessaria a consentire il controllo delle apparecchiature principali, quali inverter, misuratori, sistemi di ventilazione, sensori ambientali, etc ....

#### **6.5.10.     *Cavi di potenza MT e BT***

Il presente progetto prevede la realizzazione di una rete di cavidotti in MT per la connessione delle cabine di impianto a partire dal punto di consegna.

Analogamente, sarà realizzata una rete di cavidotti in BT per il collegamento degli inverter di campo alle cabine di trasformazione.

Tali cavidotti BT saranno posizionati prevalentemente lungo la viabilità interna al parco ed lungo le file di stringhe di pannelli fotovoltaici in modo da collegare gli inverter posizionati in campo al relativo quadro generale di bassa tensione dall'interno delle cabine A e B.

Per la porzione di campo fotovoltaico separata da quella principale è previsto un cavidotto BT di collegamento in modo da trasportare l'energia prodotta alla relativa cabina di trasformazione.

Il progetto, inoltre, prevede differenti modalità di posa per i cavi (MT, BT, segnale), a seconda che si faccia riferimento alle aree interne all'impianto o piuttosto ai collegamenti esterni all'impianto. Tutti i cavi saranno idonei alle tipologie di posa e conformi alle normative vigenti, con particolare riferimento alle norme CEI e alla direttiva cavi CPR.

Per i cavidotti in BT e di segnale è prevista la posa entro tubi protettivi in PVC. La profondità di posa sarà pari a 0,8-1,0m e saranno presenti pozzetti rompitratta per permettere l'infilaggio e sfilaggio dei cavi.

Le modalità di esecuzione dei cavidotti saranno le seguenti:

- scavo a sezione obbligata;
- posa dei tubi in PVC;
- Posa dei pozzetti rompitratta;
- reinterro parziale con terreno di scavo;
- posa di nastro segnalatore del tracciato;



- reinterro con terreno di scavo;

Una volta terminate queste lavorazioni vengono posati i cavi BT e di segnale all'interno dei tubi in PVC.

In generale, per tutte le linee elettriche in MT interne al parco fotovoltaico si prevede la posa direttamente interrata dei cavi, senza ulteriori protezioni meccaniche, ad una profondità di 0,8-1,0 m dal piano di calpestio.

In caso di particolari attraversamenti o di risoluzione puntuale di interferenze, le modalità di posa saranno modificate in conformità a quanto previsto dalla norma CEI 11-17 e dagli eventuali regolamenti vigenti relativi alle opere interferite, mantenendo comunque un grado di protezione delle linee non inferiore a quanto garantito dalle normali condizioni di posa.

La trincea all'interno della quale saranno collocati i cavi avrà profondità non inferiore a 1,20 m e larghezza indicativa di 0,50 m per una terna e fino a 1,20 m per tre terne.

Le modalità di esecuzione dei cavidotti saranno le seguenti:

- scavo a sezione obbligata;
- posa dei conduttori, fibre ottiche e corda di terra; particolare attenzione sarà fatta per l'interramento di quest'ultima che dovrà essere ricoperta da uno strato di terreno vegetale di spessore non inferiore a 20 cm;
- reinterro parziale con terreno di scavo;
- posa di nastro segnalatore del tracciato;
- reinterro con terreno di scavo;
- posa di eventuali cippi di segnalazione (dove richiesti).

I cavidotti MT interni al campo fotovoltaico saranno posati lungo la viabilità interna. Questi cavidotti andranno a connettere le seguenti cabine elettriche:

- Cabina B – Cabina A
- Cabina A – Cabina di ricezione utente
- Cabina di ricezione utente – Cabina di consegna di e-distribuzione

Il cavo utilizzato sarà di tipo ARE4H5ER o similare per posa direttamente interrata senza l'utilizzo di protezione meccanica aggiuntiva. La sezione di tali cavidotti sarà di conforme a quanto indicato sull'unifilare generale di impianto.

#### **6.5.11. Sistema di terra**

Il sistema di terra del parco fotovoltaico è costituito da una maglia di terra che si estende lungo tutta l'area dell'impianto fotovoltaico, consistente in un dispersore orizzontale in corda di rame di sezione pari a 50 mm<sup>2</sup>. A tale maglia verranno collegate, in più punti, le strutture metalliche di sostegno dei moduli fotovoltaici nonché le altre masse presenti presso l'impianto.

Ad essa verranno collegati gli impianti di terra delle singole cabine di campo e delle cabine generali di impianto, consistenti in uno o più anelli concentrici intorno alle cabine, in corda di rame di sezione

pari a 95 mm<sup>2</sup> e dispersori verticali a croce di lunghezza pari a 2,5 m posti ai vertici della maglia, collegati in più punti alle armature delle fondazioni delle cabine.

La maglia complessiva che si viene così a creare consente di ottenere un valore di resistenza di terra tale da garantire un sufficiente margine di sicurezza, adeguato alla normativa vigente. Particolare attenzione verrà prestata agli attraversamenti lungo il tracciato del cavidotto.

