

SardHy
Green Hydrogen S.r.l.
Stabilimento di Sarroch (Cagliari)

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI
PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE MEDIANTE
ELETTROLISI**

Studio di Impatto Ambientale
D.lgs. 152/2006

Quadro di riferimento progettuale

AM-RT10002

SardHy Green Hydrogen S.r.l.

Stabilimento di Sarroch (CA)

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE MEDIANTE ELETTROLISI

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

COORDINAMENTO GENERALE:

SARTEC – Saras Ricerche e Tecnologie

Ing. Manolo Mulana

Ing. Alessandro Casula (GreenHeadLight Srl SB)

Gruppo di lavoro:

Ing. Alessandro Casula (Coordinatore e responsabile)

Ing. Gabriele Insabato

Ing. Angela Nunziata

Dott.ssa Francesca Natalizio

Dott.ssa Elena Tasca

Dott.ssa Giulia Tettamanti

Collaborazioni specialistiche:

Paesaggistica: Ing. Paolo Alessandro Tarenzi

Impatto acustico: Dott. Francesco Perria - Ing. Manuela Melis

Rev.	Data	Descrizione	Red.	Contr.	Appr.
0	05/08/2022	Emissione per procedura di PAUR	GreenHeadLight Srl SB	Sartec	Sartec

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

SOMMARIO

C.1	INTRODUZIONE.....	6
C.2	CONTESTO PROGETTUALE	7
C.2.1	PREMESSA	7
C.2.2	DEFINIZIONE DELL'INTERVENTO.....	7
C.2.3	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI	8
C.3	ALTERNATIVE PROGETTUALI ANALIZZATE	12
C.3.1	PREMESSA	12
C.3.2	ANALISI DELLE ALTERNATIVE DI PROCESSO.....	12
C.3.2.1	<i>Classificazione dei processi di produzione dell'idrogeno</i>	<i>12</i>
C.3.2.2	<i>Domanda di idrogeno - Situazione attuale a livello globale.....</i>	<i>13</i>
C.3.2.3	<i>Altri processi</i>	<i>15</i>
C.3.2.4	<i>Tecnologie presenti sul mercato.....</i>	<i>16</i>
C.3.2.5	<i>Tecnologie per l'idrogeno marrone</i>	<i>17</i>
C.3.2.6	<i>Tecnologie per l'idrogeno grigio.....</i>	<i>18</i>
C.3.2.7	<i>Tecnologie per l'idrogeno blu.....</i>	<i>19</i>
C.3.2.8	<i>Soglia di emissioni stabilita dalla RED II</i>	<i>20</i>
C.3.2.9	<i>Tecnologie per l'idrogeno verde</i>	<i>21</i>
C.3.3	ANALISI DELL'ALTERNATIVA ZERO	32
C.3.4	ANALISI DELL'ALTERNATIVA LOCALIZZATIVA.....	32
C.3.5	SCELTA DELL'ALTERNATIVA PROGETTUALE	33
C.4	CARATTERISTICHE TECNICO-FUNZIONALI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO..	35
C.4.1	DESCRIZIONE GENERALE DEL PROCESSO E LAY-OUT	35
C.4.2	DESCRIZIONE TECNICA DEI COMPONENTI DELL'IMPIANTO	40
C.4.2.1	<i>PK-01 – Purificazione del flusso di azoto</i>	<i>40</i>
C.4.2.2	<i>PK-02 – Trattamento acque.....</i>	<i>43</i>
C.4.2.3	<i>PK-03 – Moduli di elettrolisi</i>	<i>49</i>
C.4.2.4	<i>PK-04 – Purificazione del flusso di idrogeno</i>	<i>55</i>
C.4.2.5	<i>PK-05 – Chiller a servizio del modulo di purificazione dell'idrogeno e di elettrolisi</i>	<i>59</i>
C.4.2.6	<i>PK-06 – Purificazione e compressione del flusso di ossigeno</i>	<i>61</i>
C.4.2.7	<i>PK-07 – Chiller a servizio del modulo di purificazione dell'ossigeno.....</i>	<i>64</i>
C.4.2.8	<i>Alimentazione e distribuzione elettrica</i>	<i>65</i>
C.4.2.9	<i>Nuovi fabbricati</i>	<i>73</i>
C.4.2.10	<i>Rete fognaria</i>	<i>79</i>
C.4.3	OPERE CONNESSE	84
C.4.4	BILANCIO DI MASSA	84
C.4.5	BILANCIO DI ENERGIA ED EFFICIENZA	85
C.4.6	ANALISI DELLE MIGLIORI TECNICHE DISPONIBILI	86
C.5	FASE DI CANTIERE.....	88
C.5.1	AREE UTILIZZATE	88
C.5.2	GESTIONE DEL CANTIERE	89
C.5.2.1	<i>Tracciati viari.....</i>	<i>89</i>
C.5.2.2	<i>Logistica del cantiere</i>	<i>91</i>
C.5.2.3	<i>Aree di stoccaggio e gestione dei materiali</i>	<i>94</i>
C.5.2.4	<i>Aree di stoccaggio e gestione dei rifiuti prodotti</i>	<i>96</i>
C.5.2.5	<i>Gestione delle terre e delle rocce da scavo</i>	<i>97</i>
C.5.2.6	<i>Cronoprogramma.....</i>	<i>98</i>
C.5.2.7	<i>Fabbisogno forza lavoro e macchinari.....</i>	<i>101</i>
C.5.2.8	<i>Sicurezza e salute sul lavoro nell'ambito della fase di cantiere</i>	<i>101</i>
C.5.3	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI CANTIERE	101
C.5.3.1	<i>Predisposizione delle aree.....</i>	<i>101</i>
C.5.3.2	<i>Opere civili</i>	<i>106</i>

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.5.3.3	Lavori di carpenteria e piping.....	109
C.5.3.4	Lavori elettrici.....	111
C.5.3.5	Opere di strumentazione	113
C.5.3.6	Ripristino dell'area	114
C.5.4	CONSUMI ED EMISSIONI	114
C.5.4.1	Emissioni in atmosfera.....	114
C.5.4.2	Approvvigionamento idrico di cantiere.....	115
C.5.4.3	Gestione delle acque di lavorazione.....	115
C.5.4.4	Impatto acustico.....	116
C.5.4.5	Modalità operative di cantiere.....	118
C.6	FASE DI ESERCIZIO.....	120
C.6.1	VITA DELL'OPERA.....	120
C.6.2	CONSUMI.....	120
C.6.2.1	Consumi di acqua	120
C.6.2.2	Consumi di energia.....	121
C.6.3	EMISSIONI	121
C.6.3.1	Atmosfera.....	121
C.6.3.2	Acqua.....	122
C.6.3.3	Rumore	124
C.6.4	MANUTENZIONI PREVISTE	126
C.6.5	ANALISI DEI MALFUNZIONAMENTI ED EVENTI INCIDENTALI	128
C.7	FASE DI DISMISSIONE	130
C.7.1	PREMESSA	130
C.7.2	PIANO DI CARATTERIZZAZIONE BONIFICA-RIPRISTINO AREE	130
C.7.3	CONTROLLO VISIVO, ASPORTAZIONE, ANALISI DI VERIFICA E PIANO DI INDAGINE PRELIMINARE.....	130
C.7.4	CONCLUSIONE LAVORI E RESTITUIBILITÀ DEL SITO	131
BIBLIOGRAFIA	132

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

ELENCO DIDASCALIE FIGURE

Figura 1 – Schema a blocchi rappresentativo dell'impianto	8
Figura 2 – H2 Green - Ubicazione approssimativa	9
Figura 3 – Ortofoto con individuazione area d'intervento	10
Figura 4 – Planimetria area scavi MISE area ex serbatoio ST-1	10
Figura 5 - Processi di produzione dell'idrogeno	13
Figura 6 - Domanda di idrogeno	14
Figura 7 - Ripartizione processi produzione idrogeno	15
Figura 8 - Confronto processi produzione idrogeno	17
Figura 9 - Schema idrogeno blu	20
Figura 10 - Confronto tecnologia elettrolizzazione	21
Figura 11 - Schema impianto di elettrolizzazione.....	22
Figura 12 - Grafico Tensione - densità di corrente elettrolizzatore	24
Figura 13 - Grafico tensione - ore funzionamento elettrolizzatore	25
Figura 14 - Schema elettrolizzatore AEL	25
Figura 15 - Schema elettrolizzatore PEM	27
Figura 16 - Schema elettrolizzatore SOEC	28
Figura 17 - Schema elettrolizzatore AEM	30
Figura 18 – Layout dell'impianto	38
Figura 19 – Schema a blocchi dell'impianto.....	39
Figura 20 – Layout dell'impianto – particolare PK-01.....	40
Figura 21 – Schema a blocchi del package di purificazione dell'azoto PK-01	40
Figura 22 – Layout dell'impianto – particolare PK-02.....	43
Figura 23 – Schema a blocchi del package di trattamento acque PK-02	43
Figura 24 - Schema del sistema EDI	44
Figura 25 - Dettaglio del modulo EDI.....	45
Figura 26 – Layout dell'impianto – particolare PK-03.....	49
Figura 27 – Schema funzionamento PEM. Fonte: IRENA, Green hydrogen cost reduction, 2020	49
Figura 28 – Schema a blocchi del package di elettrolisi PK-03.....	50
Figura 29 – Dettaglio delle celle elettrochimiche PEM	52
Figura 30 – Layout dell'impianto – particolare PK-04.....	55
Figura 31 – Schema a blocchi del package di purificazione dell'idrogeno PK-04	56
Figura 32 – Layout dell'impianto – particolare PK-05.....	59
Figura 33 - Schema del ciclo frigorifero	60
Figura 34 – Layout dell'impianto – particolare PK-06.....	61
Figura 35 – Schema a blocchi del package di purificazione dell'ossigeno PK-06	61
Figura 36 – Layout dell'impianto – particolare PK-07.....	64
Figura 37 – Layout dell'impianto – particolare alimentazione e distribuzione elettrica.....	65
Figura 38 - Stralcio cartografico con indicazione delle linee MT	66
Figura 39 – Zoom di dettaglio cabina AT3	67
Figura 40 – Zoom di dettaglio edificio B.....	67
Figura 41 – Caratteristiche passerelle di sostegno delle linee in MT.....	69

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Figura 42 - Trasformatore MT-BT	70
Figura 43 - Trasformatore AT-MT	70
Figura 44 – Schema elettrico dell'impianto	71
Figura 45 – Dettaglio dello schema elettrico dei moduli elettrolizzatori	72
Figura 46 – Esempio di pannelli utilizzati per la copertura	74
Figura 47 – Esempio di pannelli utilizzati per le pareti	74
Figura 48 - Vista 3D dell'edificio A: sala controllo, cabina LV-MV e baie trasformatori.....	75
Figura 49 - Vista 3D dell'edificio B/C: elettrolizzatore, raddrizzatore, purificazione dell'idrogeno, purificazione e compressione dell'ossigeno	75
Figura 45 - Planimetria stato futuro con indicazione delle sezioni.....	76
Figura 51 - Sezioni A, B e C dello stato futuro	77
Figura 52 - Sezioni E, F dello stato futuro.....	78
Figura 53 - Pozzetto del sistema di drenaggio.....	79
Figura 54 - Planimetria degli scarichi idrici della raffineria Sarlux e degli impianti di trattamento (TAS prevede scarichi 1A e 1B, TAZ scarico 1C).....	81
Figura 55 - Legenda della planimetria della rete fognaria	82
Figura 56 - Rete fognaria.....	83
Figura 57 – Planimetria della viabilità	90
Figura 58 - Piano della logistica di cantiere	93
Figura 59 – Gantt chart cantiere	100
Figura 60 - planimetria stato attuale con indicazione degli scavi in giallo.....	103
Figura 61 - Sezioni stato attuale, il verde indica il riporto, il giallo indica lo scavo (1).....	104
Figura 62 - Sezioni stato attuale, il verde indica il riporto, il giallo indica lo scavo (2).....	105
Figura 63 - Locazione delle sorgenti di impatto acustico.....	125

C.1 INTRODUZIONE

La presente sezione dello Studio descrive il progetto e le soluzioni adottate nel rispetto dei vincoli imposti dalla normativa tecnica, da quella ambientale e dalla pianificazione territoriale.

Verranno di seguito richiamate le motivazioni all'origine della decisione di procedere al proposto progetto di installazione di un impianto di produzione di idrogeno verde da 20 MW presso lo stabilimento Sarlux di Sarroch (CA) ad opera della NewCo *SardHy Green Hydrogen Srl* costituita da Saras S.p.A. ed Enel Green Power S.p.A.; e saranno illustrate le ragioni tecniche delle scelte progettuali operate. Particolare attenzione è stata rivolta, inoltre, alla descrizione delle misure tecniche ed accorgimenti gestionali adottati al fine di assicurare un appropriato contenimento degli effetti sull'ambiente che possono scaturire dalle diverse fasi di vita degli interventi in progetto.

In particolare, dopo la presentazione del contesto progettuale che definirà locazione e motivazioni del progetto, verrà presentata una panoramica delle alternative progettuali esistenti per la produzione di idrogeno per illustrare le motivazioni della scelta tecnologica adottata. Successivamente verrà esaminata la tecnologia impiantistica scelta, individuando per ogni fase e componente gli aspetti ambientali rilevanti. Infine, verranno analizzate la fase di realizzazione dell'impianto, la fase di esercizio e la fase di dismissione.

C.2 CONTESTO PROGETTUALE

C.2.1 Premessa

Il progetto dell'impianto "H2 Green" rientra nel contesto della transizione energetica dell'industria petrolifera. Di conseguenza promuove lo sviluppo dell'idrogeno verde in Italia e nel mondo, accelerando la transizione verso un sistema produttivo *carbon neutral*.

Infatti, questo è uno dei progetti finalizzati a ridurre sensibilmente il "carbon footprint" della raffineria. In particolare, la produzione e utilizzo di idrogeno verde, è considerata oggi una delle strategie a maggior potenziale per la decarbonizzazione dei processi di raffinazione. Inoltre, il sito di Sarroch si presta, in modo particolare, per dimensioni, posizione e caratteristiche strutturali a sviluppare ed accogliere un progetto di produzione di idrogeno verde con evidenti potenzialità di sviluppo e di crescita.

Si ricorda inoltre che la Strategia Europea per l'idrogeno, rilasciata dalla Comunità Europea nel luglio del 2020, si pone ambiziosamente come uno dei cardini per la completa decarbonizzazione dell'economia e il raggiungimento degli obiettivi di neutralità climatica al 2050 definiti all'interno del Green Deal Europeo a fine 2019. L'obiettivo della Strategia Europea, che si sviluppa in tre successive fasi temporali, è quello di generare la nascita, lo sviluppo e la diffusione del mercato dell'idrogeno e il conseguimento della totale produzione di idrogeno per gli utilizzi finali mediante idrogeno verde al 2050.

Oltre il contesto della sostenibilità ambientale, come illustrato nei paragrafi precedenti, è importante considerare che l'idrogeno è una materia prima fondamentale per la Raffineria, in quanto parte integrante, attraverso un network diffuso, dei processi di hydrocracking e hydrotreatment, e il suo approvvigionamento è oggi garantito da sistemi che utilizzano una fonte fossile per la sua produzione.

Inoltre, anche l'ossigeno, che insieme all'idrogeno è un flusso in uscita dal processo di elettrolisi, è una materia prima importante per i processi della raffineria in quanto viene utilizzato per arricchire l'aria utilizzata nelle unità di recupero dello zolfo, nelle unità di cracking catalitico (FCC).

C.2.2 Definizione dell'intervento

Per le motivazioni sopra descritte, *SardHy Green Hydrogen Srl* sta pianificando la realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde, di seguito denominato "Green H2", destinato al fabbisogno energetico della raffineria Sarlux di Sarroch (CA).

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Il nuovo impianto sarà caratterizzato da una potenza di 20 MW “green”, operante per 7.500 ore equivalenti annue ed è in grado di produrre circa 4.000 Nm³/h di idrogeno e 2.000 Nm³/h di ossigeno da destinare alla raffineria stessa. L'energia elettrica “green” proviene da impianti di tipo eolico, idroelettrico e fotovoltaico ed è coperta da certificazione all'origine. La fornitura dell'energia elettrica sarà a cura di Enel Green Power S.p.A.

L'impianto sarà realizzato in una ex area della raffineria Sarlux ed è in corso di stipula un contratto tra Sardhy Green Hydrogen S.r.l. e Sarlux S.r.l. di costituzione del diritto di superficie con *Ius Aedificandi* (come previsto dal Patto parasociale del 27/01/2022 sottoscritto da Saras S.p.A. e Enel Green Power Italia S.r.l.).

L'attività di SardHy è del tutto autonoma dall'attività della raffineria Sarlux. Con quest'ultima ha unicamente le seguenti interconnessioni:

1. Fornitura di acqua di processo, azoto, aria e energia elettrica dalla raffineria;
2. Invio degli scarichi alla rete fognaria di raffineria;
3. Invio degli sfiati di emergenza alla rete dei blowdown di raffineria;
4. Cessione dell'idrogeno e dell'ossigeno prodotti alla raffineria.

