

## RELAZIONE DI CALCOLO DI PROCESSO E DIMENSIONAMENTO IMPIANTO IDROGENO



### 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.**  
consulenza & ingegneria  
esperienza per l'ambiente

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

**Coordinamento di progetto:**

 **ambiente s.p.a.**  
consulenza & ingegneria  
esperienza per l'ambiente

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

1	19/04/2022	Ing. M. Altemura	Ing. M. Altemura	Ing. M. Altemura	Seconda emissione
REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

Codice elaborato:

**P.1.3**

Titolo elaborato:

**Relazione di calcolo di processo e dimensionamento impianto idrogeno**

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>4</b>
2.1.    La normativa in materia di costruzioni .....	4
2.2.    La normativa in materia di impianti elettrici.....	4
2.3.    La normativa in materia di prevenzione incendi .....	6
2.4.    Altre normative tecniche .....	6
<b>3. IL PROGETTO.....</b>	<b>7</b>
3.1.    Criteri utilizzati per le scelte progettuali .....	7
3.2.    Impianto di produzione di idrogeno .....	9
3.2.1.    Principio di funzionamento del processo .....	11
3.2.2.    Impianto di produzione.....	12
3.2.3.    Premessa: principio di funzionamento del processo elettrolitico.....	13
3.2.4.    Descrizione Impianto di produzione .....	14
3.2.4.1.    Elettrolizzatore .....	16
3.2.5.    Compressione.....	25
3.2.6.    Stoccaggio idrogeno .....	29
3.2.7.    Manutenzione delle apparecchiature .....	30
3.2.8.    Impianto distribuzione .....	31
3.2.9.    Funzionamento impianto produzione.....	32
<b>INDICE DELLE FIGURE .....</b>	<b>33</b>

## **1. PREMESSA**

La Società Tozzi Green S.p.A., specializzata in soluzioni, servizi e progetti per lo sviluppo d'impianti e per la generazione di energia da fonti rinnovabili, risulta soggetto Proponente di una iniziativa finalizzata alla realizzazione e messa in esercizio di un impianto di produzione IDROGENO VERDE, alimentato da energia rinnovabile prodotta da impianto fotovoltaico denominato "San Giovanni in Persiceto" di potenza pari a 8,982 MWp, in Località San Giovanni in Persiceto (BO).

La presente relazione tecnica descrive i criteri adottati e la normativa rispettata per la progettazione dell'impianto di produzione, compressione, stoccaggio e distribuzione idrogeno.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

### 2.1. 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".

### 2.2. 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).

### **2.3. 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".

### **2.4. Altre normative tecniche**

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

## 3. IL PROGETTO

### 3.1. Criteri utilizzati per le scelte progettuali

La società TOZZI GREEN S.p.A., con sede in Mezzano (Ravenna) 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 RTN 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.

### 3.2. 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 circa 4-5 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 300-350 km.

A seguire si allega estratto scheda tecnica dell'autobus di riferimento, modello Solari Urbino 12 Hydrogen, similare 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 1.** 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 269,1 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

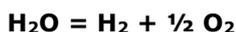
Il progetto prevede inoltre la realizzazione di una sola colonna di rifornimento destinata agli autobus di trasporto urbano, con la possibilità eventuale in un futuro prossimo di aggiungerne una adiacente per il rifornimento di auto private.