Per evitare, infatti, che in caso di guasto si possa verificare il trasferimento di potenziali dannosi agli elementi sensibili circostanti, quali altri sotto-servizi, acquedotti, tubazioni metalliche, ecc. ecc., verrà utilizzato in corrispondenza di tutti gli attraversamenti, da 5 m prima e fino a 5 m dopo il punto di interferenza, un cavo Giallo/Verde di diametro 95 mm<sup>2</sup> del tipo FG16(O)R, opportunamente giuntato al conduttore di rame nudo, tale da garantire una resistenza pari a quella della corda di rame nudo da 50 mm<sup>2</sup>.

#### **6.5.12. Sistema SCADA**

Presso l'impianto fotovoltaico verrà realizzato un sistema di telecontrollo che consentirà la piena e completa gestione dell'impianto fotovoltaico in progetto.

Il sistema consentirà l'acquisizione di tutti i principali parametri elettrici provenienti dal campo, quali:

- tensioni e correnti di stringa;
- stato scaricatori/interruttori stringa;
- tensioni e correnti in ingresso/uscita agli inverter;
- tensioni e correnti in ingresso/uscita ai trasformatori BT/MT;
- stato interruttori quadri BT e quadri MT;
- principali grandezze elettriche (potenza attiva, reattiva,  $\cos\phi$ , etc.);
- principali grandezze fisiche (temperature di esercizio, etc.)

#### **6.5.13. Cavi di controllo e TLC**

Per le connessioni dei dispositivi di monitoraggio e di security verranno utilizzati prevalentemente tre tipologie di cavo:

- Cavi in rame multipolari twistati e non (cavi bus);
- Cavi Ethernet (min CAT6);
- Cavi in fibra ottica.

I primi due verranno utilizzati per consentire la comunicazione su brevi distanze data la loro versatilità, mentre la fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi per comunicazione su grandi distanze e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante come nel caso dell'invio di dati.

I cavi previsti sono rispondenti alla normativa CEI EN 60794-3 e saranno equipaggiati con fibre ottiche di tipo monomodale rispondenti alla normativa ITU3T G.652. I cavi previsti sono idonei per posa in esterno entro tubi, con guaina interna in polietilene del tipo a bassa densità e guaina esterna

in polietilene ad alta densità, protezione antiroditoro costituita da filati di vetro, impermeabili (water blocking), totalmente dielettrici.

I cavi sono dotati di guaina esterna del tipo LSZH termoplastica allo scopo di rispettare le norme specifiche che ne rendono possibile il loro utilizzo anche in ambienti interni. Ogni cavo sarà contraddistinto da una sigla di identificazione prevista dalle vigenti norme CEI.

#### **6.5.14. Sistema di monitoraggio ambientale**

Nell'ambito del presente progetto si prevede l'installazione di un opportuno sistema di monitoraggio ambientale al fine di garantire l'acquisizione dei parametri ambientali e climatici presenti sul campo fotovoltaico. In particolare, il sistema in oggetto permetterà la rilevazione di dati climatici e di dati di irraggiamento. I dati monitorati verranno, quindi, gestiti e archiviati da un sistema di monitoraggio SCADA. Il sistema di monitoraggio ambientale da installare è composto da:

- stazioni di rilevazione meteo;
- sistema di rilevazione dati di irraggiamento (componente diretta, diffusa e globale);
- sistema di rilevazione temperatura moduli;
- n. 2 albedometri;
- dispositivi di comunicazione;
- dispositivi di interfaccia;
- dispositivi di memorizzazione.

Pertanto, tramite il sistema installato, i valori climatici e di irraggiamento del campo FTV puntualmente misurati saranno trasmessi al sistema SCADA al fine di permettere la valutazione della producibilità del sistema di produzione FTV. Il sistema nel suo complesso garantisce ottime capacità di precisione di misura, robusta insensibilità ai disturbi, capacità di autodiagnosi e autotuning.

Quindi, al fine di poter eseguire una corretta stima della producibilità dell'impianto, si prevede un sistema che assicurerà la valutazione puntuale dei valori di irraggiamento e insolazione presenti sul campo oltre a tutti i valori climatici. I dati ambientali ricavati, uniti ai dati di targa dell'impianto, saranno utilizzati in conformità a quanto previsto dalla norma IEC 61724 e norme CEI 82-25 per la valutazione delle performance d'impianto.

#### **6.5.15. Sistema di sicurezza e anti-intrusione**

Il sistema di sicurezza e anti intrusione ha lo scopo di preservare l'integrità dell'impianto contro atti criminosi mediante deterrenza e monitoraggio delle aree interessate.

Il sistema previsto in progetto si basa sull'utilizzo di differenti tipologie di sorveglianza/deterrenza per scongiurare eventuali atti dolosi nei confronti dei sistemi e apparati installati presso l'impianto fotovoltaico.