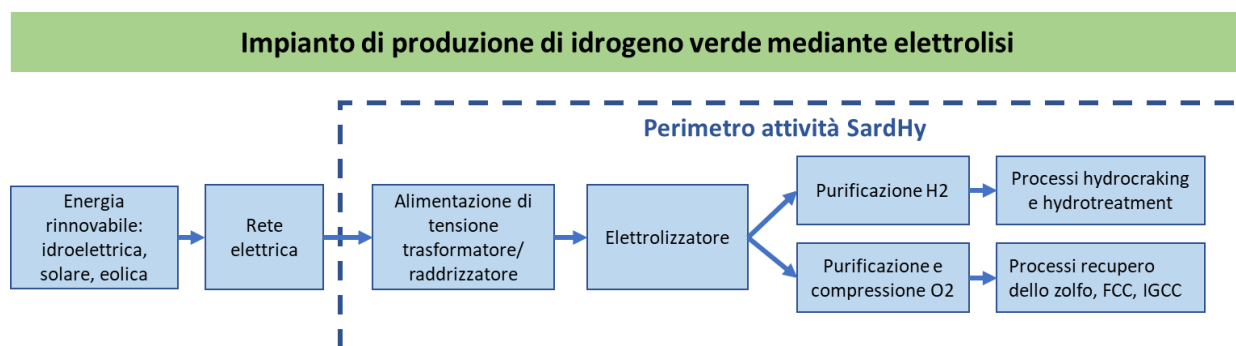


Figura 1 – Schema a blocchi rappresentativo dell'impianto

C.2.3 Localizzazione degli interventi

L'area identificata per la realizzazione dell'impianto è una ex area della raffineria Sarlux di estensione pari a 6.080 m², libera da impianti e manufatti e ubicata dove precedentemente era presente il Bacino di Contenimento del Serbatoio ST-1, ora smantellato completamente; tale area risulta confinante a Nord con il Pipe Rack prospiciente la strada denominata “E”, a Sud con la strada denominata “C”, a Ovest con la strada “IIE” fronte impianti UNITA 800 e TAME, e a Est con le Vasche API della Raffineria. I confini dell'area sono rappresentati in Figura 4.

L'area in oggetto è stata soggetta a bonifica tra il 2008 e il 2009 dopo l'approvazione, da parte del Ministero competente, dei progetti per la messa in sicurezza di emergenza (MISE). Sarlux ha provveduto all'asportazione del terreno contaminato, secondo quanto previsto dal progetto

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

condiviso e approvato dalle Autorità competenti, allo scopo di richiederne la sua restituzione per la realizzazione e svolgimento di nuove attività. Infine, Sarlux nel 2021 ha comunicato la chiusura delle attività di MISE relative all'Area ST-1. Maggiori dettagli riguardo alla procedura di bonifica sono riportati nel quadro di riferimento ambientale del presente Studio di Impatto Ambientale (Elaborato AM-RT10003 SIA - Quadro di riferimento ambientale).

L'area di intervento occupa un'area di circa 6.080 m² ed è rappresentata in Figura 3.

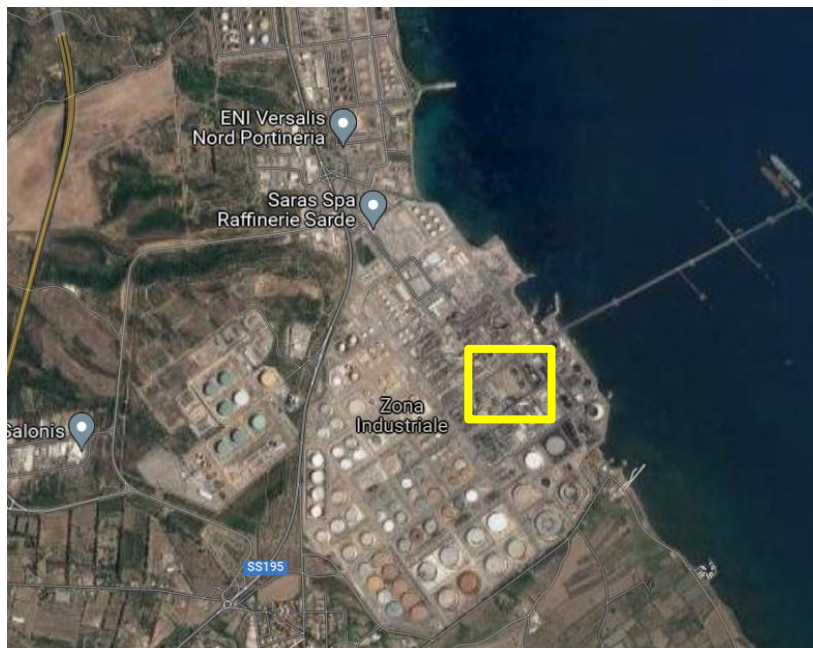


Figura 2 – H2 Green - Ubicazione approssimativa

Studio di Impatto Ambientale

Quadro di riferimento progettuale



Figura 3 – Ortofoto con individuazione area d'intervento

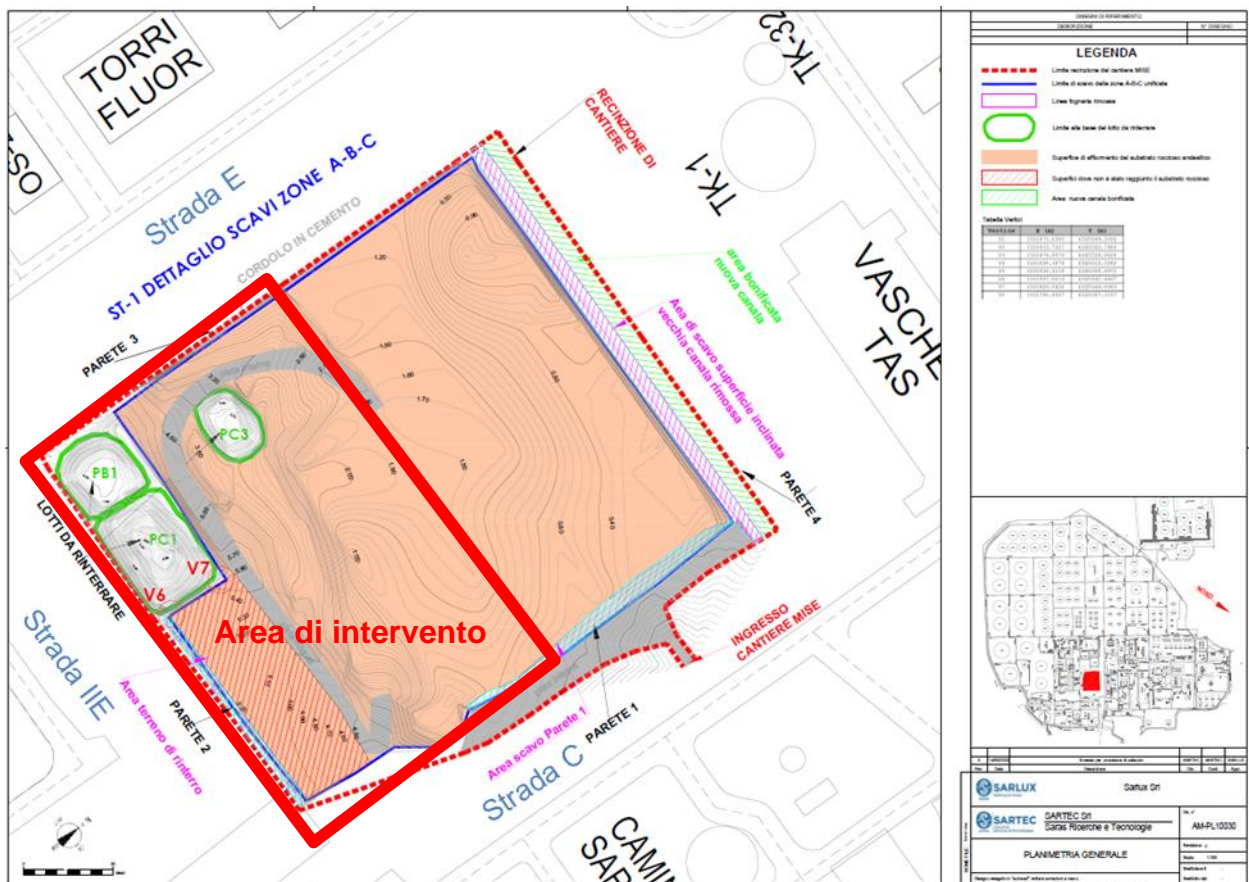


Figura 4 – Planimetria area scavi MISE area ex serbatoio ST-1

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Si fa presente che l'area sopramenzionata, a seguito della bonifica avvenuta nel 2008-2009, risulta ad una quota inferiore di circa 2-2,5 m, fino a circa 4 m in alcuni punti, rispetto alle quote altimetriche delle strade limitrofe di futuro accesso al nuovo Impianto (strada "C" e strada "IIE"). Pertanto, alla luce di tali dislivelli l'area dovrà essere soggetta a "site preparation" con riempimenti e opere di contenimento in cemento armato.

C.3 ALTERNATIVE PROGETTUALI ANALIZZATE

C.3.1 Premessa

Nel seguito si descriverà il percorso valutativo compiuto nella definizione delle scelte ingegneristiche orientate al raggiungimento degli obiettivi e delle prestazioni tecniche illustrati nella *Premessa* al presente SIA e negli elaborati di progetto.

Trattandosi di interventi indipendenti sotto il profilo tecnico-funzionale gli stessi saranno presi in esame separatamente.

Avuto riguardo dei potenziali effetti ambientali conseguenti, la valutazione delle possibili alternative ha posto al centro il raggiungimento di soddisfacenti requisiti prestazionali e di sicurezza, durabilità a lungo termine dei componenti, semplicità gestionale e minima interferenza con l'operatività della Raffineria, come più oltre esplicitato.

Nel presente capitolo sono stati utilizzati i dati e le analisi svolte da IRENA - International Renewable Energy Agency e IEA - International Energy Agency, in particolare nei report *Green Hydrogen Cost Reduction* (2021), *The Future of Hydrogen* (2019) e *Global Hydrogen Review* (2021); inoltre, sono state utilizzate le rielaborazioni del gruppo Energy Strategy del Politecnico di Milano svolte nel report *Hydrogen Innovation Report* per gli anni 2021 e 2022.

C.3.2 Analisi delle alternative di processo

C.3.2.1 Classificazione dei processi di produzione dell'idrogeno

Per spiegare la caratterizzazione delle diverse tipologie di idrogeno, negli anni è stata utilizzata una rappresentazione a colori, ognuno riferito ad uno specifico processo di produzione, oltre che alle diverse fonti energetiche utilizzate nei suddetti processi.

Al fine di creare una mappatura sufficientemente esaustiva si riportano nello schema sottostante le nomenclature più diffuse e comunemente citate in letteratura:

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

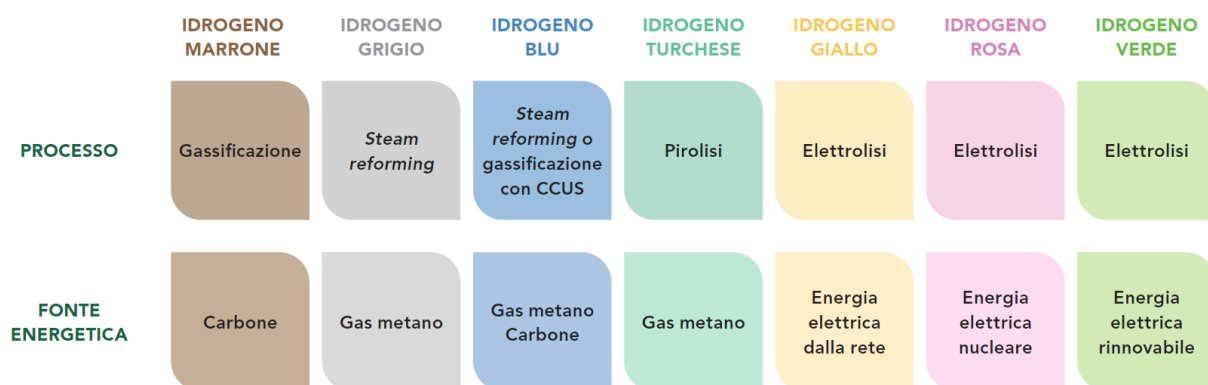


Figura 5 - Processi di produzione dell'idrogeno

I processi di produzione qui sopra citati e le rispettive fonti energetiche in ingresso sono caratterizzati da impatti ambientali molto differenti fra loro, e, in particolare, la produzione di idrogeno marrone si rivela la più inquinante con valori che si assestano nel range di 18-20 t_{CO_2}/t_{H_2} , mentre l'idrogeno verde si rivela neutro dal punto di vista della carbon footprint.

C.3.2.2 Domanda di idrogeno - Situazione attuale a livello globale

L'idrogeno e il suo utilizzo industriale hanno origini molto lontane che risalgono a metà dell'Ottocento; nonostante questo il mercato attuale dell'idrogeno risulta essere molto limitato ad utilizzi in specifici settori.

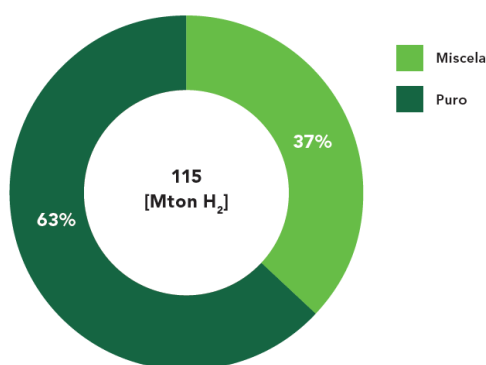
A livello globale, si registra una domanda di circa 115 milioni di tonnellate annue di idrogeno, di cui:

- circa 73 Mton sono utilizzate come idrogeno puro, prevalentemente nel settore della raffinazione petrolifera e dell'industria della produzione di ammoniaca per i fertilizzanti, che rappresentano circa il 60% della domanda totale.
- altre 42 Mton sono utilizzate sotto-forma di miscela con altri gas, principalmente per la produzione di metanolo e per l'industria siderurgica.

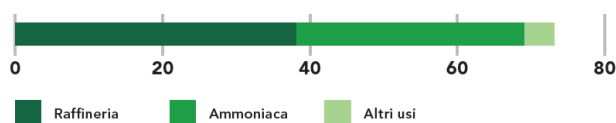
Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

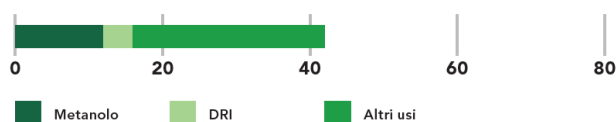
DOMANDA DI IDROGENO AL 2019 [MtonH₂]



RIPARTIZIONE SETTORI UTILIZZO H2 PURO AL 2019 [MtonH₂]



RIPARTIZIONE SETTORI UTILIZZO H2 IN MISCELA AL 2019 [MtonH₂]



Fonte: rielaborazione Energy&Strategy su dati IEA, The future of hydrogen 2019

Figura 6 - Domanda di idrogeno

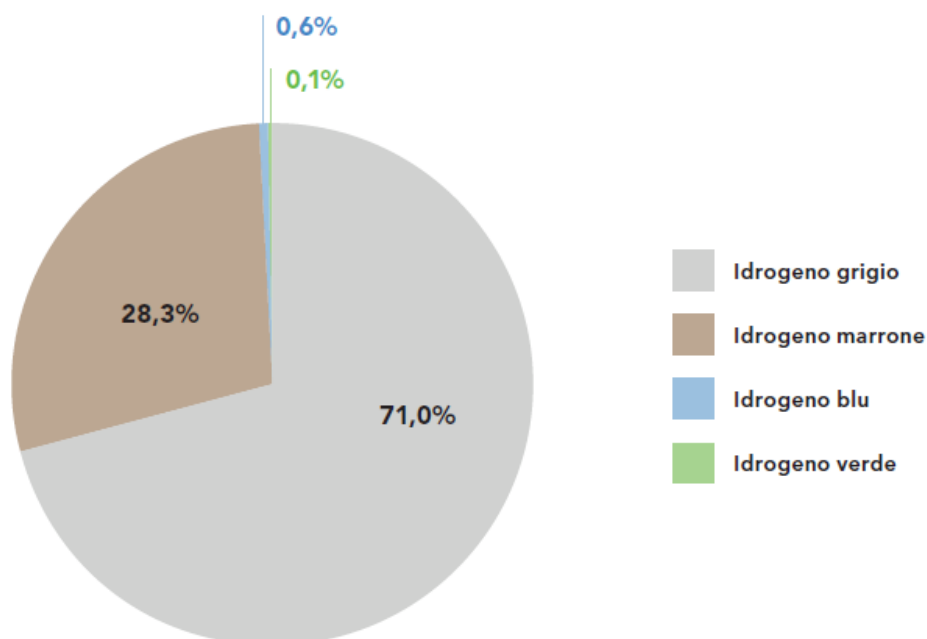
A livello globale, la produzione di idrogeno come prodotto primario si attesta intorno a circa 70 Mton, mentre altre 48 Mton di idrogeno sono ottenute come prodotto secondario (by-product) di alcuni specifici processi, specialmente nell'industria chimica e nelle raffinerie:

- la produzione diretta di idrogeno deriva quasi interamente da fonti fossili (99,3%): in particolare, oltre il 70% si riferisce a idrogeno grigio prodotto in larga parte nel processo di Steam Methane Reforming, il 28% si riferisce a idrogeno marrone, prodotto dalla gassificazione del carbone. La restante quota si suddivide tra idrogeno blu (0,6%) e idrogeno green (0,1%);
- in modo analogo, anche l'idrogeno prodotto come «scarto» di altri processi risulta fortemente legato a fonti fossili e soltanto lo 0,5% può essere considerato idrogeno green.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

RIPARTIZIONE % PRODUZIONE DIRETTA DI IDROGENO AL 2019



Fonte: IEA 2019, Wood McKenzie, 2019

Figura 7 - Ripartizione processi produzione idrogeno

C.3.2.3 Altri processi

Oltre ai sistemi già analizzati, l'idrogeno può essere prodotto utilizzando una serie di processi alternativi ma meno diffusi.