### 3.2.1. Principio di funzionamento del processo

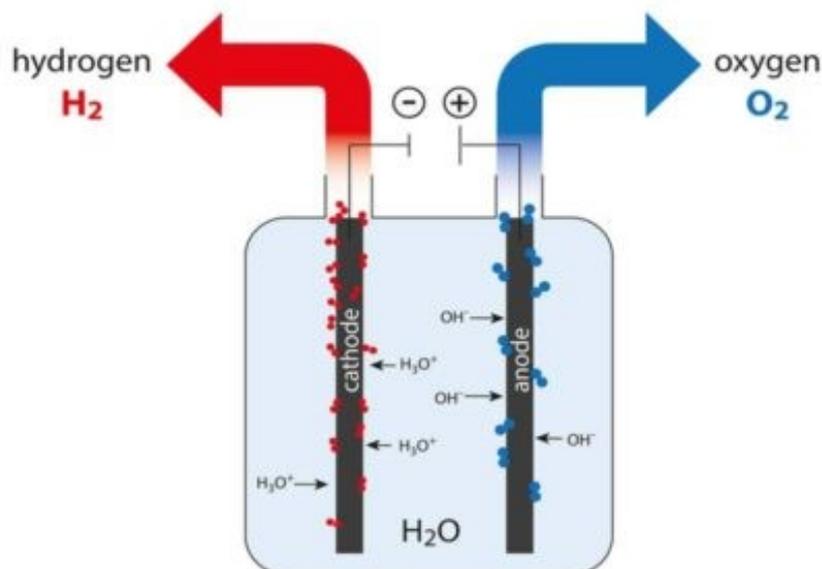
L'elettrolisi è un'opzione promettente per la produzione di idrogeno da risorse rinnovabili. Nella cella elettrolitica l'elettrodo collegato al polo negativo del generatore viene denominato catodo mentre l'elettrodo collegato al polo positivo viene denominato anodo.

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 si deve aggiungere un opportuno elettrolita in grado di dissociarsi in ioni. 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.

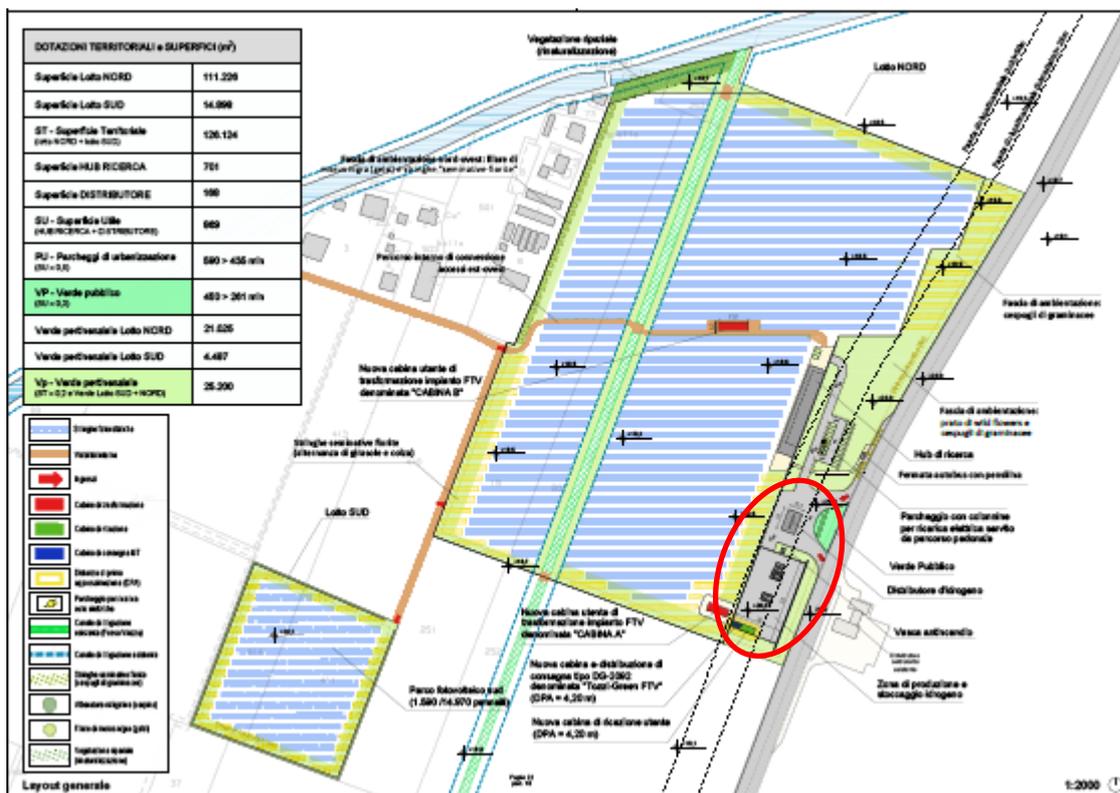


**Figura 2.** Schema di una cella elettrolitica

### 3.2.2. Impianto di produzione

L'impianto di produzione idrogeno sarà composto da 3 elementi principali:

1. Sistema di produzione (Elettrolizzatore)
2. Sistema di compressione
3. Serbatoi di stoccaggio



**Figura 1.** Masterplan di progetto con indicazione (in rosso) della dislocazione dell'impianto di produzione e distribuzione idrogeno

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

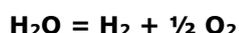
- 2004/30/UE Compatibilità elettromagnetica
- 2006/42/CE Direttiva macchine
- EN60204-1 Sicurezza dell'equipaggiamento elettrico
- 2014/68/EU Direttiva PED
- 2014/34/UE Direttiva Atex

### 3.2.3. Premessa: principio di funzionamento del processo elettrolitico

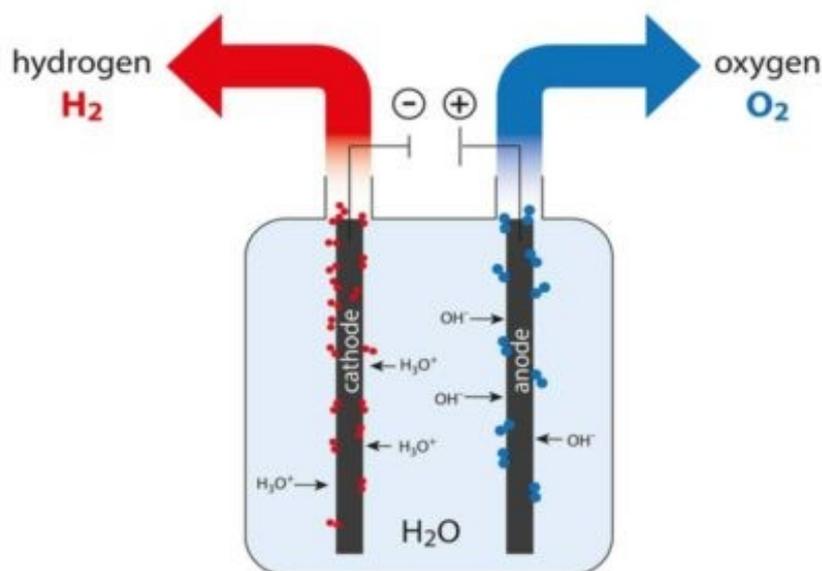
L'elettrolisi è un'opzione promettente per la produzione di idrogeno da risorse rinnovabili. Nella cella elettrolitica l'elettrodo collegato al polo negativo del generatore viene denominato catodo mentre l'elettrodo collegato al polo positivo viene denominato anodo.

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 2.** Schema di una cella elettrolitica

### **3.2.4. Descrizione Impianto di produzione**

L'impianto di produzione idrogeno sorgerà nell'angolo sud del lotto 1. Sarà realizzato su area di circa 2200 mq, completamente impermeabilizzata. L'area ospitante l'impianto sarà completamente recintata per prevenire l'accesso ai non autorizzati.

All'interno dell'area saranno presenti le cabine elettriche e-distribuzione cui avranno libero accesso, oltre agli addetti dell'impianto, solamente i tecnici ENEL.