La prima misura che verrà attuata per garantire la sicurezza dell'impianto contro intrusioni non autorizzate è quella di impedire o rilevare qualsiasi tentativo di accesso dall'esterno installando un sistema di anti intrusione perimetrale.

#### **6.5.16. Sistema antincendio**

Il sistema antincendio da realizzarsi nell'ambito del presente progetto è conforme a quanto prescritto dal D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4- quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122", lettera 1324 del 7 febbraio 2012 - Guida per l'installazione degli impianti fotovoltaici; lettera di chiarimenti diramata in data 4 maggio 2012 dalla Direzione centrale per la prevenzione e la sicurezza tecnica del corpo dei Vigili del Fuoco.

In via generale l'installazione dell'impianto fotovoltaico, in funzione delle caratteristiche elettriche/costruttive e/o delle relative modalità di posa in opera, non comporterà per il sito un aggravio del preesistente livello di rischio di incendio. In tal senso si precisa che non esistono:

- interferenze con sistema di trasporto di prodotti combustibili;
- rischi di propagazione delle fiamme verso fabbricati poiché gli stessi sono collocati a distanza di sicurezza.

Inoltre, è stato valutato il pericolo di elettrocuzione cui può essere esposto l'operatore dei Vigili del Fuoco per la presenza di elementi circuitati in tensione. Si evidenzia che, sia in fase di cantiere che in fase di O&M dell'impianto, si dovranno rispettare anche tutti i requisiti richiesti ai sensi del D.Lgs 81/2008.

Al fine di ridurre al minimo il rischio di propagazione di un incendio dai generatori fotovoltaici agli ambienti sottostanti, gli impianti saranno installati su strutture incombustibili (Classe 0 secondo il DM 26/06/1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10/03/2005).

Sono previsti sistemi ad estintore in ogni cabina presente e alcuni estintori aggiuntivi per eventuali focolai esterni alle cabine (sterpaglia, erba secca, ecc.). L'area in cui è ubicato il generatore fotovoltaico ed i suoi accessori non sarà accessibile se non agli addetti alle manutenzioni che dovranno essere adeguatamente formati/informati sui rischi e sulle specifiche procedure operative da seguire per effettuare ogni manovra in sicurezza, e forniti degli adeguati DPI. I dispositivi di sezionamento di emergenza dovranno essere individuati con la segnaletica di sicurezza di cui al titolo V del D.Lgs.81/08.

## **6.6. Opere di utenza e di connessione alla rete ente distributore**

La connessione alla rete di distribuzione di E-distribuzione, come da accordi con il gestore, avviene tramite Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG). Questa prevede che l'impianto fotovoltaico che alimenta l'intero centro di ricerca, produzione, stoccaggio, riconversione e distribuzione di idrogeno, sia collegato alla nuova cabina di consegna E-distribuzione presente ai margini del campo FTV, in modo tale che quest'ultima sia accessibile da strada pubblica. Un cavidotto MT di nuova posa collega invece la nuova cabina di ricezione utente (adiacente alla suddetta cabina di consegna) alla CP di San Giovanni in Persiceto. È prevista una cabina di sezionamento intermedia della stessa linea MT.

## **6.7. Descrizione delle opere di rete per la connessione**

Le opere di rete per la connessione consistono nei seguenti interventi:

- Realizzazione stallo MT nei locali della CP "San Giovanni in Persiceto". Tale opera consiste nell'installazione di una nuova cella sul quadro MT esistente.
- Posa di un cavidotto MT dalla cabina di consegna fino alla Cp di San Giovanni in Persiceto;
- Posa di un cavidotto dalla cabina di consegna fino alla cabina MT esistente di via delle Viole di San Matteo della Decima;
- Realizzazione di una cabina di sezionamento nel tratto di cavidotto dalla cabina di consegna fino alla CP di San Giovanni in Persiceto;
- Realizzazione della cabina di consegna.

Il cavo MT sarà di tipo elicordato con elica visibile in alluminio ed avrà sezione pari a 240mmq. Tale cavo sarà posato secondo indicazioni di e-distribuzione all'interno di tubazione in PVC.

## **6.8. Elettrodotta in cavo MT interrato**

L'impianto di produzione sarà collegato alla nuova cabina di consegna di e-distribuzione da realizzare presso l'impianto stesso. Tale cabina è poi collegata alla rete di distribuzione (cabina esistente di via delle Viole) ed alla CP di San Giovanni in Persiceto.

Per realizzare tali collegamenti sarà per cui necessario posare un nuovo cavidotto in Media Tensione.

I cavi utilizzati per la realizzazione del cavidotto saranno rispondenti alle prescrizioni di e-distribuzione ed in particolare saranno di tipo elicordato con elica visibile.

Il cavidotto interrato in MT a 15 kV avrà una lunghezza pari a circa 9000 metri (collegamento principale alla CP di San Giovanni in Persiceto) e 850m (collegamento alla cabina esistente di via delle Viole).