Tra processi termochimici già analizzati che utilizzano calore e reazioni chimiche per rilasciare idrogeno da materiali organici, vi sono processi che non utilizzano combustibili fossili come carbone e gas naturale ma utilizzano combustibili alternativi in forma di biomassa. In altri ancora il calore, in combinazione con cicli termo-chimici chiusi, è usato per produrre idrogeno da materie prime come l'acqua. Esempi di processi termochimici:

- Gassificazione della biomassa
- Reforming liquido da biomassa
- Idrogeno termochimico solare (STCH).

Vi sono poi processi di scissione solare diretta dell'acqua, o fotolitici, che utilizzano l'energia luminosa per dividere l'acqua in idrogeno e ossigeno. Questi processi sono attualmente in fasi iniziali di ricerca, ma offrono un potenziale a lungo termine per una produzione sostenibile di idrogeno a basso impatto ambientale. Esempi di processi di scissione dell'acqua solare:

- Fotoelettrochimica (PEC)

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Fotobiologico.

Infine, sono in fase di sviluppo anche innovativi processi biologici nei quali organismi microbici come batteri e microalghe possono produrre idrogeno attraverso reazioni biologiche, utilizzando la luce solare o la materia organica. Questi percorsi tecnologici sono in fase di ricerca e sviluppo, con dimostrazioni pilota in corso, ma a lungo termine hanno il potenziale per una produzione sostenibile di idrogeno a basse emissioni di carbonio. Esempi di processi biologici sono:

- Conversione della biomassa microbica
- Fotobiologico.

C.3.2.4 Tecnologie presenti sul mercato

Alla luce dei dati illustrati nei capitoli precedenti possiamo concludere come al momento i processi principali per la produzione dell'idrogeno siano legati all'utilizzo di combustibili fossili (gas naturale e carbone).

Poco rilevante a livello di numeriche attuali appare invece la produzione a basse/nulle emissioni di CO₂, ottenuta attraverso l'utilizzo del Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS) e dell'elettrolisi. Queste soluzioni, anche grazie ad un affinamento delle tecnologie e dei processi produttivi, che permetteranno un abbattimento del Levelized Cost of Hydrogen (LCOH), otterranno nel prossimo futuro una «rilevanza» sempre maggiore.

Per questi motivi nella seguente analisi si andranno a fornire maggiori dettagli a livello tecnologico ed economico sulle seguenti 4 tipologie di idrogeno, delle quali si riassumono le principali caratteristiche, mettendo in evidenza vantaggi e svantaggi e valutando il LCOH attuale:

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

	MARRONE	GRIGIO	BLU	VERDE
FONTE	Carbone	Gas Metano	Carbone/ Gas Metano	Energia elettrica rinnovabile
PRO	<ul style="list-style-type: none"> Basso costo materia prima Tecnologia matura e diffusa nel mercato 	<ul style="list-style-type: none"> Basso costo materia prima Tecnologia matura e diffusa nel mercato 	<ul style="list-style-type: none"> Riduzione delle emissioni Soluzione transitoria verso l'idrogeno verde 	Emissioni nulle
CONTRO	<ul style="list-style-type: none"> Emissioni molto elevate 	<ul style="list-style-type: none"> Emissioni elevate 	<ul style="list-style-type: none"> Emissioni non nulle 	<ul style="list-style-type: none"> Costo elevato delle tecnologie Attuale capacità installata inferiore al fabbisogno
EMISSIONI	18-20 kgCO ₂ /kgH ₂	9-10 kgCO ₂ /kgH ₂	Maggiore di 5 kgCO ₂ /kgH ₂ *	0 kgCO ₂ /kgH ₂
LCOH attuale	1 - 1,5 US\$/kgH ₂	1 - 2 US\$/kgH ₂	2 - 2,5 US\$/kgH ₂	2,5 – 7 US\$/kgH ₂

***Nota:** Si considera l'intero processo e si ipotizza l'utilizzo di combustibili fossili per alimentare energeticamente il processo di Carbon Capture e Storage
Fonte: IRENA, Green hydrogen cost reduction, 2020

Figura 8 - Confronto processi produzione idrogeno

Si consideri che nel 2022, a causa dell'aumento dei costi delle materie prime, in particolare del gas, fortemente impattato dal conflitto in Ucraina, il LCOH dell'idrogeno grigio stimato dal gruppo Energy & Strategy del Politecnico di Milano è arrivato a circa 6,5 €/kgH₂ per un costo del gas naturale di 1,2 €/Sm³; mentre il LCOH dell'idrogeno verde, fortemente impattato dal costo dell'energia elettrica, anch'essa in forte aumento, è arrivato a circa 10 €/kgH₂ per un costo dell'energia di oltre 150 €/MWh. Questa situazione, tuttavia, non rientra in uno scenario di mercato standard, pertanto nella successiva analisi verranno presi in considerazione valori di mercato medi riferiti agli anni 2020-2021.

C.3.2.5 Tecnologie per l'idrogeno marrone

La produzione di idrogeno marrone, che avviene mediante la gassificazione del carbone, risulta un processo maturo e ben sviluppato in quanto utilizzato per molti anni all'interno dell'industria chimica e dei fertilizzanti per la produzione di ammoniaca.

Il processo di gassificazione del carbone avviene a temperature elevate (superiori a 700-800 °C), in presenza di una percentuale sotto-stechiometrica di un agente ossidante (tipicamente aria - ossigeno o vapore).

La gassificazione è un processo chimico che permette di convertire materiale ricco di carbonio (carbone, petrolio o biomassa) in un gas di sintesi (*syngas*) composto da monossido di carbonio (CO), idrogeno (H₂) e altre sostanze gassose.

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

In funzione dello scopo del processo, la miscela può essere considerata un combustibile o può essere utilizzata per la produzione di idrogeno come prodotto finale mediante un processo di *Water Gas Shift* (WGS).

È una tecnologia utilizzata prevalentemente in Cina, dove i bassi costi del carbone determinano una convenienza economica rispetto alle altre tecnologie di produzione dell'idrogeno.

Considerato l'ingente fattore emissivo (18-20 tCO₂/tH₂), per poter mantenersi nel mercato questa soluzione probabilmente richiederà l'integrazione della *Carbon Capture and Storage*.

Attualmente il costo di produzione di idrogeno tramite questa tecnologia è di circa 1-1,5 US\$/kgH₂. (Fonte: IEA, The future of hydrogen, 2019; Assunzioni: Prezzo del carbone = 30,1 US\$/ton)

C.3.2.6 Tecnologie per l'idrogeno grigio

La soluzione più diffusa a livello mondiale per la produzione di idrogeno grigio risulta quella dello *steam reforming* che sostanzialmente è declinabile in 3 processi principali:

1) *Steam Methane Reforming* (SMR)

In questo processo il vapore acqueo viene miscelato con il gas naturale agendo come ossidante del metano in una reazione endotermica, producendo idrogeno e CO; quest'ultimo verrà successivamente convertito in CO₂ e H₂ mediante un processo di *Water Gas Shift* (WGS).

È la Tecnologia più utilizzata per la produzione di idrogeno su larga scala. Il gas naturale viene utilizzato sia come combustibile (circa 30-40%) che come materia prima (combinato con l'acqua).

Considerato l'elevato numero di impianti attualmente in esercizio, il processo molto probabilmente resterà la tecnologia dominante per la produzione di idrogeno su larga scala nel breve termine, anche tenendo in considerazione i costi di produzione nettamente inferiori rispetto alle altre soluzioni tecnologiche.

Attualmente il costo di produzione di idrogeno tramite questa tecnologia è di circa 1-2 US\$/kgH₂. (Fonte: IEA, The future of hydrogen, 2019; Assunzioni: prezzo del gas = 3-11 US\$/MBtu)

2) *Partial Oxidation*

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

L'ossigeno viene utilizzato come ossidante in una miscela con il combustibile; questo processo viene utilizzato per estrarre idrogeno dal petrolio grezzo e dal carbone. Anche in questo caso si utilizza in cascata un processo di *Water Gas Shift*.

3) *Autothermal Reforming* (ATR)

Questo processo rappresenta una combinazione dei due processi precedenti.

C.3.2.7 Tecnologie per l'idrogeno blu

La produzione di idrogeno blu consiste nell'installazione di un impianto di *Carbon Capture Utilization and Storage* (CCUS) all'interno dei processi di *Steam Methane Reforming* o di gassificazione del carbone.

Un impianto di *Carbon Capture Utilization and Storage* (CCUS) può ottenere una riduzione delle emissioni di CO₂ fino al 90% se applicato sia al processo che ai flussi energetici in uscita.

Ci sono diversi modi per catturare la CO₂ dal processo:

- Separarla dal gas di sintesi ad alta pressione, con una riduzione delle emissioni fino al 60% e un costo di 53 US\$/tonCO₂.
- Separarla dal flusso di gas di scarico post-processo di adsorbimento dell'idrogeno, con una riduzione delle emissioni del 55%.
- Separarla dal flusso di gas diluito nella caldaia, con una riduzione delle emissioni fino al 90% ed un incremento dei costi tra gli 80-115 US\$/tonCO₂.

Attualmente il costo di produzione di idrogeno tramite questa tecnologia è di circa 2-2,5 US\$/kgH₂. (Fonte: IEA, *The future of hydrogen*, 2019; Assunzioni: CAPEX CCUS= 400-700 US\$/kWH₂. Prezzo del gas = 3-11 USD\$/MBtu)

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

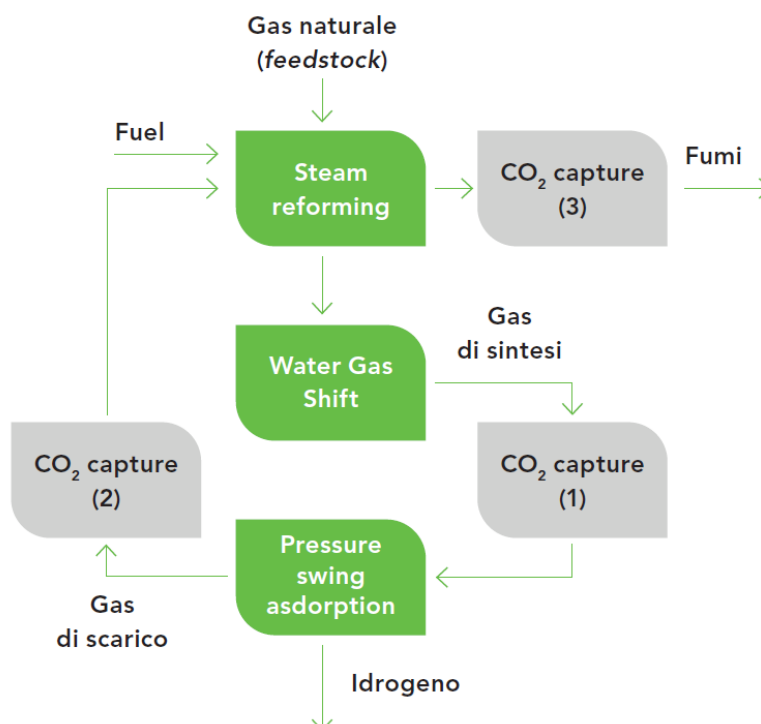


Figura 9 - Schema idrogeno blu

C.3.2.8 Soglia di emissioni stabilita dalla RED II

L'allegato al Regolamento 2020/852 definisce i criteri per determinare le condizioni in cui un'attività economica viene considerata utile alla mitigazione del cambiamento climatico e se l'attività stessa non arreca danno a nessun altro obiettivo ambientale.

La produzione di idrogeno e di altri combustibili sintetici a base di idrogeno viene considerata un'attività che fornisce un contributo sostanziale alla mitigazione dei cambiamenti climatici se soddisfa il requisito di riduzione delle emissioni di gas serra nel ciclo di vita del 73,4 % per l'idrogeno e del 70% per i combustibili sintetici rispetto ad un combustibile fossile di riferimento che presenta un fattore emissivo pari a 94 g CO₂/MJ.

Tale risparmio di emissioni corrisponde ad un fattore pari a 3 ton CO₂/ton H₂ lungo l'intero ciclo di vita. Ciò significa che, per essere considerata un'attività che contribuisce alla mitigazione dei cambiamenti climatici e non reca danno all'ambiente, la produzione di idrogeno deve mantenere la propria quota di emissioni al di sotto della soglia di 3 ton CO₂/ton H₂.

Alla luce di tali disposizioni, è possibile dedurre che:

- Allo stato attuale della tecnologia la produzione di idrogeno grigio e idrogeno blu non permette di rientrare all'interno di questi limiti soglia.

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Anche l'idrogeno prodotto tramite elettrolisi potrebbe non rispettare il presente vincolo se l'elettricità utilizzata per alimentarlo dovesse provenire dalla rete e fosse prodotta con un mix energetico altamente derivante da combustibili fossili. Considerando i dati preliminari ISPRA relativi al 2019 che evidenziano per l'energia prodotta sul territorio una media di emissioni pari a 284,5 g/kWh, l'Italia sembra ricadere in questa situazione.

C.3.2.9 Tecnologie per l'idrogeno verde

L'idrogeno verde viene prodotto tramite il processo di elettrolisi che si può descrivere come la scissione della molecola d'acqua in idrogeno e ossigeno per via elettrochimica (*water split*).



Dal punto di vista ambientale, le emissioni di CO₂ associate a questo processo di produzione sono, fondamentalmente, solo quelle della produzione dell'energia elettrica; e quindi nel caso di utilizzo di energia rinnovabile sono sostanzialmente nulle.

Dal punto di vista economico, considerando una situazione di mercato standard, la produzione di idrogeno green non risulta ancora sostenibile, raggiungendo valori di *Levelized Cost Of Hydrogen* (LCOH) 2-3 volte superiori rispetto ai valori dell'idrogeno grigio oggi largamente prodotto e utilizzato nel mercato. Per questo motivo questo sistema di produzione necessita dell'incentivazione come fonte rinnovabile, come lo sono state a loro tempo la tecnologia del fotovoltaico e dell'eolico che hanno poi raggiunto, nel tempo, la *grid parity*.

Esistono diverse tipologie di elettrolizzatori, alcune di esse già presenti sul mercato ed altre in fase di ricerca e sviluppo. Le tecnologie che ad oggi sono maggiormente note vengono qui classificate sulla base del *Technology Readiness Level* (TRL), utilizzato come indicatore della maturità tecnologica su una scala da 1 a 9, e della diffusione attuale delle tecnologie sul mercato, indice dell'adozione delle stesse:



(*) Fonte: rielaborazione Energy&Strategy su fonti IEA (ETP Clean Energy Technology Guide); "Alkaline fuel cell technology - A review", 2021

Figura 10 - Confronto tecnologia elettrolizzazione

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Gli elettrolizzatori alcalini (AEL) sono la tecnologia più matura e già disponibile per il commercio su larga scala. Al secondo posto per livello di maturità si trova la tecnologia PEM, che si può considerare commerciale e pronta per una diffusione su larga scala. Le altre due tecnologie prese in considerazione (AEM e SOEC) presentano un elevato potenziale di sviluppo, ma al momento i livelli di produzione sono limitati o sono ancora in fase di sviluppo.

C.3.2.9.1 La struttura di un elettrolizzatore

Un elettrolizzatore risulta sostanzialmente suddiviso in due «parti»: i moduli che contengono gli *stack* (dove avviene effettivamente la reazione di elettrolisi) e il BOS - *Balance of Stack*, che comprende al suo interno i sistemi di alimentazione elettrica, di pompaggio e trattamento dell'acqua, i sistemi di trattamento dell'idrogeno e i sistemi di controllo di tutto l'impianto.

Entrambe risultano significative dal punto di vista dei costi; in particolare:

- al fine di ridurre i costi ed incrementare le performance dei moduli, sarà necessaria nel prossimo futuro una forte attività di R&D;
- allo stesso tempo, la costruzione di impianti di taglia più elevata potrebbe abbattere i costi relativi al *Balance of Stack*.

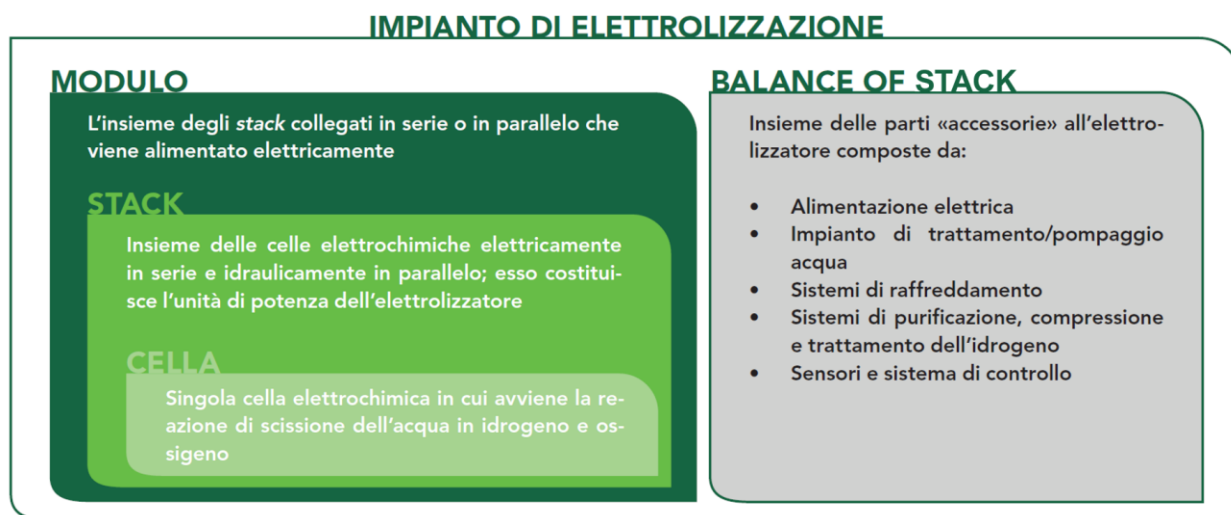


Figura 11 - Schema impianto di elettrolizzazione

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.3.2.9.2 L'alimentazione degli elettrolizzatori

Il funzionamento degli elettrolizzatori è basato su Corrente Continua DC, tipicamente con valori molto elevati di corrente, fino alle decine di migliaia di Ampere e valori limitati di tensione, dell'ordine delle centinaia di Volt. La rete elettrica è invece operata in corrente alternata AC e, per diminuire le perdite di trasmissione, in media (MT 1-35 kV) o alta tensione (AT 35-400 kV). L'alimentazione degli elettrolizzatori deve quindi prevedere sia un sistema di conversione AC-DC sia un trasformatore per innalzare il valore di corrente a monte del convertitore. Il processo è controllato in corrente, riceve dei set-point e regola la corrente in uscita e la produzione dell'elettrolizzatore.