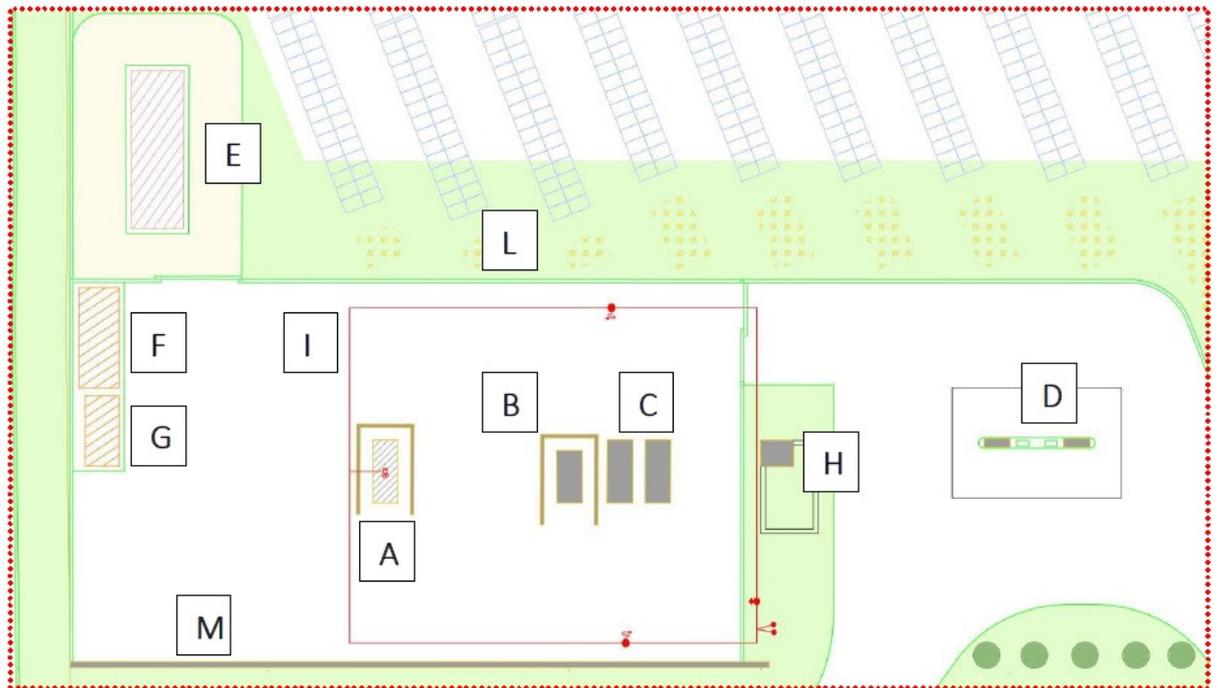
**Figura 3.** Ortofoto: ubicazione impianto produzione idrogeno (rettangolo rosso)

L'impianto nel suo complesso comprenderà le seguenti unità:

- 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.

Di seguito si riporta una descrizione dei singoli componenti dell'impianto di produzione.

### **3.2.4.1. 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 4.** 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 5.** Rappresentazione Sistema modulare G128

<b>Mercury System</b>	<b>G128</b>
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 6.** 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 7.** 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.

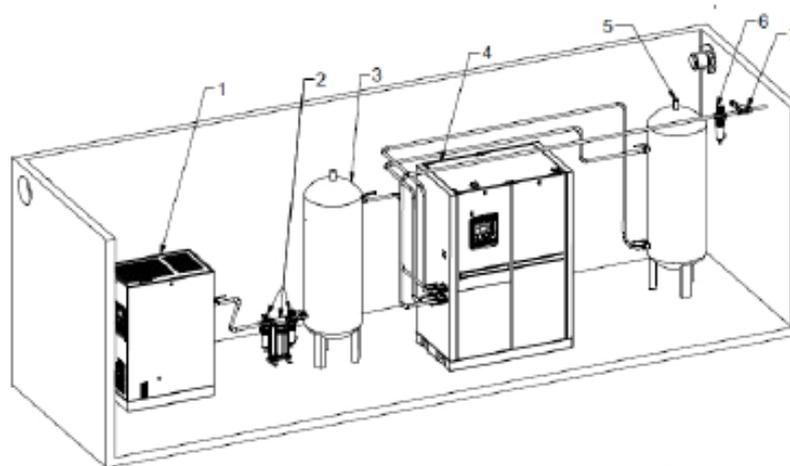
Il circuito dell'azoto comprende:

- 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.