Il cavidotto, a livello costruttivo, presenta diverse configurazioni a seconda delle caratteristiche del suolo che viene attraversato o delle interferenze fisiche che si incontrano. Per questo motivo, in base alla presenza di una strada o di un terreno agricolo variano le stratigrafie in sezione. I dettagli dei tipici utilizzati sono riportati negli elaborati tecnici di progetto.

Il progetto dell'elettrodotta è stato elaborato:

- considerando la planimetria del percorso fornita dall'ente distributore;
- considerando le indicazioni dell'ente distributore per le dimensioni del cavidotto.

Il cavidotto sarà posato lungo il percorso indicato da e-distribuzione nella relativa specifica tecnica ricevuta da Tozzi Green.

La soluzione tecnica di e-distributore prevede una cabina di consegna presso l'impianto fotovoltaico (vicinanze di San Matteo della Decima) che risulterà essere il punto di connessione dell'impianto utente (HUB di ricerca ed impianto fotovoltaico). Da qui partirà un cavidotto MT che percorrerà la strada SP255 per poi spostarsi su via Samoggia Vecchia, transitare lungo via Levratica e via Tassinara ove sarà presente una cabina di sezionamento. Dalla cabina di sezionamento il

cavidotto continuerà fino all'incrocio tra via Biancolina per proseguire lungo via Puglia ed infine collegarsi alla CP esistente di San Giovanni in Persiceto.

È previsto anche un secondo collegamento via cavo alla cabina MT di via delle Viole di San Matteo della Decima passando attraverso la viabilità interna del parco fotovoltaico, via Cento e via delle Viole.

Lungo il percorso del cavidotto si incontrano interferenze naturali e antropiche di estensione ridotta, superabili, nel caso delle intersezioni, grazie ad interventi "puntuali" con l'adozione di trivellazioni orizzontali controllate (TOC).

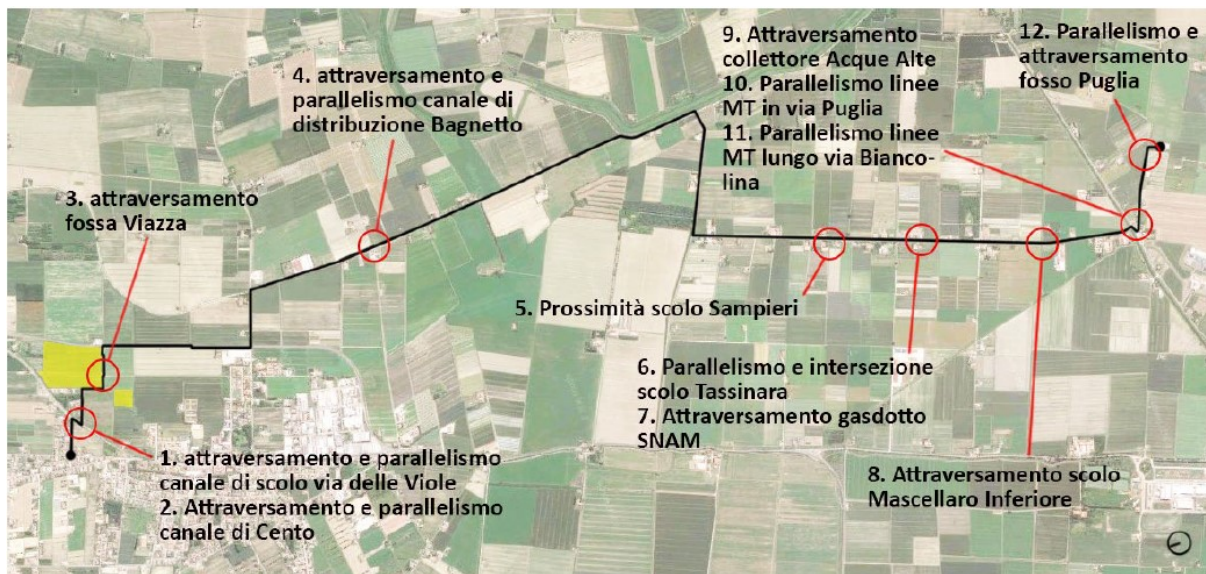
Nel caso di parallelismi, pur non essendoci un'effettiva sovrapposizione, viene tenuta sotto controllo la sezione trasversale, per avere cognizione della distanza tra le due linee.