Dal punto di vista elettrico i componenti principali che compongono l'impianto di alimentazione sono quindi il trasformatore di potenza e il sistema di conversione AC-DC; oltre ad essi, ci sono anche i dispositivi per la sicurezza (interruttori e relè), gli eventuali sistemi di filtraggio e il sistema di controllo.

C.3.2.9.3 Efficienza degli elettrolizzatori

L'efficienza di un elettrolizzatore è definita come il rapporto tra il contenuto energetico dell'ammontare di idrogeno prodotto rispetto all'energia spesa per produrre tale quantità, tenendo conto anche delle dissipazioni termiche, chimiche ed elettriche di tutti gli ausiliari.

In generale ci si riferisce all'efficienza della cella e l'efficienza del sistema per distinguere i due contributi.

L'efficienza della cella è data dal prodotto dell'efficienza di tensione η_V , data dal rapporto tra la tensione di equilibrio termodinamica V_{Eq} e la tensione di lavoro V_o , e dell'efficienza di corrente o di Faraday η_A

$$\eta_{Cell} = \eta_V \eta_A = \frac{V_{Eq}}{V_o} \eta_A$$

Non è possibile definire un'efficienza senza definire il punto di lavoro dell'elettrolizzatore. In generale si assume il potenziale «termoneutro» pari 1,48 V come tensione di equilibrio.

L'efficienza di tensione η_V diminuisce all'aumentare della corrente e quindi dell'idrogeno prodotto a causa delle sovratensioni e delle perdite resistive (vedi grafico).

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

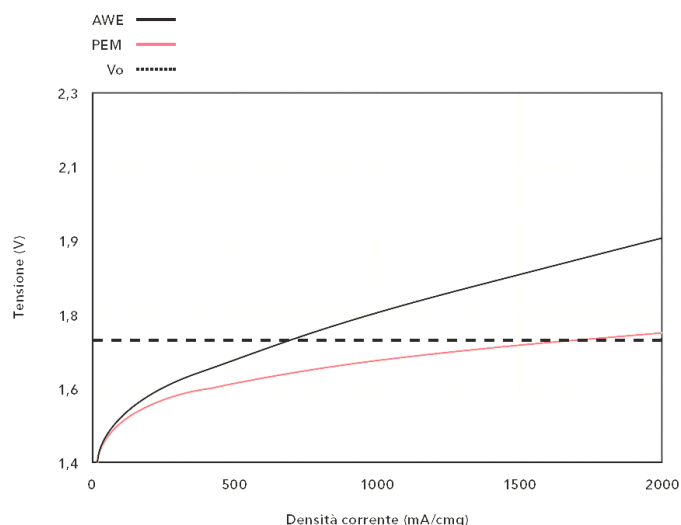


Figura 12 - Grafico Tensione - densità di corrente elettrolizzatore

L'efficienza di corrente η_A , al contrario, è bassa a bassi fattori di carico, anche 20-25% per fattori di carico inferiori al 20%, ma cresce rapidamente a valori elevati, >80- 85%, a carichi crescenti.

C.3.2.9.4 Degrado delle prestazioni degli elettrolizzatori

Il degrado delle prestazioni dell'elettrolizzatore nel corso del tempo è dato dall'incremento di tensione per ogni ora di funzionamento a parità di unità di produzione. In pratica, il consumo elettrico per produrre lo stesso ammontare di idrogeno cresce proporzionalmente nel tempo.

I valori di degrado sono misurati in sovratensione mV per mille ore di funzionamento o in incremento % della tensione per anno; valori tipici per gli elettrolizzatori alcalini e per i PEM sono dell'ordine di 1-1,5 mV per mille ore operative.

Quando la sovratensione totale supera il 10% della tensione di lavoro non è più economicamente conveniente operare l'elettrolizzatore ed è necessaria la sostituzione (vedi grafico).

I problemi di incremento delle perdite di prestazioni sono molteplici e dipendono molto spesso dalla perdita di efficacia del catalizzatore e dal degrado delle membrane.

Esistono numerose altre problematiche di degrado come la corrosione delle parti esposte agli elettroliti acidi e alcalini o le perdite dimensionali delle membrane soprattutto per quelle anioniche per le celle AEM.

Infine, il BOS del sistema è soggetto a fenomeni di degrado sia nelle componenti idrauliche (valvole, guarnizioni, ecc.) sia elettriche.

Il problema della perdita di prestazioni del BOS è molto rilevante per le SOEC che funzionano a temperature molto elevate.

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

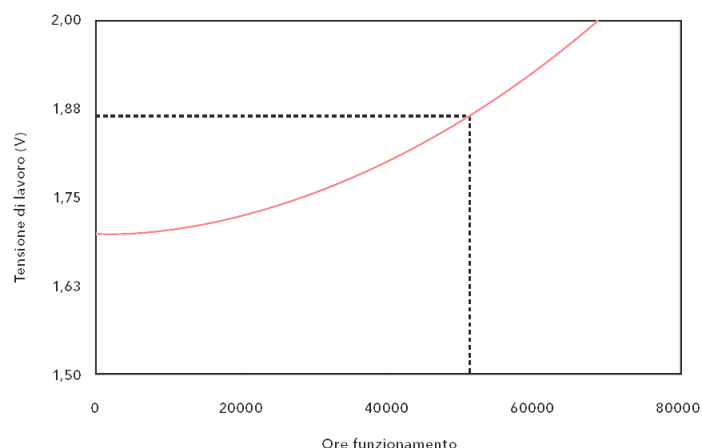
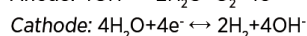
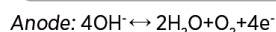
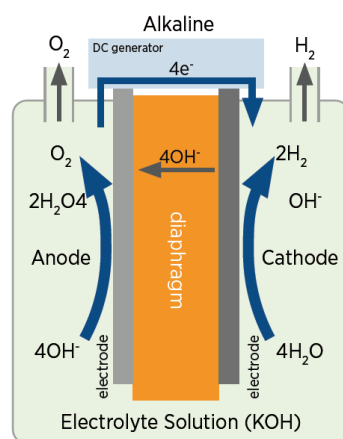


Figura 13 - Grafico tensione - ore funzionamento elettrolizzatore

C.3.2.9.5 Gli elettrolizzatori alcalini (AEL)

Gli elettrolizzatori alcalini sono la tecnologia più matura, applicata già da anni nell'industria dell'alluminio e della produzione di ammoniaca, con prestazioni nel tempo sufficientemente stabili.

Gli elettrodi sono immersi in soluzione acquosa alcalina e separati da una membrana permeabile solo agli ioni OH^- ; questa tecnologia lavora a bassa temperatura e bassa pressione (max. 30 bar), non richiede l'utilizzo di materie prime costose, ma è limitata nel seguire le variazioni di carico a bassi carichi (<20%) per problematiche di sicurezza.



Fonte: IRENA, Green hydrogen cost reduction, 2020

Figura 14 - Schema elettrolizzatore AEL

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

PARAMETRI	STATO ATTUALE TECNOLOGIA (2020)
CAPEX impianto* [USD/kW]	700 - 1.300
OPEX** [% Capex Impianto]	2 - 3%
CAPEX sostituzione stack [USD/kW]	270
Vita utile stack [h]	60.000 - 100.000 h
Consumo energetico [kWh/kgH ₂]	50 – 78
Tecnologia reversibile	No***
Variazioni di carico [%]	20 - 100%
Partenza a freddo [min]	<50 minuti
Temperatura operativa [°C]	60 - 90°C
Pressione operativa	1 - 30 bar

(*) Nota: Il CAPEX dell'impianto si riferisce ad una taglia minima di 1MW e non considera i costi del compressore, funzione del delta di pressione che si vuole realizzare a valle dell'elettrolizzatore.

(**) Nota: I valori di Opex riportati sono al netto dei costi relativi all'energia elettrica e dell'acqua.

(***) Nota: Esistono alcune applicazioni reversibili della tecnologia ma non commercializzate poiché caratterizzate da basse efficienze ed elevata complessità (Fonte: IRENA).

Tabella 1 - Caratteristiche elettrolizzatore AEL

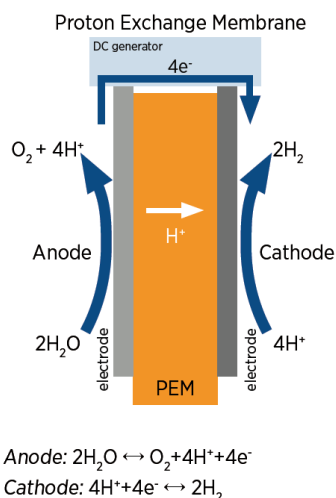
C.3.2.9.6 Gli elettrolizzatori a membrana polimerica (PEM)

Gli elettrolizzatori PEM hanno subito un notevole sviluppo negli ultimi anni grazie allo sviluppo delle *fuel cell*; oggi le soluzioni hanno potenze generalmente inferiori rispetto agli elettrolizzatori alcalini ma la taglia media è in crescita.

Lavorano con soluzioni acquose acide a bassa temperatura (70-80 °C) e pressioni intermedie (30 - 80 bar). Hanno efficienze più elevate e sono al contempo più compatti degli AEL, ma necessitano di materie prime costose per i catalizzatori e i materiali di rivestimento che sono metalli del gruppo del platino, come l'iridio. Inoltre, i PEM sono caratterizzati da un'elevata flessibilità che li rende adatti a lavorare in condizioni di carico variabile.

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale



Fonte: IRENA, Green hydrogen cost reduction, 2020

Figura 15 - Schema elettrolizzatore PEM

PARAMETRI	STATO ATTUALE TECNOLOGIA (2020)
CAPEX impianto* US\$/kW]	1.000-1.400
OPEX** [% Capex Impianto]	2 - 3%
CAPEX sostituzione stack [US\$/kW]	400
Vita utile stack [h]	50.000 - 80.000 h
Consumo energetico [kWh/kgH ₂]	50 – 83
Tecnologia reversibile	No***
Variazioni di carico [%]	10% - 160%
Partenza a freddo [min]	<20 minuti
Temperatura operativa [°C]	50 - 80°C
Pressione operativa	30 - 80 bar

(*) Nota: Il CAPEX dell'impianto si riferisce ad una taglia minima di 1MW e non considera i costi del compressore, funzione del delta di pressione che si vuole realizzare a valle dell'elettrolizzatore.

(**) Nota: I valori di Opex riportati sono al netto dei costi relativi all'energia elettrica e dell'acqua.

(***) Nota: Esistono alcune applicazioni reversibili della tecnologia ma non commercializzate poiché caratterizzate da basse efficienze ed elevata complessità (Fonte: IRENA).

Tabella 2 - Caratteristiche elettrolizzatore PEM

C.3.2.9.7 Gli elettrolizzatori a ossidi solidi (SOEC)

Gli elettrolizzatori a ossidi solidi (SOEC) sono ancora nella fase pre-commerciale, ma è plausibile che possano penetrare nel mercato nei prossimi anni; ad oggi sono stati realizzati

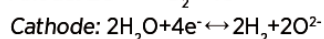
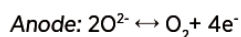
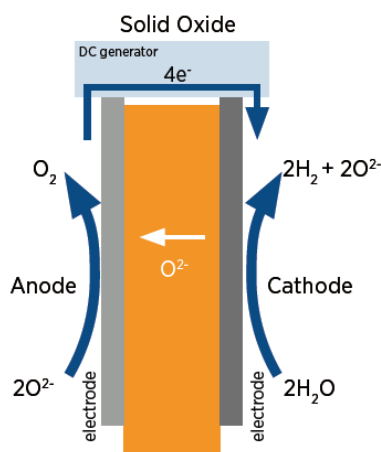
Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

impianti di piccola taglia (kW) in qualità di progetti pilota dimostrativi. Recentemente alcuni produttori hanno iniziato a proporre prodotti commerciabili ma su scala molto ridotta.

Essi tipicamente operano ad alta temperatura (700-850 °C) e a pressione ambiente; queste condizioni consentono di raggiungere elevati valori di rendimento elettrico, ma riducono la vita utile dello *stack* e la relativa stabilità di funzionamento.

Essendo una tecnologia reversibile, sono potenzialmente adatti per utilizzi con accumulo di idrogeno e servizi di bilanciamento alla rete. Sono molto adatti per utilizzatori che abbiano vapore ad alta temperatura.



Fonte: IRENA, Green hydrogen cost reduction, 2020

Figura 16 - Schema elettrolizzatore SOEC

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

PARAMETRI	STATO ATTUALE TECNOLOGIA (2020)
CAPEX impianto* [US\$/kW]	2.800 - 5.600
OPEX** [% Capex Impianto]	2 - 3%
CAPEX sostituzione stack [US\$/kW]	>2.000
Vita utile stack [h]	10.000 - 30.000 h
Consumo energetico [kWh/kgH ₂]	40 – 50
Tecnologia reversibile	Si
Variazioni di carico [%]	25% - 125%
Partenza a freddo [min]	>600 minuti
Temperatura operativa [°C]	700 - 850°C
Pressione operativa [bar]	1 bar

(*) **Nota:** Il CAPEX non fa riferimento ai costi di compressione che dipendono dal delta di pressione che si vuole realizzare a valle dell'elettrolizzatore.

(**) **Nota:** I valori di Opex riportati sono al netto dei costi relativi all'energia elettrica e dell'acqua.

Tabella 3 - Caratteristiche elettrolizzatore SOEC

C.3.2.9.8 Gli elettrolizzatori a membrane anioniche (AEM)

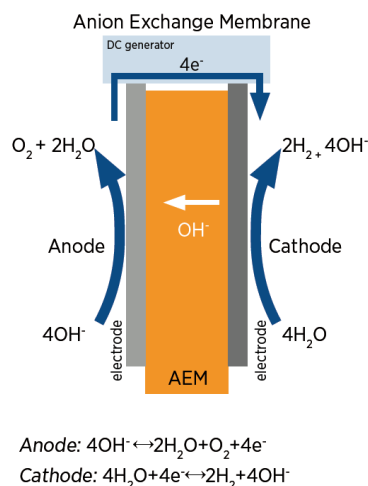
Gli elettrolizzatori a membrane anioniche (AEM) rappresentano la tecnologia più recente a livello di sviluppo e per questo sono sostanzialmente ancora in fase R&D.

Questa soluzione dovrebbe riunire i vantaggi della soluzione AEL (ambiente alcalino) e della soluzione PEM (efficienza e semplicità); ad oggi esistono forti problematiche per l'elevato degrado della membrana che ne limita molto la vita utile.

Pertanto, la soluzione richiede ancora importanti sviluppi per penetrare nel mercato ed essere commercializzata su larga scala.

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale



Fonte: IRENA, Green hydrogen cost reduction, 2020

Figura 17 - Schema elettrolizzatore AEM

PARAMETRI	STATO ATTUALE TECNOLOGIA (2020)
CAPEX impianto* [US\$/kW]	R&D stage
OPEX** [% Capex Impianto]	
CAPEX sostituzione stack [US\$/kW]	
Vita utile stack [h]	10.000 - 15.000 h
Consumo energetico [kWh/kgH ₂]	57 – 69
Tecnologia reversibile	No*
Variazioni di carico [%]	20% - 100%
Partenza a freddo [min]	<20 minuti
Temperatura operativa [°C]	40 - 60°C
Pressione operativa [bar]	<35 bar

(*) Nota: Esistono alcune applicazioni reversibili della tecnologia ma non commercializzate poiché caratterizzate da basse efficienze ed elevata complessità (Fonte: IRENA).

Tabella 4 - Caratteristiche elettrolizzatore AEM

C.3.2.9.9 Confronto tra le diverse tipologie di elettrolizzatore

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche tecnico-economiche dei 4 elettrolizzatori oggetto di studio, evidenziandone i valori di riferimento al 2020.

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

PARAMETRI [2020]	AEL	PEM	SOEC	AEM
TRL	8-9	8	5-6	3-4
Diffusione	Su larga scala	In rapida crescita	Adozione ridotta	Scala laboratorio
CAPEX impianto [US\$/kW]	700 - 1.300	1.000-1.400	2.800 - 5.600	R&D stage
OPEX* [% Capex Impianto]	2 - 3%	2 - 3%	2 - 3%	
CAPEX sostituzione stack [US\$/kW]	270	400	>2.000	
Vita utile stack [h]	60.000 - 100.000 h	50.000 - 80.000 h	10.000 - 30.000 h	10.000-15.000 h
Consumo energetico [kWh/kgH ₂]	50 – 78	50 – 83	40 – 50	57 – 69
Tecnologia reversibile	No**	Si	Si	Si
Variazioni di carico [%]	20 - 100%	10% - 160%	25% - 125%	5% - 100%
Flessibilità a freddo [min]	<50 minuti	<20 minuti	>600 minuti	<20 minuti
Temperatura [°C]	60 - 90°C	50 - 80°C	700 - 850°C	40 - 60°C
Pressione operativa [bar]	1 - 30 bar	30 - 80 bar	1 bar	<35 bar

(*) Nota: I valori di Opex riportati sono al netto dei costi relativi all'energia elettrica e dell'acqua

(**) Nota: Esistono alcune applicazioni reversibili della tecnologia ma non commercializzate poiché caratterizzate da basse efficienze ed elevata complessità (Fonte: IRENA).