1 compressore + essiccatore frigorifero	5 serbatoio azoto
2 sistema di filtrazione	6 filtro polveri
3 serbatoio aria compressa	7 valvola a spillo
4 generatore d'azoto NGP+	

**Figura 8.** 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	R080
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 9.** 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	<b>kW (ΔT 15K)</b>	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	m <sup>3</sup> /h	13400	10000	12600	9200	26800	20000	25200	18400	40200	30000	37800	27600	53600	40000
Assorbimento motori	<b>4P</b>	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	
<b>DATI COMUNI / COMMON DATA</b>																
Elettroventilatori		Ø 630 mm x n°	1 o		1 o		2 oo		2 oo		3 000		3 000		4 0000	
Fans		Collegamento	△		△		△		△		△		△		△	
Superficie esterna	External surface	m <sup>2</sup>	68,6		91,5		137,2		183,0		205,8		274,5		274,4	
Superficie interna	Internal surface	m <sup>2</sup>	9,0		12,0		18,1		24,0		27,1		36,0		36,1	
Volume circuito	Circuit volume	dm <sup>3</sup>	12		16		23		30		34		45		44	
Peso	Weight	kg (H)	138		148		215		235		295		325		387	

**Figura 10.** Cooling unit caratteristiche tecniche

### 3.2.5. 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 11.** 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.

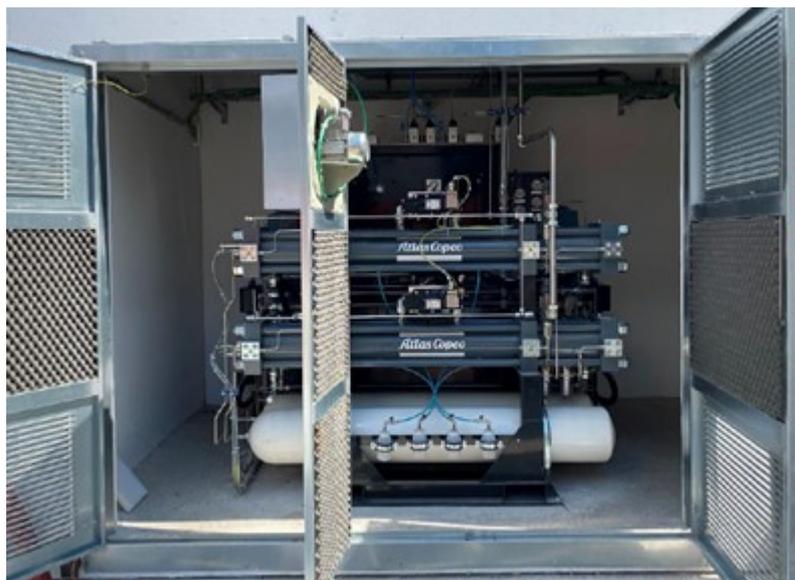
Il pistone del compressore nel suo moto alternativo lavora a una velocità molto inferiore rispetto a quella di altre tipologie di compressori; questo riduce l'usura degli organi di tenuta ed aumenta la vita di tutti i componenti in quanto essi sono sottoposti ad un numero inferiore di cicli di lavoro,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



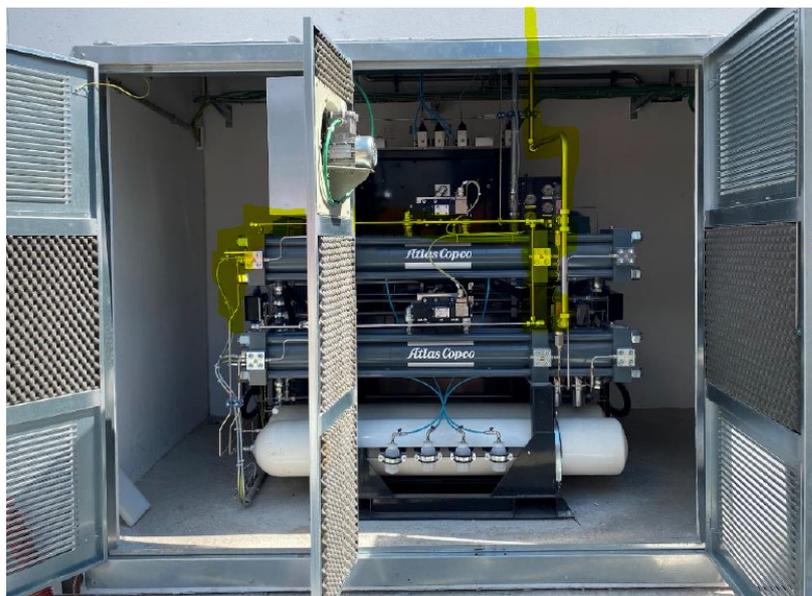
**Figura 12.** Esempio sistema di compressione (immagine esemplificativa)