Si elencano di seguito tutte le interferenze di carattere fisico che intercettano il percorso del cavidotto. L'ordine di elencazione parte dalla cabina di distribuzione esistente in via delle Viole proseguendo in direzione sud:

1. Attraversamento e parallelismo **canale di scolo via delle Viole**, in corrispondenza dell'immissione in via delle Viole provenendo da via Cento;
2. Attraversamento e parallelismo **canale di Cento**, in corrispondenza dell'intersezione, servita da un ponte, tra la SP 255 R (Via Cento) e lo Stradello di servitù;
3. attraversamento **fossa Viazza**, in corrispondenza del lato sud del lotto nord di progetto;
4. attraversamento e parallelismo **canale di distribuzione Bagnetto**, in corrispondenza di via Tassinara;
5. prossimità allo **scolo Sampieri** in corrispondenza di via Tassinara;
6. attraversamento e parallelismo **scolo Tassinara** in via Tassinara;
7. attraversamento gasdotto SNAM;
8. attraversamento **scolo Mascellaro** Inferiore in corrispondenza del ponte esistente lungo via Tassinara;
9. attraversamento **canale Collettore Acque Alte** (canale di Valbona), in corrispondenza dell'immissione da via Biancolina a via Tassinara;
10. parallelismo con **linee MT interrate E-distribuzione** esistenti lungo via Biancolina;
11. parallelismo con **linee MT interrate E-distribuzione** esistenti lungo via Puglia;
12. parallelismo e attraversamento **fosso Puglia** in corrispondenza della "Cabina Primaria San Giovanni in Persiceto", in corrispondenza delle tubazioni E-distribuzione esistenti.

Tutti gli attraversamenti di canali esistenti vengono effettuati tramite trivellazione orizzontale controllata (TOC) nelle modalità mostrate negli appositi elaborati denominati "**Interferenze tra cavidotto e canali Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara**" e "**Individuazione rete SNAM e sezione di attraversamento**".





**Figura 31.** Schema generale delle interferenze fisiche con il cavidotto

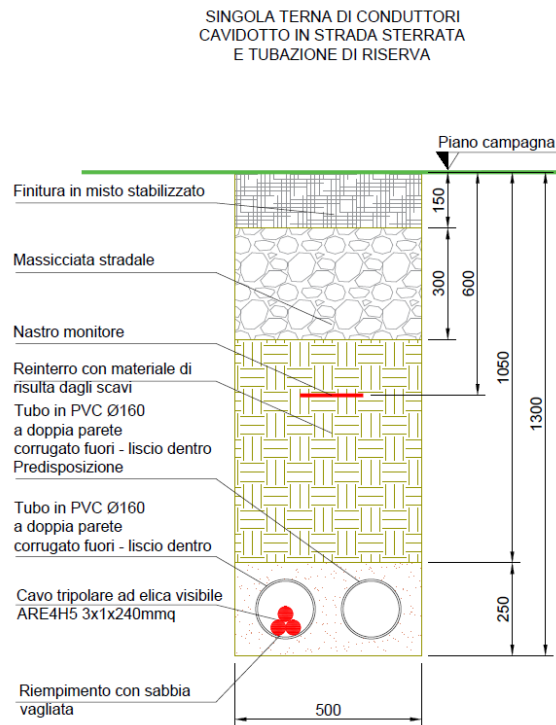
La terna di cavi costituente il cavidotto, come indicato in precedenza, sarà di tipo elicordato ad elica visibile e sarà posata all'interno di una tubazione a doppia parete con resistenza allo schiacciamento pari a 450N/m. Tale tubazione sarà posata su un letto di sabbia e di seguito ricoperta con altra sabbia. Oltre alla tubazione appena menzionata verrà posata un'ulteriore tubazione vuota come predisposizione per ampliamenti futuri. Tale tubazione risulterà non utilizzata per lo scopo di questo progetto ma rimarrà a disposizione qualora in futuro si renda necessario da parte di e-distribuzione il rafforzamento delle linee di potenza esistenti. La tubazione vuota avrà le stesse caratteristiche meccaniche di quella entro la quale è posata la terna di cavi MT a servizio dell'impianto fotovoltaico.

La trincea all'interno della quale saranno collocati i cavi avrà profondità non inferiore a 1,20 m e larghezza indicativa di 0,50 m.

Le modalità di esecuzione dei cavidotti saranno le seguenti:

- scavo a sezione obbligata;
- predisposizione del letto di sabbia;
- posa delle tubazioni a doppia parete (per infilaggio cavo MT e predisposizione);
- copertura delle tubazioni a doppia parete tramite sabbia;
- posa dei conduttori all'interno della relativa tubazione a doppia parete;
- reinterro parziale con terreno di scavo;
- posa di nastro segnalatore del tracciato cavidotto;
- reinterro con terreno di scavo o nel caso di cavidotto su strada, rifacimento dello strato stabilizzato, binder e manto di usura.

Di seguito viene riportato a titolo esemplificativo un tipico di trincea con scavo a sezione obbligata.