Tabella 5 - Confronto tecnologie elettrolizzazione

Valutando le diverse tipologie analizzate, si può concludere che:

- I vantaggi degli elettrolizzatori AEL sono la sostanziale affidabilità, l'elevata vita utile attorno alle 60.000-100.000 ore di funzionamento e l'uso di materie prime non costose per la realizzazione. Gli svantaggi sono la impossibilità di operare a bassi carichi (< 20%) per il problema del mixing tra H₂ e O₂ che potrebbe generare esplosioni, l'elevato footprint e le alte perdite resistive nell'elettrolita che limitano l'efficienza a valori attorno ai 50-78 kWh/kgH₂.
Come per gli altri tipi di elettrolizzatori, il valore attuale della CAPEX ha una forchetta molto ampia, dato il basso grado di diffusione e industrializzazione, che è attorno ai 700-1.300 \$ per kW di potenza installata.
- Gli elettrolizzatori PEM hanno un design molto più compatto, possono essere operati a bassi e alti carichi (>100%) e hanno una vita utile sufficientemente elevata, attorno alle 50.000- 80.000 ore di funzionamento. Sono però necessari materiali molto costosi come Pt o Au come ricoperture per la protezione dei materiali dall'ambiente fortemente acido esistente nella cella e, soprattutto, materiali come Platino e Iridio per i catalizzatori.
Il valore della CAPEX per un elettrolizzatore PEM, anch'esso con un range ampio, attorno a 1.000-1.400 \$/kW, è oggi superiore ad un AEL.
- Le altre due varianti, AEM e SOEC, sono tecnologie estremamente competitive dal punto di viste dell'efficienza ma sono ancora ad un livello di TRL troppo basso per essere prese in considerazione ad oggi per lo sviluppo di un progetto industriale.

C.3.3 Analisi dell'alternativa zero

L'alternativa zero al presente progetto consiste nel continuare a produrre l'intera quota di idrogeno necessario alla raffineria con i metodi attualmente utilizzati, quindi attraverso la produzione di idrogeno "grigio" o "marrone".

L'approvvigionamento di idrogeno, che è una materia prima fondamentale per la raffineria in quanto parte integrante dei processi di *hydrocracking* e *hydrotreatment*, è oggi garantito da sistemi che si basano sull'utilizzo di una fonte fossile per la sua produzione. Tra questi vi è la gasificazione del TAR di raffinazione ad opera del complesso IGCC della raffineria e il processo di *steam reforming*, che si basano quindi sull'utilizzo di una fonte fossile per la sua produzione, come spiegato nei capitoli C.3.2.5 e C.3.2.6.

Anche l'ossigeno è una risorsa importante per i processi della raffineria in quanto viene utilizzato per arricchire l'aria utilizzata nelle unità di recupero dello zolfo e nelle unità di cracking catalitico (FCC). Attualmente l'ossigeno è acquistato sul mercato da aziende che sfruttano processi basati sull'utilizzo di fonti fossili.

Inoltre, l'alternativa zero non permetterebbe il rafforzamento della competitività della realtà industriale di Sarroch e della Sardegna attraverso attività innovative che potrebbero fare da apri-fila ad una serie di interventi simili.

Dunque, l'alternativa zero presenta innumerevoli svantaggi, soprattutto dal punto di vista ambientale. Al contrario, la produzione di idrogeno mediante elettrolisi sfruttando fonti energetiche rinnovabili permetterebbe di ridurre la quota di idrogeno prodotto da origine fossile. Si ricorda, infatti, che lo scopo primario del progetto è quello di supportare la decarbonizzazione in un settore *hard to abate*, come le raffinerie, sostituendo parte dell'idrogeno attualmente prodotto con metodi tradizionali. Il progetto, di conseguenza, promuove lo sviluppo dell'idrogeno verde in Italia e nel mondo, accelerando la transizione verso un sistema produttivo *carbon neutral*.

C.3.4 Analisi dell'alternativa localizzativa

L'area per la costruzione del nuovo impianto è stata individuata dando priorità alla vicinanza ai punti di approvvigionamento delle utilities e delle materie prime e al punto finale di utilizzo dei flussi di idrogeno e ossigeno. Si è scelto quindi di costruire l'impianto nella zona della raffineria

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Sarlux, un'area già profondamente antropizzata e industrializzata. In particolare, la realizzazione del nuovo impianto non comporterà occupazione in estensione delle stesse aree, né aumento degli ingombri in altezza rispetto alla situazione esistente. Inoltre, l'area della raffineria non presenta elementi di valore paesaggistico o naturalistico-ambientale e non ha destinazioni d'uso diverse da quella industriale.

Tra le aree della raffineria sono state prese in considerazione due aree attualmente libere da impianti e manufatti: la prima nell'area "impianti sud" e la seconda nell'area "impianti nord". Tuttavia, l'area negli "impianti nord" è stata esclusa poiché sarebbe stata troppo periferica rispetto al punto di utilizzo finale, rendendo quindi la gestione e movimentazione dei flussi entranti e uscenti dal nuovo impianto complessa e costosa dal punto di vista impiantistico ed energetico.

Nei pressi dell'area negli "impianti sud", al contrario, oltre alla presenza delle cabine elettriche per l'alimentazione del nuovo impianto e alla vicinanza con le linee delle utilities, è presente l'unità di demineralizzazione dell'acqua di mare denominata "Acciona" che permetterà quindi di alimentare l'impianto con acqua di mare, quindi senza gravare sul sistema idrico della Sardegna, storicamente soggetta a difficoltà nel soddisfacimento del fabbisogno idrico della popolazione.

In particolare, l'area scelta è un'area di estensione pari a 6.080 m² che è stata soggetta a bonifica tra il 2008 e il 2009, attualmente libera da impianti e manufatti e ubicata dove precedentemente era presente il bacino di contenimento del serbatoio della raffineria denominato ST-1.

C.3.5 Scelta dell'alternativa progettuale

A fronte di quanto descritto nei paragrafi precedenti, l'alternativa progettuale scelta per l'impianto in analisi ricade nelle seguenti categorie:

- Idrogeno verde: perché lo scenario del progetto è quello della decarbonizzazione della raffinazione.
- Tecnologia elettrolitica PEM: in quanto gli elettrolizzatori PEM possono essere operati a bassi e alti carichi permettendo un'alta flessibilità all'impianto in abbinamento alla raffineria. Inoltre, l'alta flessibilità di questo tipo di impianti può fare da apripista ad applicazioni per il bilanciamento della rete elettrica, particolarmente importanti per la Sardegna, che negli ultimi anni sta vivendo un notevole sviluppo di risorse rinnovabili di tipo fotovoltaico ed eolico, che sono per natura fonti di energia intermittenti e non programmabili. Infine, gli elettrolizzatori PEM hanno un

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

design compatto e una vita utile sufficientemente elevata, attorno alle 50.000 - 80.000 ore di funzionamento.

- Area localizzata nei pressi degli “impianti sud” della raffineria Sarlux: la scelta di quest’area ottimizza la gestione dell’impianto dal punto di vista sinergico-gestionale anche in relazione allo scambio di materie prime con la raffineria; e dal punto di vista ambientale utilizza aree che hanno già una destinazione d’uso industriale.

C.4 CARATTERISTICHE TECNICO-FUNZIONALI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Saranno di seguito sinteticamente descritti gli interventi che formano oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale.

C.4.1 Descrizione generale del processo e lay-out

L'impianto H2 Green è un impianto per la produzione di idrogeno verde da elettrolisi con potenza elettrica da 20 MW fornita da impianti di produzione di energia rinnovabile tramite un meccanismo di certificazione all'origine. L'installazione sarà costituita principalmente dalle seguenti aree funzionali dettagliatamente descritte nei capitoli successivi:

- Area trattamento acqua e azoto entranti nel processo;
- Area elettrolisi;
- Area trattamento idrogeno e ossigeno uscenti dal processo;
- Area sala di controllo, cabina LV-MV e baie trasformatori.

L'area elettrolisi, in particolare, vede la presenza di elettrolizzatori in grado di produrre idrogeno e ossigeno a partire da acqua demineralizzata. In particolare, l'impianto utilizzerà circa 4,5 m³/h di acqua demineralizzata per produrre circa 4.000 Nm³/h di idrogeno per immissione nella rete di Raffineria per l'utilizzo in processi di hydrocracking e hydrotreatment e 2.000 Nm³/h di ossigeno per l'utilizzo nei processi di recupero dello zolfo e nelle unità di cracking catalitico (FCC).

Potenza nominale	20	MW
Produzione nominale H2	4.000	Nm ³ /h
Produzione nominale O2	2.000	Nm ³ /h
Configurazione stack	PEM	-
Portata acqua in ingresso	4,5	m ³ /h

Tabella 6 – Dati principali dell'impianto

Le attività produttive svolte nell'impianto H2 Green rientrano tra quelle cosiddette IPPC e non risultano essere accessorie e tecnicamente connesse alla limitrofa attività IPPC della Raffineria. Infatti, le modalità di svolgimento delle attività condotte nell'impianto H2 Green non hanno alcuna implicazione con le modalità di svolgimento delle attività di raffineria e, in particolare, un eventuale suo fuori servizio non determina direttamente o indirettamente alcun problema all'esercizio della Raffineria. L'impianto H2 Green risulta interconnesso alla Raffineria tramite sole infrastrutture tecnologiche costituite da reti di distribuzione e di collettamento elencate a seguire:

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Fornitura di acqua di processo, azoto, aria e energia elettrica dalla raffineria;
- Invio degli scarichi alla rete fognaria di raffineria;
- Invio degli sfiati di emergenza alla rete dei blowdown di raffineria;
- Cessione dell'idrogeno e dell'ossigeno prodotti alla raffineria.

Oltre a produrre idrogeno verde sotto il profilo ambientale la peculiarità positiva dell'impianto, come sarà meglio circostanziato nei capitoli successivi, è quella di avere emissioni che non comportano inquinamento e che sono riconducibili a due tipologie: scarichi idrici e sfiati.

Gli scarichi idrici verranno inviati al sistema fognario della raffineria. In particolare, gli scarichi di processo (sostanzialmente acqua a basso o nullo contenuto salino proveniente dall'unità di trattamento acqua in ingresso e occasionalmente dall'elettrolizzatore) e lo scarico dei servizi igienici saranno inviati all'impianto TAS – Trattamento Acque Scarico dello stabilimento di raffineria. Gli scarichi meteorici (senza alcuna possibilità di contaminazione) verranno convogliati all'impianto API-TAZ - Trattamento Acque Zavorra che fa sempre parte dello stabilimento di raffineria. Il sistema fognario e gli impianti di trattamento di destinazione sono illustrati nel capitolo C.4.2.10.

Gli sfiati sono di due tipi, sfiati atmosferici e sfiati in pressione:

- Gli sfiati atmosferici sono in totale sette e non rappresentano una emissione in atmosfera ai sensi della definizione 268.b. del d.lgs. n. 152/2006, in quanto saranno composti da gas non inquinanti, quali vapore acqueo, idrogeno o ossigeno.
- Gli sfiati in pressione risultano essere solo uno ed è dato dall'idrogeno prodotto nel processo e non inviato all'utilizzo finale di raffineria nel momento in cui si verificano le seguenti condizioni: (a) l'idrogeno non è a specifica, ad esempio per fuori servizio o malfunzionamento dell'impianto o avviamento oppure (b) in situazioni di emergenza e quindi quando si ha necessità di evacuare rapidamente le linee, ad esempio per una sovrappressione. Gli sfiati in pressione vengono inviati alla rete dei blowdown di raffineria e quindi convogliati alle torce di stabilimento della raffineria Sarlux.

Si sottolinea che tale sfiato, essendo sostanzialmente costituito da idrogeno e contenuti minimi di vapore e ossigeno, non è dannoso per l'ambiente una volta emesso in atmosfera e, tantomeno, in torcia, in quanto in quest'ultima la combustione di idrogeno comporta la formazione di acqua ($2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$).

Una descrizione dettagliata dei singoli sfiati è riportata nei capitoli successivi.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

I componenti principali che costituiscono l'impianto sono stati suddivisi in "Package" (PK) e sono i seguenti:

- PK-01 – Purificazione del flusso di azoto;
- PK-02 – Trattamento acque;
- PK-03 – Moduli di elettrolisi;
- PK-04 – Purificazione del flusso di idrogeno;
- PK-05 – Chiller a servizio del modulo di purificazione dell'idrogeno e del modulo di elettrolisi;
- PK-06 – Purificazione e compressione del flusso di ossigeno;
- PK-07 – Chiller a servizio del modulo di purificazione dell'ossigeno.

Il funzionamento dell'impianto è stato rappresentato graficamente nello schema a blocchi in Figura 19.

Come rappresentato nel lay-out in Figura 18, la strumentazione sarà disposta nelle seguenti aree e edifici:

- Edificio A: sala di controllo, cabina LV-MV e baie trasformatori;
- Edificio B/C: elettrolizzatore, raddrizzatore, purificazione dell'idrogeno, purificazione e compressione dell'ossigeno;
- Area D: chiller montati su skid senza copertura;
- Area E: purificazione dell'azoto e dell'acqua demineralizzata montati su skid senza copertura.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