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 13.** Esempio compressore booster a pistoni idraulico per H2 (immagine esemplificativa)

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



**Figura 14.** Sistema di convogliamento sfiati di emergenza



**Figura 15.** 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

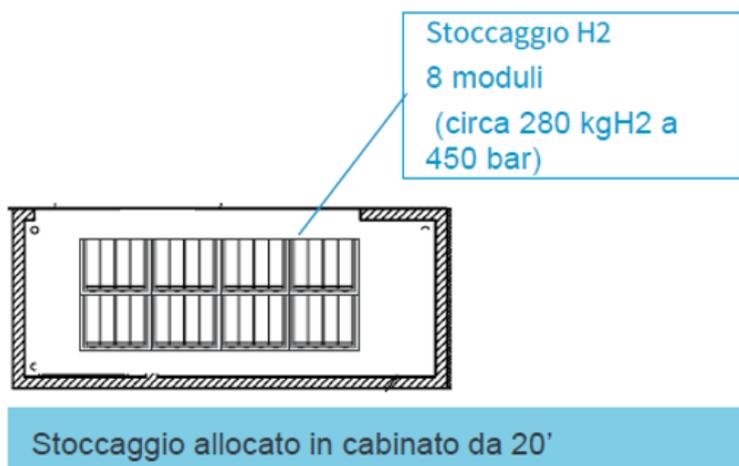
Modello	Type	EAV6F (2.1 mm)	7311		7312		7321		7322		7331		7332		7341	
Potenza	Capacity	kW ( $\Delta T$ 15K)	50,4	42,1	56,4	45	100,8	85	112,8	90	151,2	127,5	169,2	135	201,6	170
Portata d'aria	Air quantity	m <sup>3</sup> /h	13400	10000	12600	9200	26800	20000	25200	18400	40200	30000	37800	27600	53600	40000
Assorbimento motori		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	$\varnothing$ 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		$\varnothing$ 630 mm x n°	1 o		1 o		2 oo		2 oo		3 000		3 000		4 0000	
Fans		Collegamento	△		△		△		△		△		△		△	
Superficie esterna	External surface	m <sup>2</sup>	68,6		91,5		137,2		183,0		205,8		274,5		274,4	
Superficie interna	Internal surface	m <sup>2</sup>	9,0		12,0		18,1		24,0		27,1		36,0		36,1	
Volume circuito	Circuit volume	dm <sup>3</sup>	12		16		23		30		34		45		44	
Peso	Weight	kg (H)	138		148		215		235		295		325		387	