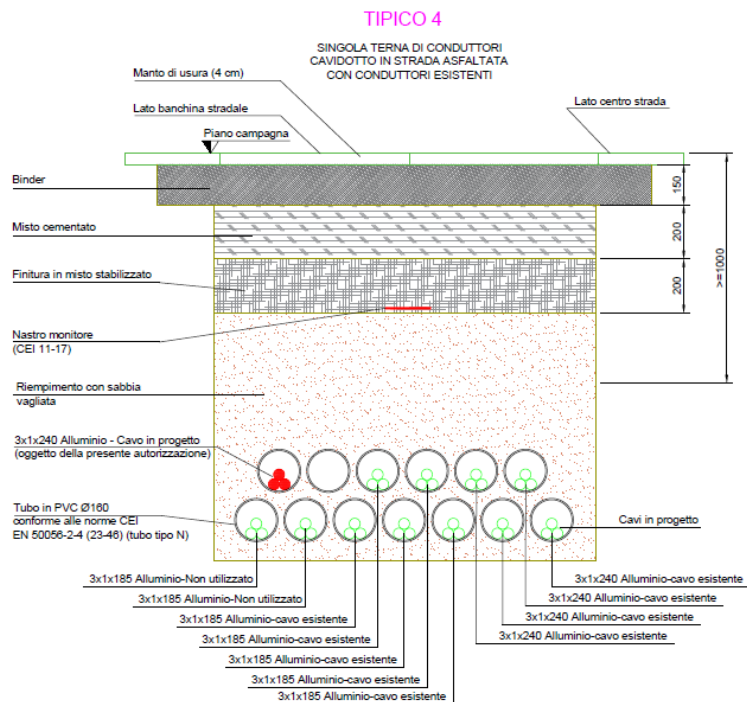


**Figura 32.** Tipico di trincea con scavo a sezione obbligata

Questo tipo di lavorazione è quella principalmente utilizzata per la posa del cavidotto MT.

Lungo il percorso del cavidotto si verranno a realizzare 4 tipologie di trincea a scavo a sezione obbligata. Tali tipologie sono rappresentate dettagliatamente nel documento progettuale TAV.6.1 "Corografia cavidotto e tipici sezioni".

Va menzionato che, lungo via Puglia il cavidotto sarà posato all'interno di una tubazione resa disponibile da e-distribuzione e quindi non si procederà allo scavo della relativa trincea. In questo caso si procederà solo all'infilaggio della terna di cavi elicordati ad elica visibile nella tubazione disponibile. La configurazione del cavidotto è rappresentata nel tipico di sezione seguente.

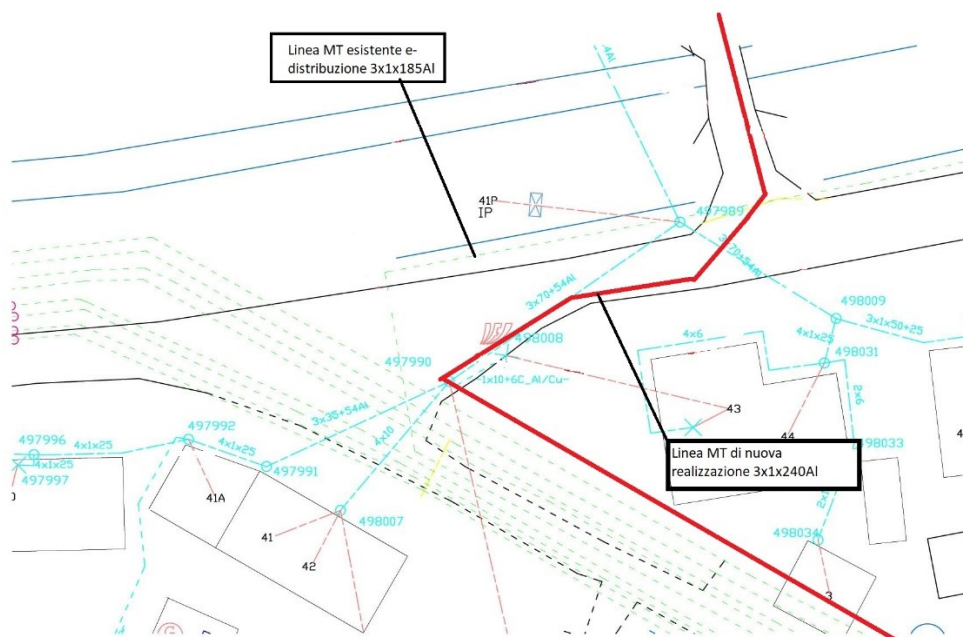


**Figura 33.** Tipico di sezione cavidotto di via Puglia

In tale sezione sono evidenziati le terne di cavi esistenti di proprietà di e-distribuzione (colore verde) ed il cavidotto di nuova realizzazione (colore rosso).

In questo caso si avrà parallelismo tra i cavi esistenti ed il nuovo cavidotto.

Oltre a questo parallelismo con cavidotti esistenti, ve ne sarà uno ulteriore lungo via Biancolina (vedere immagine seguente).



**Figura 34.** Parallelismo di via Biancolina

In questo caso i due cavi risultano essere ad una distanza elevata l'uno dall'altro per cui non vi sono interazioni né meccaniche né elettromagnetiche.