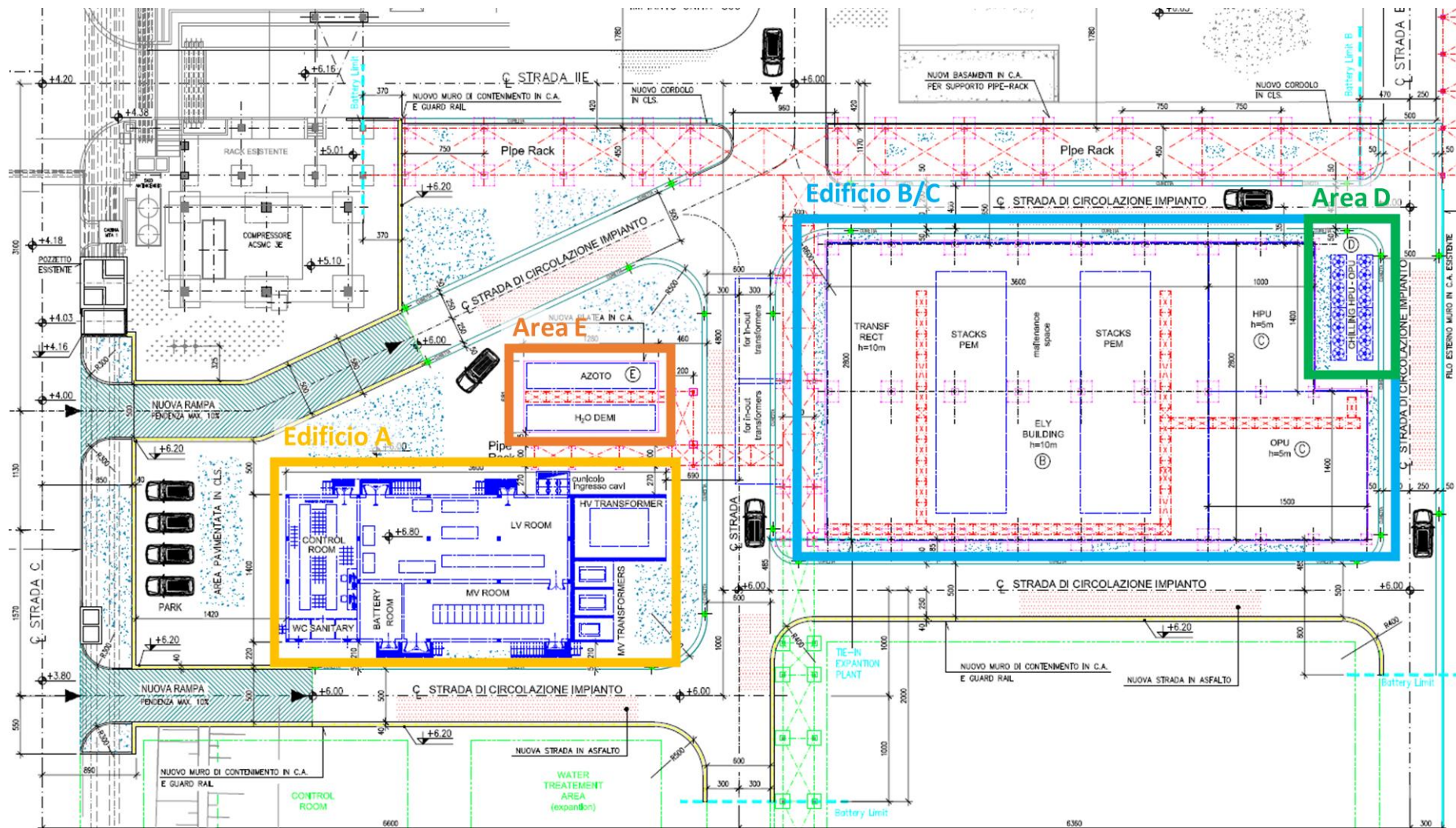


Figura 18 – Layout dell'impianto

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

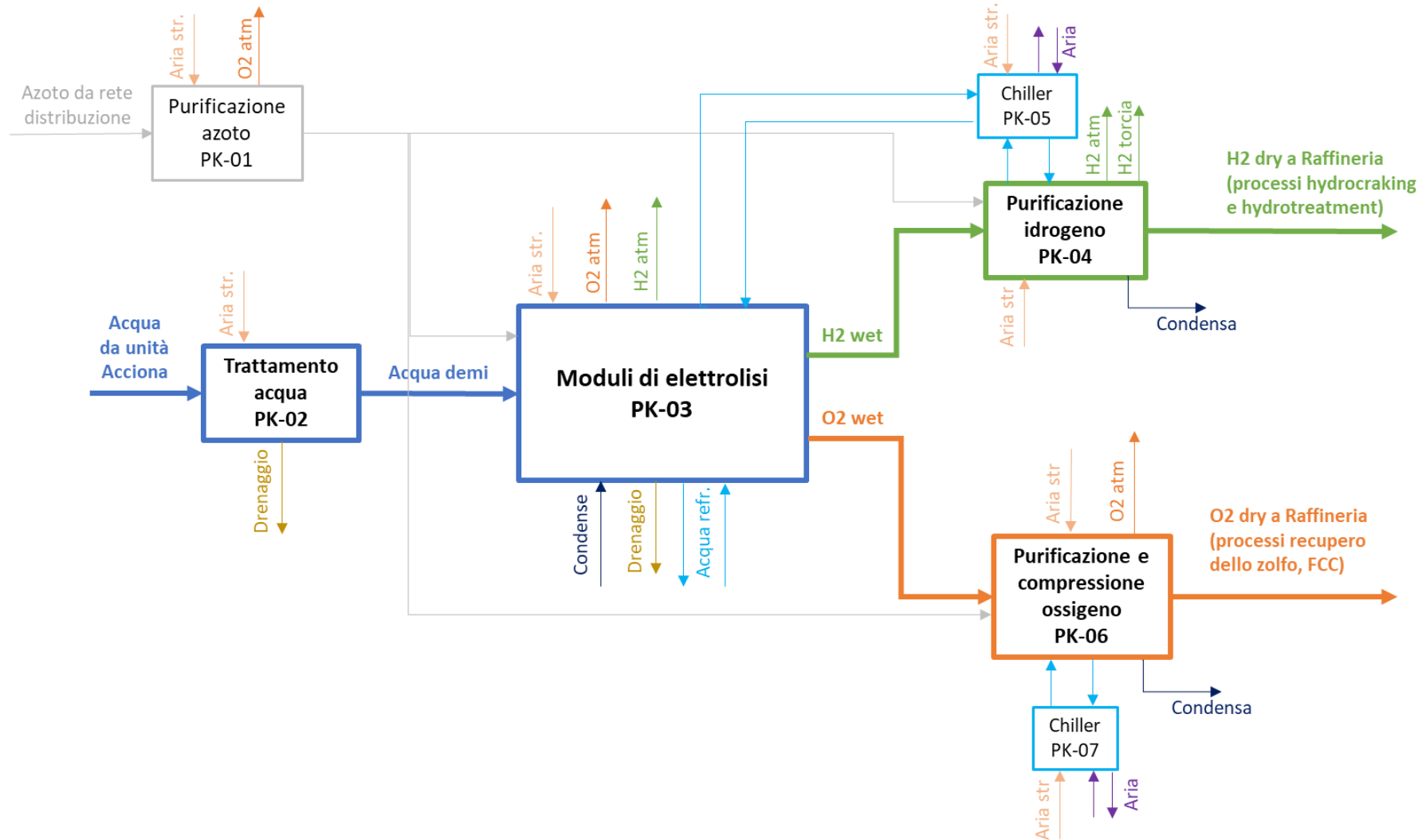


Figura 19 – Schema a blocchi dell'impianto

C.4.2 Descrizione tecnica dei componenti dell'impianto

C.4.2.1 PK-01 – Purificazione del flusso di azoto

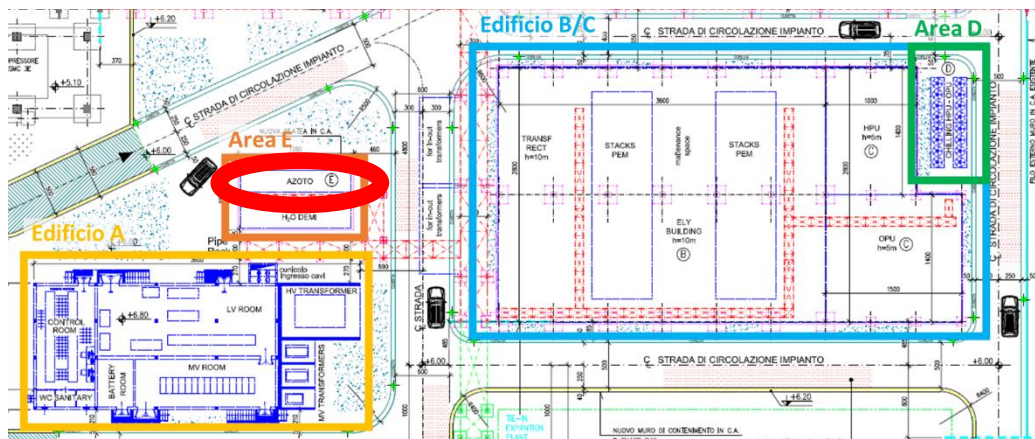


Figura 20 – Layout dell'impianto – particolare PK-01

Lo scopo del package di purificazione dell'azoto è quello di aumentare la purezza dell'azoto proveniente dalla rete di distribuzione di azoto già presente nella Raffineria, tramite una riduzione della quantità di impurità, prevalentemente in forma di ossigeno, presenti nel flusso.

Il flusso di azoto sarà principalmente utilizzato a seguito di una fermata impianto, qualora risulti necessario eliminare l'idrogeno o l'ossigeno presente nelle tubazioni o nei moduli, al fine di permettere una fermata prolungata dell'impianto stesso per esigenze manutentive o operative. Una delle manutenzioni occasionali previste è l'eventuale sostituzione degli elementi filtranti esauriti (CMS - Carbon Molecular Sieve) utilizzati dal sistema di purificazione stesso. Il flusso di azoto in continuo è inoltre richiesto come flusso di gas inerte per il funzionamento degli analizzatori. Il flusso di azoto uscente dal sistema di purificazione sarà diretto ai principali moduli che costituiscono l'impianto: modulo di purificazione dell'idrogeno, modulo di purificazione dell'ossigeno e modulo di elettrolisi.



Figura 21 – Schema a blocchi del package di purificazione dell'azoto PK-01

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

La purificazione avviene tramite un sistema di adsorbimento PSA - Pressure Swing Adsorption. Nel processo di purificazione dell'azoto tramite PSA, vengono utilizzati setacci molecolari al carbonio (CMS - Carbon Molecular Sieve) altamente efficienti per generare un gas di azoto ad elevata purezza.

Il CMS consiste in un letto di piccoli elementi filtranti di carbonio. Quando una colonna di purificazione dell'azoto riempita con CMS viene pressurizzata con il flusso di azoto entrante, le impurità presenti nel flusso in forma di ossigeno e umidità vengono adsorbite dalle sfere di carbonio mentre l'azoto continua il suo percorso lungo la colonna di purificazione. Ciò si verifica a causa della diversa affinità delle molecole di azoto e ossigeno rispetto al setaccio molecolare: ad alte pressioni, il CMS adsorbe preferenzialmente le molecole di ossigeno sfruttando la diversa elettronegatività rispetto alle molecole di azoto, che quindi passano attraverso la colonna di purificazione senza essere catturate.

Il processo PSA consiste in un ciclo in due fasi:

1. La fase di adsorbimento, in cui le molecole di ossigeno vengono adsorbite nella struttura porosa del CMS mentre le molecole di azoto passano attraverso la colonna e in un recipiente di stoccaggio.
2. La fase di rigenerazione dei letti adsorbenti in cui la pressione si normalizza tramite una rapida depressurizzazione e le molecole adsorbite vengono scaricate nell'atmosfera.

La tabella seguente presenta un'analisi dei flussi entranti ed uscenti dal sistema con le relative grandezze chimico-fisiche.

Parametro	Unità	Azoto da rete distribuzione	Azoto purificato	Sfiato purificazione azoto (scarico O2)**
Portata	Nm3/h	10,4-50*	10,4-50*	0,0031
Portata	m3/h			0,00357-0,00374
Portata	kg/h	13-63 *	13-63 *	0,0045
Peso molecolare	kg/kmol	28	28	32
Pressione	barg	3-4	3-4	0
Temperatura	°C	35-50	35-50	35-50
H2	%vol/ppmv	-	-	-
N2	%vol/ppmv	99,97%	99,999%	-
O2	%vol/ppmv	300	10	100%
H2O	%vol/ppmv	-	-	-
Inerts	%vol/ppmv	-	-	-

* Il flusso di azoto è costante e pari al valore minimo durante il normale funzionamento. Il valore massimo è richiesto durante operazioni di manutenzione/fermata dell'impianto per lo spurgo dei moduli.
** Valori minimi e massimi dello sfiato si riferiscono al flusso continuo di azoto di 13 kg/h

Tabella 7: Bilancio di massa PK-01

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

La portata minima di azoto entrante ed uscente dal sistema è di circa 10,4 Nm³/h e continua durante il normale funzionamento dell'impianto di elettrolisi; mentre la portata massima è di circa 50 Nm³ che corrisponde alla quantità totale necessaria ad eliminare l'idrogeno o l'ossigeno presente nelle tubazioni o nei moduli durante la manutenzione o l'arresto dell'impianto.

La pressione del flusso di azoto è compresa tra i 3 e i 4 barg; la temperatura dei flussi è compresa tra i 35°C e i 50°C.

Attraverso il modulo di purificazione dell'azoto si riesce ad ottenere una purezza del flusso di azoto del 99,999% per un flusso entrante di purezza 99,97%. Si stima, infatti, che il flusso entrante abbia un'impurità, prevalentemente in forma di ossigeno, pari a 300 ppmv di O₂ e che il flusso in uscita avrà un contenuto di ossigeno massimo pari 10 ppmv.

Durante il normale funzionamento dell'impianto si genera uno scarico continuo verso l'atmosfera, prevalentemente costituito da ossigeno, con una portata oraria di circa 0,0045 kg_{O₂}/h.

ASPETTI AMBIENTALI PK-01

Gli aspetti ambientali relativi a questo package sono elencati di seguito:

1. consumo di elettricità durante il normale funzionamento, tuttavia l'elettricità è interamente proveniente da fonti rinnovabili (energia idroelettrica, fotovoltaica e/o eolica) con certificazione all'origine.
2. emissione in atmosfera di O₂ tramite uno sfiato di processo continuo di circa 0,0045 kg_{O₂}/h. Tuttavia, tale sfiato è sostanzialmente costituito da ossigeno che non è dannoso per l'ambiente una volta emesso in atmosfera. Quindi non rappresenta un'emissione in atmosfera ai sensi della definizione 268.b. del d.lgs. n. 152/2006.
3. produzione di rifiuti costituiti dagli elementi filtranti del PSA esausti ma solo durante manutenzioni periodiche occasionali. Non si generano rifiuti durante la normale attività dell'impianto.
4. emissioni acustiche non rilevanti e comunque limitate all'area dell'impianto.

Quindi non si evidenziano aspetti ambientali rilevanti.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.4.2.2 PK-02 – Trattamento acque

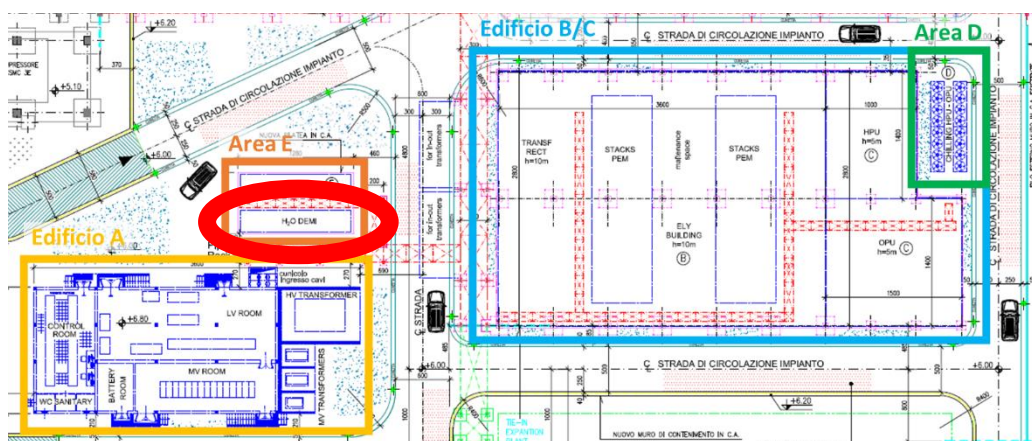


Figura 22 – Layout dell'impianto – particolare PK-02

Lo scopo di questo package è quello di aumentare la purezza del flusso di acqua proveniente dall'unità di produzione di acqua demineralizzata già presente nella Raffineria, in modo che il flusso sia idoneo all'invio ai moduli di elettrolisi. Questo avviene tramite la riduzione della quantità di ioni presenti nel flusso. In particolare, la purificazione avviene tramite un sistema a elettrodeionizzazione - EDI.

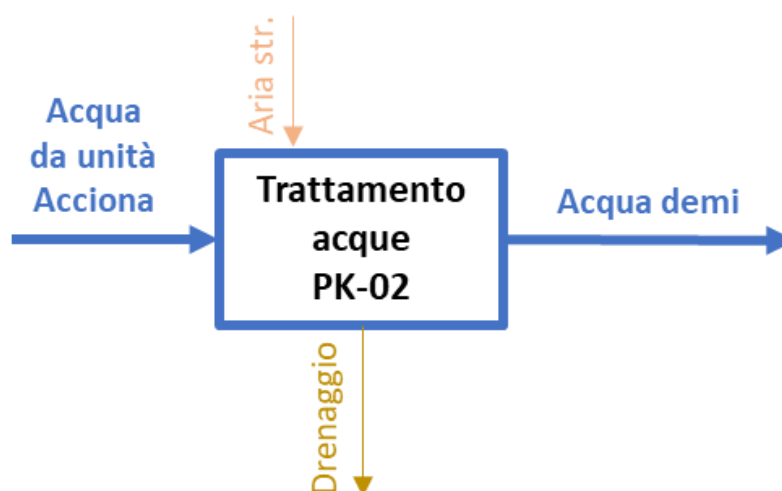


Figura 23 – Schema a blocchi del package di trattamento acque PK-02

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

L'EDI è un processo di separazione a membrane ione-selettive semipermeabili (piane e caricate rispettivamente con gruppi funzionali cationici ed anionici) per opera degli elettrodi alle estremità del deionizzatore che stabiliscono un campo elettrico.

Per ottenere un'elevata efficacia di demineralizzazione in tali colonne sono caricate resine a scambio ionico forti (cationiche ed anioniche) alternate tra loro, in modo da simulare il comportamento di un letto misto.

A differenza di altri sistemi di purificazione, il sistema EDI non utilizza sostanze chimiche per la rigenerazione dei letti.

Il principio di funzionamento dell'EDI viene illustrato di seguito:

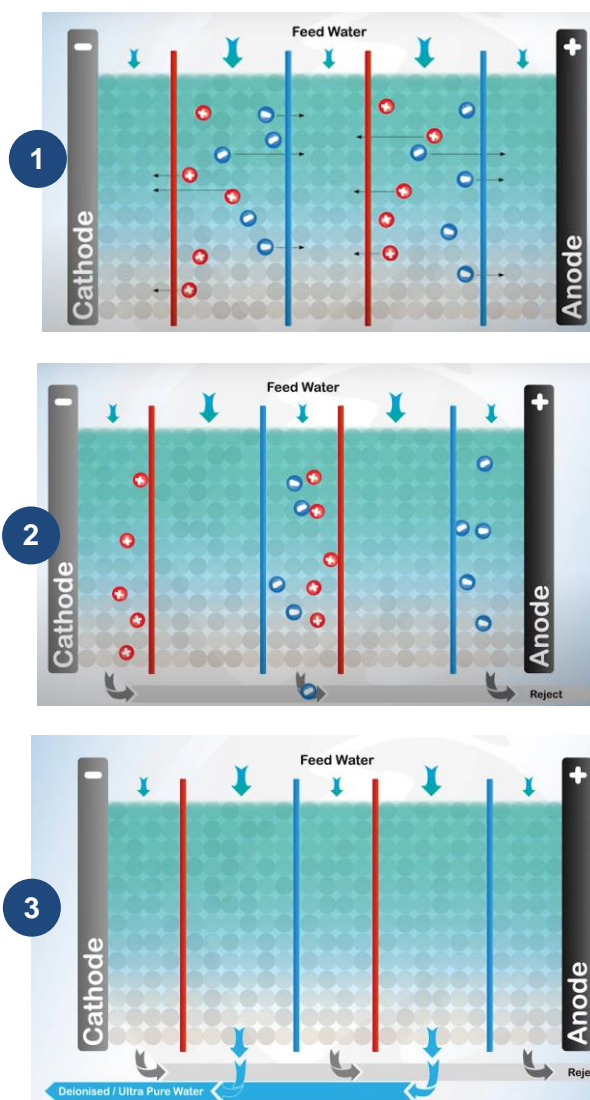


Figura 24 - Schema del sistema EDI

L'acqua di alimento contiene cationi (+) e anioni (-) che sono attratti rispettivamente dal catodo e dall'anodo posizionati agli estremi.

Gli anioni possono solo passare attraverso le membrane selettive permeabili agli anioni (in blu nell'immagine).

I cationi possono solo passare attraverso le membrane selettive permeabili ai cationi (in rosso nell'immagine).

Si vengono quindi a creare delle camere di concentrazione dove si trova acqua ricca in ioni che viene scaricata dal sistema come drenaggio.

Mentre, nelle camere di acqua deionizzata, l'acqua purificata privata degli ioni è pronta per essere mandata al sistema di elettrolisi.

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Le resine anioniche hanno bisogno di essere continuamente rigenerate da ioni ossidrile, viceversa quelle cationiche da ioni idrogeno. Detti ioni vengono prodotti dall'EDI stesso tramite idrolisi dell'acqua sulla superficie delle resine per effetto del forte campo elettrico applicato. Questo tipo di rigenerazione avviene durante il processo stesso e senza additivi chimici, utilizzando unicamente acqua, quindi è in linea con i principi di sostenibilità ambientale del progetto.