**Figura 16.** Cooling unit compressore caratteristiche tecniche

### 3.2.6. 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.



### 3.2.7. 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.

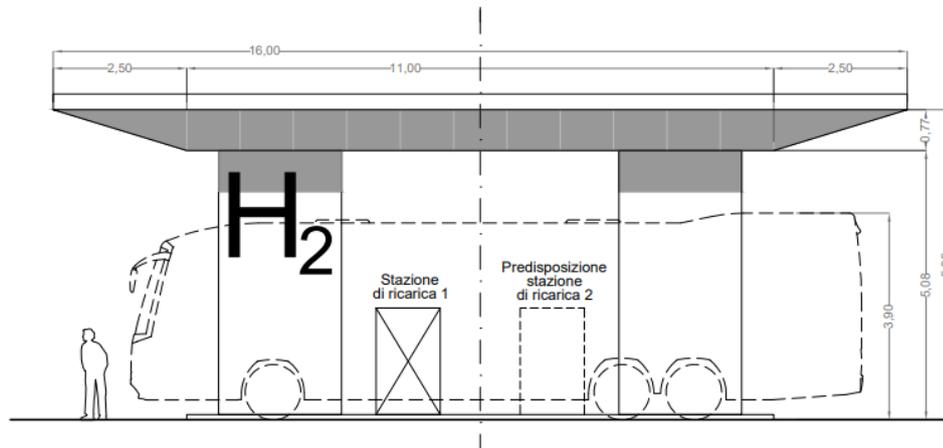
	EVERY 2.000 HOURS		EVERY 4.000 HOURS		EVERY 8.000 HOURS		EVERY 16.000 HOURS	
	CHECK	REPLAC.	CHECK	REPLAC.	CHECK	REPLAC.	CHECK	REPLAC.
BALANCING MEMBRANES		X						
ELECTROLYTIC SOLUTION- CHI004 (400Lt)	X							
CLEANING SENSOR LEVELS (LS01-LS02-LS03-LS04)	X							
CLEANING/REPL. DISCHARGE ELECTRO-PNEUM-VALVES (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 17.** 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.

### 3.2.8. 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

### **3.2.9. 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

Mediamente il periodo di funzionamento del generatore di idrogeno è calcolato in 7/8 ore/giorno per un totale di 6-7 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

## INDICE DELLE FIGURE

<b>FIGURA 1. SCHEDA TECNICA DI RIFERIMENTO AUTOBUS IDROGENO .....</b>	<b>9</b>
<b>FIGURA 2. SCHEMA DI UNA CELLA ELETTROLITICA .....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 1. MASTERPLAN DI PROGETTO CON INDICAZIONE (IN ROSSO) DELLA DISLOCAZIONE DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE E DISTRIBUZIONE IDROGENO .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 2. SCHEMA DI UNA CELLA ELETTROLITICA .....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 3. ORTOFOTO: UBICAZIONE IMPIANTO PRODUZIONE IDROGENO (RETTANGOLO ROSSO) .....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 4. IMMAGINE DIMOSTRATIVA DELL'ELETTROLIZZATORE PROPOSTO CON UNITÀ DI POTENZA.....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 5. RAPPRESENTAZIONE SISTEMA MODULARE G128 .....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 6. DATI TECNICI DEL GENERATORE DI IDROGENO "ELETTROLIZZATORE MERCURY G128 " .....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 7. RAPPRESENTAZIONE GENERATORE DI AZOTO MOD. NGP 8-100 ....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 8. CONFIGURAZIONE TIPICA DEL CONTAINER "GENERATORE DI AZOTO" (IMMAGINE ESEMPLIFICATIVA, NON IN SCALA) .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 9. CARATTERISTICHE TECNICHE IMPIANTO OSMOSI .....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 10. COOLING UNIT CARATTERISTICHE TECNICHE.....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 11. CONFIGURAZIONE TIPICA DEL CONTAINER "COMPRESSIONE"(IMMAGINE ESEMPLIFICATIVA).....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 12. ESEMPIO SISTEMA DI COMPRESSIONE (IMMAGINE ESEMPLIFICATIVA) .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 13. ESEMPIO COMPRESSORE BOOSTER A PISTONI IDRAULICO PER H2 (IMMAGINE ESEMPLIFICATIVA) .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 14. SISTEMA DI CONVOGLIAMENTO SFIATI DI EMERGENZA .....</b>	<b>27</b>

<b>FIGURA 15. ESEMPIO CABINATO PER SISTEMA DI COMPRESSIONE (IMMAGINE ESEMPLIFICATIVA) .....</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 16. COOLING UNIT COMPRESSORE CARATTERISTICHE TECNICHE .....</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 17. TABELLA DELLA FREQUENZA DELLE ATTIVITÀ DI MANUTENZIONE ORDINARIA ELETTROLIZZATORE.....</b>	<b>30</b>