Per particolari attraversamenti, dove non è possibile utilizzare la trincea con scavo a sezione obbligata, verrà utilizzata la tecnologia della TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata). Tale tecnologia permette di "posare" tubazioni interrato senza effettuare uno scavo. Una volta "posate" le tubazioni, verrà infilato la terna di cavi MT elicordati. Questo tipo di lavorazione verrà utilizzata negli attraversamenti di canali d'acqua o laddove non è possibile realizzare uno scavo a sezione obbligata. Ulteriori approfondimenti su tale tecnica saranno forniti negli elaborati tecnici di progetto.

Si precisa inoltre che in fase di progettazione esecutiva e comunque prima dell'avvio dei lavori di scavo e posa dei cavi, verranno svolte, lungo il tracciato autorizzato, indagini geo-radar finalizzate all'individuazione di eventuali manufatti, tubazioni e sottoservizi esistenti e alla predisposizione di eventuali infrastrutture di attraversamento.

## 6.9. Verifica sezione cavidotto

Il cavidotto, indicato da e-distribuzione per il collegamento alla CP di San Giovanni in Persiceto ed alla cabina a giorno di San Matteo della Decima (via delle Viole), ha sezione pari a 240mmq.

Il cavo utilizzato sarà elicordato ad elica visibile di tipo ARP1H5E o ARE4H5E o similare adatta per la posa interrata come da specifica di e-distribuzione.

Il cavo ha conduttore e schermo in alluminio mentre l'isolamento è in elastomero o XLPE con guaina esterna in PE.

La portata del cavo è definita secondo le tabelle di e-distribuzione tenendo conto dei fattori di riduzione legati alla posa. Tale portata è pari a 400A.

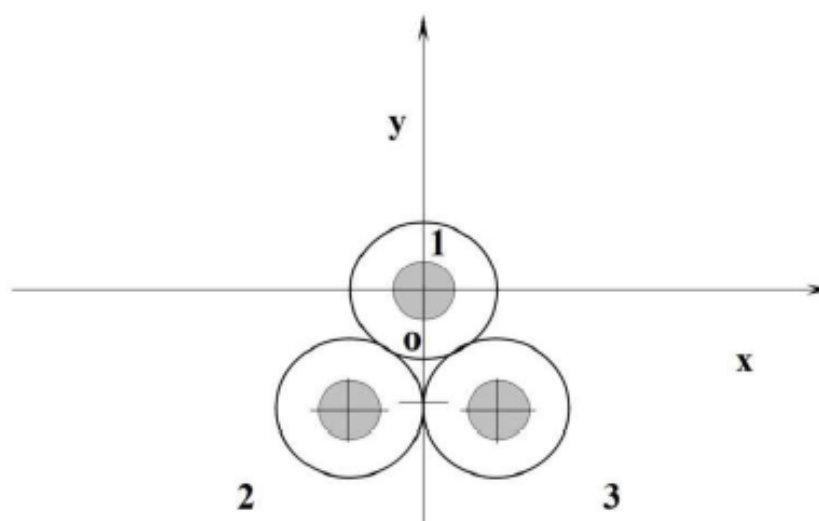
Considerando i valori di portata forniti da e-distribuzione e la corrente nominale di impianto pari a 337A@cosfi=1 ne risulta che il cavidotto è in grado di trasportare la massima potenza generata dall'impianto fotovoltaico.

Di seguito viene riportata la scheda con le caratteristiche elettriche e geometriche salienti del cavo MT.

## LINEA IN CAVO SOTTERRANEO IN TUBAZIONE CAVO SOTTERRANEO (3 x 1 x 240 mm<sup>2</sup>) in ALLUMINIO

### CARATTERISTICHE TECNICHE

Tipo di linea	in cavo		
Tipo di posa	in tubazione		
Tipo di terreno	qualsiasi		
Tensione	(kV)	15	
Frequenza	(Hz)	50	
Corrente di esercizio in condizioni normali	(A)	400	
Materiale		Al	
Numero		3	
Sezione	(mm <sup>2</sup> )	240	
Diametro	(mm)	18,2	
Passo di elicordatura	m	1,65	
		x	y
Conduttore n.1	(mm)	0	0
Conduttore n.2	(mm)	-22	-38
Conduttore n.3	(mm)	22	-38



**Figura 35.** Caratteristiche del cavo MT



**6.10. Manufatti per opere di rete per la connessione**

Come menzionato in precedenza in questo capitolo, le opere di connessione includono anche la realizzazione di due nuove cabine di e-distribuzione. Tali cabine sono:

- Cabina di sezionamento;
- Cabina di consegna.

La cabina di sezionamento sarà posizionata lungo il percorso del cavidotto principale che connette la CP di San Giovanni in Persiceto alla cabina di consegna. La cabina è posizionata in maniera da suddividere il cavidotto in parti uguali e rispettando i vincoli presenti nell'area di installazione. Tale cabina è posizionata nella particella 13 del Foglio 47 Comune di San Giovanni in Persiceto.