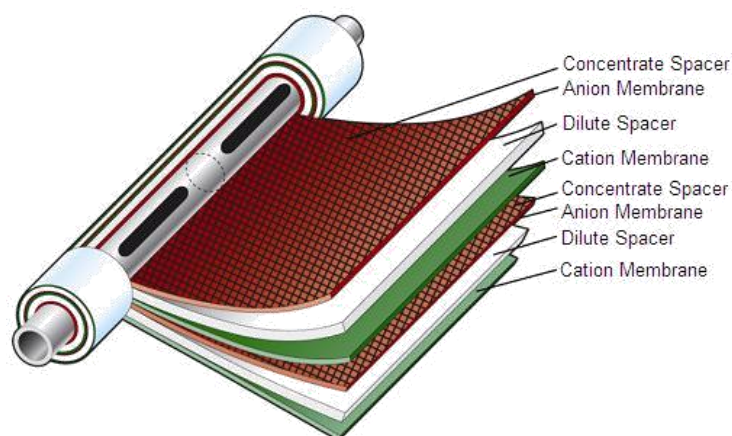


Figura 25 - Dettaglio del modulo EDI

La tabella seguente presenta un'analisi dei flussi entranti ed uscenti dal sistema con le relative grandezze chimico-fisiche.

Parametro	Unità	Acqua IN	Acqua DEMI	Drenaggio trattamento acque
Portata	Nm3/h	-	-	-
Portata	m3/h	4,5	3,6	0,9
Portata	kg/h	4.500	3.600	900
Peso molecolare	kg/kmol	-	-	-
Pressione	barg	7	2-3	2-3
Temperatura	°C	10-30	10-30	10-30
Note: Il consumo di acqua demineralizzata si basa su un consumo specifico ipotizzato di 0,9 l acqua Demi / Nm3 H2. Il consumo di acqua di alimentazione si basa su un recupero stimato di acqua demineralizzata dell'80%.				

Tabella 8: Bilancio di massa PK-02

L'acqua di drenaggio dell'EDI sarà sostanzialmente acqua ricca in ioni. Non è possibile stabilire la composizione esatta dello scarico, che sarà stabilita a seguito dell'installazione dell'unità di trattamento, ma in base alle analisi dell'acqua in ingresso (in Tabella 9) e alle specifiche dell'EDI è possibile ipotizzare che rispetterà i parametri presentati in Tabella 10.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Parameter	Analytical method	Units	Result
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	pH units	7,73
Color	APAT CNR IRSA 2020 A Man 29 2003		Colorless
Conductivity	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003	us/cm	0,79
Smell	APAT CNR IRSA 2050 Man 29 2003		Odorless
Total dissolved solids (TDS)	APAT CNR IRSA 2090 A Man 29 2003	mg/L	0,51
Total suspended solids (TSS)	APAT CNR IRSA 2090 B Man 29 2003	mg/L	0,1
Turbidity	APAT CNR IRSA 2110 Man 29 2003	NTU	0,29
Total alkalinity	APAT CNR IRSA 2010 A Man 29 2003	mg/L	5
Carbonates	APAT CNR IRSA 2010 A Man 29 2003	mg/L	5
Bicarbonates	APAT CNR IRSA 2010 A Man 29 2003	mg/L	5
Ammonium nitrogen (as NH ₄)	APAT CNR IRSA 4030 C Man 29 2003	mg/L	0,004
Total Nitrogen (as N)	APAT CNR IRSA 4060 Man 29 2003	mg/L	0,02
Hardness	APAT CNR IRSA 2040 A Man 29 2003	mg/L	10
Carbon Dioxide	APAT CNR IRSA 4010 Man 29 2003	mg/L (CaCO ₃)	25
Aluminum (Al)	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	5
Antimony (Sb)	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Arsenic (As)	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Barium	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	10
Boron	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	347,6
Cadmium (Cd)	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Total Chromium	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Chromium VI	APAT CNR IRSA 3150 C Man 29 2003	ug/L	3,0
Iron (Fe)	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	20
Manganese	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Mercury	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Nickel (Ni)	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Lead (Pb)	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Copper (Cu)	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Selenium	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Tin	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Vanadium	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	0,5
Zinc	EPA 3005A 1992 + EPA 6020B 2014	ug/l	10
Silica (SiO ₂)	EPA 6010D 2018	ug/L	5
Calcium	EPA 3005A 1992 + EPA 6010D 2018	mg/L	0,001
Magnesium	EPA 3005A 1992 + EPA 6010D 2018	mg/L	0,001
Potassium	EPA 3005A 1992 + EPA 6010D 2018	mg/L	0,2
Sodium	EPA 3005A 1992 + EPA 6010D 2018	mg/L	0,708
Strontium (Sr)	EPA 6010D 2018	mg/L	0,0010
benzo(a)pirene	EPA 3511 2014 + EPA 8270E 2018	ug/l	0,0001
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons	I-129 rev.2 29.04.2016	ug/L	0,0160
benzene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,02
Free active Chlorine	APAT CNR IRSA 4080 Man 29 2003	mg/L	0,01
Chlorides	EPA 300.1 1999	mg/L	0,31
Bromate	EPA 300.1 1999	ug/l	1
Cyanide	M.U. 2251:08	ug/l	10
Chlorite	EPA 300.1 1999	ug/l	50
Sulphates	EPA 300.1 1999	mg/L	0,54
Sulphites (as SO ₃)	APAT CNR IRSA 4150 A Man 29 2003	mg/L	0,4
Sulphides (as H ₂ S)	APAT CNR IRSA 4160 Man 29 2003	mg/L	0,02
Fluoride	EPA 300.1 1999	mg/L	0,05
Nitrate	EPA 300.1 1999	mg/L	0,23
Nitrite	EPA 300.1 1999	mg/L	0,14
tetrachloroethylene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,01
trichloroethylene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,02
Sum of tri and tetrachloroethylene	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,03
Vinyl chloride	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,01
1,2-Dichloroethane	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,03
bromodichloromethane	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,0003
dibromochloromethane	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,0004
tribromomethane	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,008
trichloromethane	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	ug/L	0,01
BOD ₅	APAT CNR IRSA 5120 Man 29 2003	mg/L	18
TOC	UNI EN 1484:1999	mg/L	0,1
COD	APAT CNR IRSA 5130 Man 29 2003	mg/L	5
phenol	EPA 8270E 2018	ug/l	0,01
Methylphenol (orto, meta, para)	EPA 8270E 2018	ug/l	0,05

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Hydrocarbons extractable fraction C10 - C40	IO_178_STC Rev.3 2020	ug/l	‘4
Hydrocarbons C6-C10	IO_179_STC Rev.2 2020	ug/l	‘0.3
2-chlorophenol	EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018	ug/L	‘0.04
2,4-dichlorophenol	EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018	ug/L	‘0.08
2,4,6-trichlorophenol	EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018	ug/L	‘0.05
pentachlorophenol	EPA 3535A 2007 + EPA 8270E 2018	ug/L	‘0.03
# Coliform bacteria at 37 °C	ISO 9308-1:2014	UFC/100 mL	0
# Clostridium Perfringens	UNI EN ISO 14189:2016	UFC/100 mL	0
# Counting of colonies at 22 ° C	UNI EN ISO 6222:2001	UFC/mL	0
# Counting of colonies at 36 °C	UNI EN ISO 6222:2001	UFC/mL	0
# Enterococci	UNI EN ISO 7899-2:2003	UFC/100 mL	0
# Escherichia coli	ISO 9308-1:2014	UFC/100 mL	0
# Pseudomonas aeruginosa	UNI EN ISO 16266:2008	UFC/250 mL	0

Tabella 9 - Analisi dell'acqua in alimento del 02/11/2021

Portata	0,9 m ³ /h
Pressione	2–3 bar
Temperatura	10-30 °C
Conducibilità equivalente (inclusa CO ₂)	40 µS/cm
Cloro totale (as CL ₂)	< 0,02 ppm
Iron (Fe)	< 0,01 ppm
Manganese (Mn)	< 0,01 ppm
Sulfide (S-)	< 0,01 ppm
pH	6-9
Durezza (come CaCO ₃)	< 1 mg/l
TOC	< 0,5 ppm
Silica, SiO ₂	< 1 ppm

Tabella 10 - Caratteristiche del drenaggio dell'unità di trattamento acque (stima)

La portata di acqua alimentata dal sistema è di circa 4,5 m³/h ad una pressione di circa 1,8 barg. La temperatura del flusso di acqua è compresa tra i 10 e i 30°C dipendentemente dalla stagione climatica. Il calcolo del consumo di acqua demineralizzata si basa sul consumo specifico dell'impianto stimato a 0,91 kg_{DEMI.WATER}/ Nm³_{H₂, prodotto}.

Il flusso di acqua purificata è di circa 3,6 m³/h. Durante il normale funzionamento dell'impianto si genera uno scarico continuo, costituito dal drenaggio dell'unità contenente gli ioni eliminati, verso l'impianto TAS – Trattamento Acque Scarico dello stabilimento di raffinazione, che ha una portata di circa 900 kg/h ed è sostanzialmente costituito da acqua demineralizzata ricca di ioni e che avrà le caratteristiche presentate in Tabella 10.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

ASPETTI AMBIENTALI PK-02

Gli aspetti ambientali relativi a questo package sono elencati di seguito:

- consumo idrico di circa 4,5 m³/h proveniente dall'impianto Acciona di demineralizzazione dell'acqua di mare (impianto già esistente a servizio della Raffineria e pertanto non rientra nel perimetro dell'impianto in oggetto).
- consumo di elettricità durante il normale funzionamento, tuttavia l'elettricità è interamente proveniente da fonti rinnovabili (energia idroelettrica, fotovoltaica e/o eolica) con certificazione all'origine.
- Scarico idrico del drenaggio che è sostanzialmente un'acqua demineralizzata più ricca di ioni e che rispetta le caratteristiche presentate in Tabella 10.
- Non si generano rifiuti durante la normale attività dell'impianto. I moduli a membrana dell'EDI vengono sostituiti dopo diversi anni di funzionamento.
- Emissioni acustiche non rilevanti e comunque limitate all'area dell'impianto.

Quindi non si evidenziano aspetti ambientali rilevanti.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.4.2.3 PK-03 – Moduli di elettrolisi

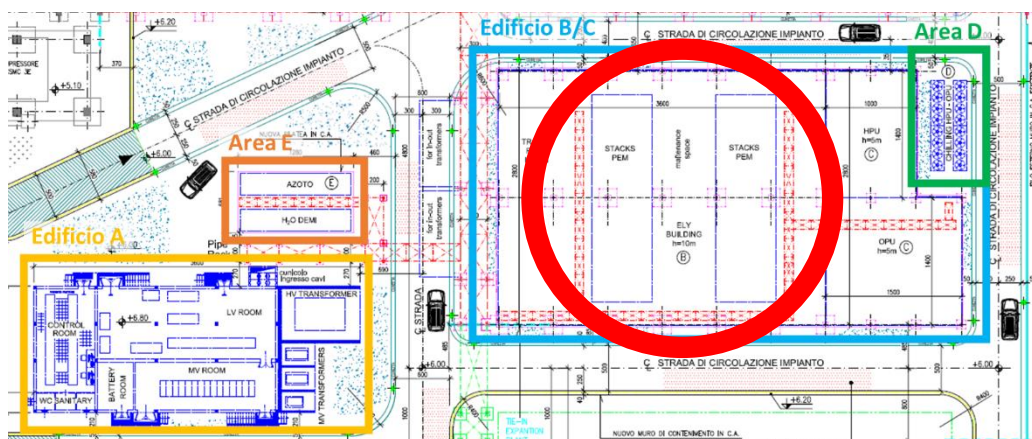


Figura 26 – Layout dell'impianto – particolare PK-03

Questo package è il componente principale dell'impianto: infatti, nei moduli di elettrolisi avviene il processo di elettrolisi dell'acqua, che ha come prodotto finale i flussi di idrogeno e ossigeno.

L'energia elettrica necessaria viene resa disponibile al processo attraverso gli elettrodi (catodo e anodo), ubicati nei moduli degli elettrolizzatori. Nel catodo avviene la reazione di formazione di idrogeno, nell'anodo quella di formazione dell'ossigeno. La conduzione dei protoni verso il catodo è resa possibile da una membrana PEM (Polymer Electrolyte Membrane electrolysis). Tale membrana garantisce inoltre la separazione dei gas idrogeno e ossigeno.

Una descrizione più accurata del processo e della tecnologia di elettrolisi è presente nel capitolo C.3.2.9.

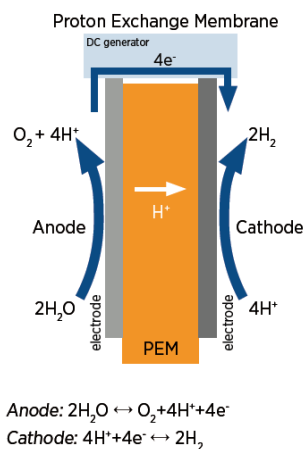


Figura 27 – Schema funzionamento PEM. Fonte: IRENA, Green hydrogen cost reduction, 2020

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

La tabella seguente presenta un'analisi dei flussi entranti ed uscenti dal sistema con le relative grandezze chimico-fisiche.

Parametro	Unità	Acqua DEMI	H2 wet*	O2 wet	Drenaggio elettrolizzatore	Acqua raffreddamento IN	Acqua raffreddamento OUT
Portata	Nm3/h		4246	2003	Solo per fermi impianto/ manutenzioni		
Portata	m3/h	3,6				600-700	600-700
Portata	kg/h	3600	379	2859		600.000-700.000	600.000-700.000
Peso molecolare	kg/kmol		2	32			
Pressione	barg	2-3			2-3	2	1,7
Temperatura	°C	10-30	40-50	40-50	35-50	24-34	33-43
Composizione							
H2	%vol/ppmv		99-99,5%	0,17%-1,6%			
N2	%vol/ppmv		1	1			
O2	%vol/ppmv		0,23-0,7%	98-99,5%			
H2O	%vol/ppmv		0,28%	0,32%			
Inerts	%vol/ppmv						

*La portata si riferisce alla produzione nominale dell'elettrolizzatore (massima)
Il consumo di acqua demineralizzata si basa su un consumo specifico ipotizzato di 0,9 l acqua Demi / Nm3 H2.

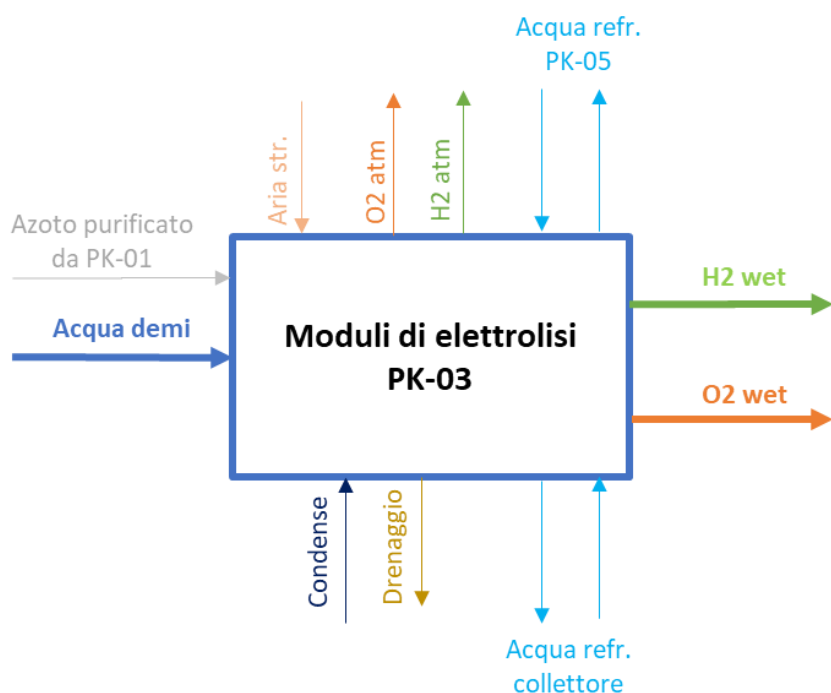


Figura 28 – Schema a blocchi del package di elettrolisi PK-03

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

L'acqua in ingresso ai moduli proviene principalmente dal sistema di trattamento dell'acqua PK-02 e, in parte, dalle condense recuperate dai moduli di purificazione dell'idrogeno e dell'ossigeno.

I flussi in uscita dai moduli consistono principalmente in un flusso di idrogeno puro al 99-99,5% e un flusso di ossigeno puro al 98-99,5% destinati rispettivamente al modulo di purificazione dell'idrogeno e dell'ossigeno. Le impurità presenti nei flussi di idrogeno e ossigeno sono ossigeno e idrogeno rispettivamente, azoto e vapore acqueo. Le percentuali di impurità sono riportate in tabella. Sono presenti due scarichi atmosferici di idrogeno e ossigeno discontinui provenienti dalla degassificazione degli stream di recupero delle condense.

È presente, inoltre, uno scarico di acqua (drenaggio) verso il sistema fognario che sarà utilizzato durante la fermata impianto e/o interventi manutentivi. Non è presente uno scarico continuo.

La temperatura ideale dei moduli (55-70 °C) è mantenuta grazie ai flussi di acqua refrigerante proveniente dal chiller PK-05 che è a servizio anche del modulo di purificazione dell'idrogeno e dalle torri di raffreddamento Marley già presenti nella raffineria (flusso denominato "collettore" nello schema a blocchi). Le torri di raffreddamento Marley fanno parte della Raffineria e non rientrano nel perimetro del progetto in oggetto.