La cabina di consegna è posizionata ai bordi dell'appezzamento di terreno utilizzato per l'impianto fotovoltaico, in particolare 15 particella Foglio 22.

Queste cabine saranno realizzate secondo gli standard di e-distribuzione ed in particolare saranno utilizzate le seguenti tipologie:

- DG-2061 per la cabina di sezionamento – dimensioni indicative 5,7mx2,5mx2,5m (LxPxH)
- DG-2092 per la cabina di consegna – dimensioni indicative 6,7mx2,5mx2,5m (LxPxH)

Le cabine saranno preferibilmente di tipo prefabbricato complete di vasca cavi e le relative predisposizioni per l'ingresso cavi da esterno.

All'interno di tali cabine saranno presenti le apparecchiature necessarie per la distribuzione dell'energia in Media Tensione. In particolare, saranno presenti le seguenti apparecchiature:

- Quadro di media tensione (cabina di consegna e sezionamento);
- Apparecchiature di misura energia elettrica (cabina di consegna);
- Trasformatore MT/BT di distribuzione (Cabina di consegna e sezionamento – se necessario).

Entrambe le cabine saranno dotate di impianto di terra secondo le indicazioni dei relativi standard ed impianti ausiliari come da indicazioni di e-distribuzione.

I dettagli costruttivi delle cabine saranno definiti in fase esecutiva del progetto ma comunque sempre rispettando gli standard di e-distribuzione di seguito descritti:

- i locali saranno dotati di un accesso diretto ed indipendente da via aperta al pubblico, sia per il personale, sia per un'autogrù con peso a pieno carico di 180 q.;
- le aperture dovranno garantire un grado di protezione IP 33 e una adeguata ventilazione a circolazione naturale di aria;
- le tubazioni di ingresso dei cavi dovranno essere sigillate onde impedire la propagazione o l'infiltrazione di fluidi liquidi e gassosi;
- la struttura sarà adeguatamente impermeabilizzata, al fine di evitare allagamenti ed infiltrazioni di acqua;
- i locali avranno ampiezza tale da permettere, a seconda delle esigenze di rete, l'installazione di una trasformazione MT/BT ENEL DISTRIBUZIONE;

- l'organo di manovra lato utente sarà telecontrollato e in generale costituito da quadro MT con interruttore;

Sarà in generale consentito l'accesso, al personale Enel Distribuzione o Terzi, per l'esercizio e/o la manutenzione in linea agli standard di sicurezza, permettendo anche l'utilizzo di mezzi d'opera ed attrezzature di normale dotazione. Il manufatto da impiegare sarà conforme alla tabella di Unificazione UE DG2092 in vigore relativa alla specifica costruttiva per cabine secondarie in box e negli edifici civili.

## INDICE DELLE FIGURE

<b>FIGURA 1. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA (GOOGLE EARTH).....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 2. UBICAZIONE DELL'AREA DI IMPIANTO E DELLE OPERE DI CONNESSIONE.....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 3. DESCRIZIONE DELL'AREA ED INDICAZIONE DEI CENTRI ABITATI PIÙ VICINI ALLO STABILIMENTO (GOOGLE EARTH).....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 4. ESTRATTO DI MAPPA CATASTALE DISPONIBILE IN TAVOLA 2.0. ...</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 5. OPERE DI CONNESSIONE SU PLANIMETRIA CATASTALE (ESTRATTO TAV 3.1.1) 15</b>	
<b>FIGURA 6. UBICAZIONE DEL SITO PRODUTTIVO (FONTE: GOOGLE EARTH) ....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 8. PROSPETTO HUB DI RICERCA – ESTRATTO TAV 3.0 .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 9. PIANTA ARCHITETTONICO – ESTRATTO TAV. 3.0 .....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 10.SCHEDA TECNICA DI RIFERIMENTO AUTOBUS IDROGENO .....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 11.SCHEMA DI UNA CELLA ELETTROLITICA.....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 12.IMMAGINE DIMOSTRATIVA DELL'ELETTROLIZZATORE PROPOSTO CON UNITÀ DI POTENZA.....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 13.RAPPRESENTAZIONE SISTEMA MODULARE G128 .....</b>	<b>30</b>
<b>FIGURA 14.DATI TECNICI DEL GENERATORE DI IDROGENO "ELETTROLIZZATORE MERCURY G128 " .....</b>	<b>30</b>
<b>FIGURA 15.RAPPRESENTAZIONE GENERATORE DI AZOTO MOD. NGP 8-100 ....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 16.CONFIGURAZIONE TIPICA DEL CONTAINER "GENERATORE DI AZOTO" (IMMAGINE ESEMPLIFICATIVA, NON IN SCALA) .....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 26.DATI TECNICI MODULO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>47</b>
<b>FIGURA 27.LAYOUT GENERALE DI IMPIANTO.....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 28.INVERTER.....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 29.DATI TECNICI INVERTER - 1 .....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 30.DATI TECNICI INVERTER – 2.....</b>	<b>51</b>