Sono presenti, inoltre, flussi entranti di aria destinata alla strumentazione e il flusso di azoto utilizzato qualora risulti necessario eliminare l'idrogeno o l'ossigeno presente nei moduli, al fine di permettere una fermata prolungata dell'impianto stesso per esigenze manutentive o operative; inoltre, il flusso di azoto viene utilizzato come flusso di gas inerte per il funzionamento degli analizzatori.

Dal punto di vista dei rendimenti, il sistema garantirà una produzione annua di idrogeno di 2.676.00 kg/anno considerando 7.500 ore di funzionamento annue. L'energia specifica utilizzata dai moduli elettrolizzatori sarà quindi di circa 56,1 kWh per ogni chilogrammo di idrogeno prodotto. Confrontando questo valore con l'energia contenuta nell'idrogeno prodotto considerando il suo potere calorifico inferiore, si ottiene un'efficienza del 59%.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

ore funzionamento	7.500	h/anno
Potenza	20	MW
HHV H2	142	MJ/kg
HHV H2	39,4	kWh/kg
LHV H2	120	MJ/kg
LHV H2	33,3	kWh/kg
Produzione oraria idrogeno	4.000	Nm3/h
	356,8	kg/h
Produzione annua idrogeno	2.676.000	kg/anno
Energia annua	150.000	MWh/anno
Energia specifica	56,1	kWh/kgH2
Efficienza su base HHV	70%	
Efficienza su base LHV	59%	

Tabella 11- Calcolo dell'efficienza dell'elettrolizzatore

Si consideri che gli stack che compongono il modulo di elettrolisi sono soggetti a degradazione, soprattutto negli ultimi anni di esercizio, quindi quando si avvicinano alle 80.000 ore di funzionamento. Per questo motivo ogni 10 anni è prevista una manutenzione straordinaria per la sostituzione degli elettrodi delle membrane PEM.

Si stima quindi che negli ultimi anni di esercizio degli stack la potenza erogata al modulo di elettrolisi sarà di circa 23 MW. Considerando quindi 23 MW erogati e una produzione di idrogeno pari a quella presentata in tabella si otterrebbe negli ultimi anni un'efficienza del 61% su base HHV e 52% su base LHV.



Figura 29 – Dettaglio delle celle elettrochimiche PEM

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Parameter	M.U.	Guaranteed Value
Hydrogen production at nominal power rate (100%)	Nm ³ /h	4000
Hydrogen production at nominal power rate (5%)	Nm ³ /h	200
Plant Turndown	%	5-100
Produced H2 operating pressure @ BL:	barg	19,5
Produced H2 operating temperature @ BL:	°C	<30
Hydrogen composition@ BL		99,995% H2 <1 ppm N2 <5 ppm O2 <5 ppm H2O
Oxygen production at nominal power rate (100%)	Nm ³ /h	2000
Oxygen production at nominal power rate (5%)	Nm ³ /h	100
Produced O2 operating pressure @ BL:	barg	15
Produced O2 operating temperature @ BL:	°C	<30
Oxygen composition@ BL		99,995% O2 <1 ppm N2 <5 ppm H2 <5 ppm H2O
Stack/Electrodes lifetime	h	80000
Noise emissions at 1m from the equipment	dB(A)	80
Nitrogen consumption	Nm ³ /year	4000
ELY FEED WATER consumption	m ³ /h	4,5
Availability	%	99
Working range and dynamic:		
Plant technical minimum (%of nominal MW)	%	5
Plant maximum rate (%of nominal MW)	%	100

Tabella 12: Estratto della scheda tecnica dell'elettrolizzatore

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

ASPETTI AMBIENTALI PK-03

Gli aspetti ambientali relativi a questo package sono elencati di seguito:

- Consumo idrico di circa 3,6 m³/h proveniente dal package di trattamento acque PK-02.
- Consumo idrico per il raffreddamento del modulo elettrolitico: saranno necessari circa 700 m³/h di acqua proveniente dalle torri di raffreddamento Marley già esistenti nella Raffineria. In questo caso l'acqua rientra in un sistema "acqua da torri di raffreddamento" a ciclo chiuso di raffineria e, pertanto, il carico aggiuntivo del nuovo impianto porterà ad un aumento del flusso di make-up (reintegro) del circuito esistente. Tuttavia, non ci sarà consumo idrico aggiuntivo dato dal reintegro, in quanto la quota parte data dall'impianto in progetto sarà compensata da attività di efficientamento del sistema attuale presente nella raffineria.
Una parte del raffreddamento di questo package è ad opera del chiller denominato PK-05, tuttavia in questo caso trattasi di acqua e glicole a ciclo chiuso che non prevede un consumo idrico.
- Consumo di elettricità durante il normale funzionamento, tuttavia l'elettricità è interamente proveniente da fonti rinnovabili (energia idroelettrica, fotovoltaica e/o eolica) con certificazione all'origine.
- Scarichi idrici che è sostanzialmente acqua demineralizzata scaricata durante la fermata dell'impianto e/o interventi manutentivi. Non ci sono scarichi continui.
- Sono presenti due sfiati atmosferici discontinui. Tali sfiati sono sostanzialmente costituiti da idrogeno o ossigeno che non sono dannosi per l'ambiente una volta emessi in atmosfera e non rappresentano una emissione in atmosfera ai sensi della definizione 268.b. del d.lgs. n. 152/2006.
- Produzione di rifiuti dovuti alla sostituzione degli elettrodi delle membrane PEM che avverrà ogni 10 anni circa. Non si generano rifiuti durante la normale attività dell'impianto.
- Emissioni acustiche limitate all'ambiente interno del fabbricato nel quale sarà disposta la strumentazione che avrà, inoltre, una copertura di pannelli in materiale fonoassorbente.

Quindi non si evidenziano aspetti ambientali rilevanti.

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.4.2.4 PK-04 – Purificazione del flusso di idrogeno

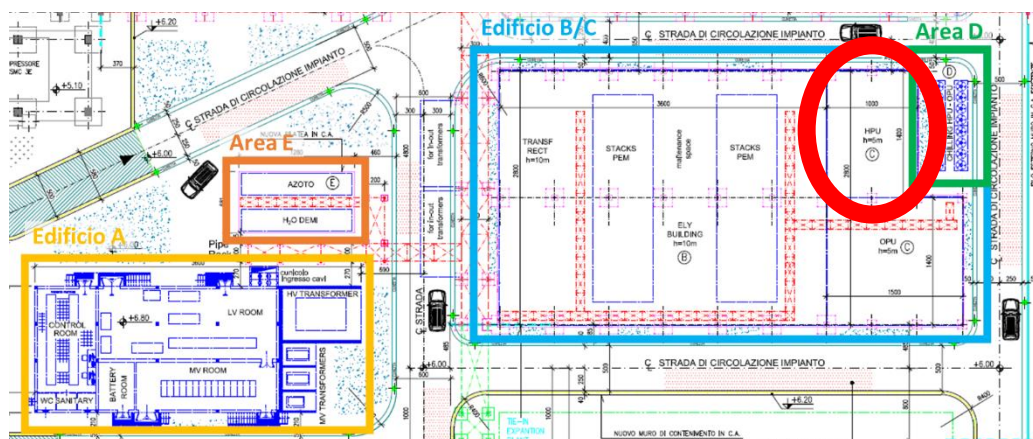


Figura 30 – Layout dell'impianto – particolare PK-04

Lo scopo di tale package è quello di aumentare la purezza dell'idrogeno proveniente dai moduli di elettrolisi, tramite la riduzione del quantitativo di ossigeno e acqua contenuti.

Il modulo di purificazione dell'idrogeno adotta il metodo di deossigenazione catalitica in combinazione ad una essiccazione ad adsorbimento del flusso di idrogeno. La riduzione del quantitativo di ossigeno viene effettuata in un reattore catalitico dove l'ossigeno presente reagisce con l'idrogeno per formare vapore acqueo ($2H_2 + O_2 = 2H_2O + \text{calore}$). Inoltre, il flusso di idrogeno viene raffreddato ed infine entra nel sistema di essiccazione per una profonda disidratazione. Dopo la filtrazione si ottiene idrogeno di elevata purezza con contenuto di acqua e ossigeno molto bassi. In particolare, il sistema può gestire fino al 3% di O_2 nel flusso di H_2 alimentato e ridurre il contenuto di O_2 a meno di 1 ppm.

Il sistema di assorbimento dell'umidità viene rigenerato periodicamente, tramite de-assorbimento dell'acqua. L'acqua di scarto viene raccolta dal sistema di condense dove viene ricircolata ai moduli elettrolizzatori.

Sono presenti due sfiati di idrogeno:

- Uno sfiato atmosferico discontinuo attivo nella fase di rigenerazione dei letti di assorbimento dell'umidità.
- Uno sfiato in pressione costituito dall'idrogeno prodotto nel processo e non inviato all'utilizzo finale di raffineria nel momento in cui si verificano le seguenti condizioni:
 - (a) l'idrogeno non è a specifica, ad esempio per fuori servizio o malfunzionamento dell'impianto o avviamento oppure
 - (b) in situazioni di emergenza e quindi quando si ha necessità di evacuare rapidamente le linee, ad esempio per una sovrappressione.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Questo sfiato viene inviato alla rete dei blowdown di raffineria e quindi convogliato alle torce di stabilimento della raffineria Sarlux.

Durante le attività di manutenzione periodica è prevista la sostituzione del catalizzatore esausto.

La tabella seguente presenta un'analisi dei flussi entranti ed uscenti dal sistema con le relative grandezze chimico-fisiche.

Parametro	Unità	H2 wet	H2 dry OUT
Portata	Nm3/h	4246	4000
Portata	m3/h		
Portata	kg/h	379	356,8
Peso molecolare	kg/kmol	2	2
Pressione	barg		18
Temperatura	°C	40-50	30
Composizione			
H2	%vol/ppmv	99-99,5%	99,995%
N2	%vol/ppmv	1	<1
O2	%vol/ppmv	0,23-0,7%	<5
H2O	%vol/ppmv	0,28%	<5
Inerts	%vol/ppmv		

Nota: la portata si riferisce alla produzione nominale dell'elettrolizzatore (massima)

Tabella 13: Bilancio di massa PK-04

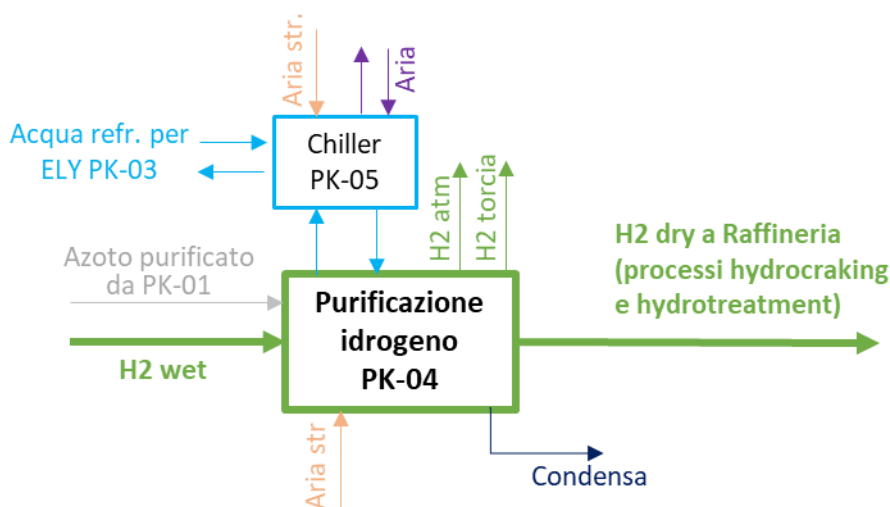


Figura 31 – Schema a blocchi del package di purificazione dell'idrogeno PK-04

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Il flusso di idrogeno alimentato al sistema di purificazione proveniente dai moduli di elettrolisi sarà di circa 379 kg/h e avrà una temperatura di circa 30-40°C. La purezza dell'idrogeno entrante dovrà essere di circa 99-99,5%. In queste condizioni il sistema garantisce un flusso in uscita con purezza del 99,995% e impurità inferiori ai 5 ppmv.

Il flusso di idrogeno in uscita sarà di circa 356,8 kg/h con una pressione tra i 19 e i 30 barg e sarà diretto ai moduli di compressione dell'idrogeno per essere poi utilizzato nei processi di raffinazione del petrolio della Raffineria.

L'acqua raccolta dal sistema di assorbimento dell'umidità e diretta alla raccolta delle condense sarà di circa 22,2 kg/h. Lo sfiato atmosferico di idrogeno durante la fase di rigenerazione dei letti di assorbimento sarà di circa 18 kg/h.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

ASPETTI AMBIENTALI PK-04

Gli aspetti ambientali relativi a questo package sono elencati di seguito:

- consumo idrico per il raffreddamento che consiste, tuttavia, in acqua e glicole a ciclo chiuso e non prevede quindi un consumo idrico.
- consumo di elettricità durante il normale funzionamento, tuttavia l'elettricità è interamente proveniente da fonti rinnovabili (energia idroelettrica, fotovoltaica e/o eolica) con certificazione all'origine.
- Le emissioni in atmosfera sono rappresentate da due sfiati di idrogeno: uno sfiato atmosferico discontinuo per la rigenerazione dei moduli di assorbimento dell'umidità di circa 18 kg/h e uno sfiato in pressione costituito dall'idrogeno prodotto nel processo e non inviato all'utilizzo finale in casi di malfunzionamento, fuori servizio avviamento o emergenza. Lo sfiato in pressione viene inviato alla rete dei blowdown di raffineria e quindi convogliato alle torce di stabilimento della raffineria Sarlux. Tuttavia, tali sfiati sono sostanzialmente costituiti da idrogeno che non è dannoso per l'ambiente una volta emesso in atmosfera e, tantomeno, in torcia, in quanto in quest'ultima la combustione di idrogeno comporta la formazione di acqua ($2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$). In generale i due sfiati non rappresentano una emissione in atmosfera ai sensi della definizione 268.b. del d.lgs. n. 152/2006
- produzione di rifiuti costituiti dal catalizzatore esausto ma solo durante manutenzioni periodiche occasionali. Non si generano rifiuti durante la normale attività dell'impianto.
- emissioni acustiche non rilevanti e comunque limitate all'ambiente interno del fabbricato nel quale sarà disposta la strumentazione.

Non si evidenziano quindi aspetti ambientali rilevanti.

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.4.2.5 PK-05 – Chiller a servizio del modulo di purificazione dell'idrogeno e di elettrolisi

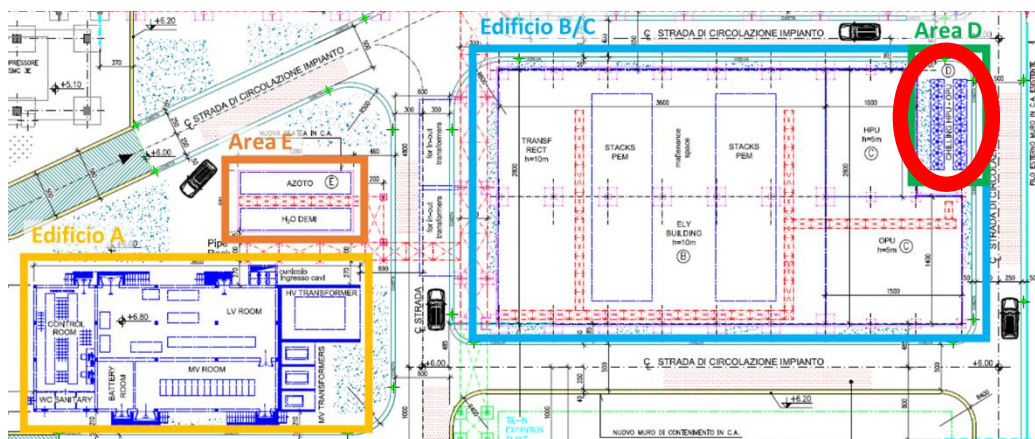


Figura 32 – Layout dell'impianto – particolare PK-05

L'unità chiller a servizio del modulo di purificazione dell'idrogeno e del modulo di elettrolisi sarà formata da 3 chiller di tipo air-cooled (raffreddati ad aria) da 200 kW.

Il chiller è un sistema di raffreddamento necessario al mantenimento della temperatura ideale nei due moduli. In particolare, la temperatura viene mantenuta con acqua refrigerante che una volta utilizzata nei moduli di elettrolisi e di purificazione diventa calda e necessita di essere raffreddata tramite il chiller nel quale viene impiegato come fluido di lavoro una miscela acqua-glicole con circa il 10-15% di glicole, che viene raffreddato ad aria.

Il principio di funzionamento del chiller è il ciclo frigorifero. Il classico ciclo frigorifero è costituito da quattro elementi principali: un evaporatore, un condensatore, un organo di espansione e un compressore.

Il calore viene esportato dall'acqua nell'evaporatore dove il refrigerante liquido, assorbendo il calore dell'acqua di processo, evapora mentre percorre il tubo dell'evaporatore, creando un gas a bassa pressione. Successivamente, il refrigerante evaporato viaggia verso il compressore dove il gas a bassa pressione viene compresso in un gas ad alta pressione. Il gas, quindi, esce e va al condensatore raffreddato ad aria. Mentre si trova nel condensatore, il calore viene rimosso dal refrigerante attraverso delle ventole. Dopo che il refrigerante, in forma di gas, ha percorso il condensatore, si trasforma in un liquido ad alta pressione. Il liquido ad alta pressione viaggia verso l'evaporatore attraverso la valvola di espansione. Durante questo processo, il refrigerante cambia da liquido ad alta pressione a liquido a bassa pressione. Poiché il chiller

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

funziona a ciclo continuo, questo liquido a bassa pressione viene quindi ritrasferito all'evaporatore dove l'intero ciclo si ripeterà.



Figura 33 - Schema del ciclo frigorifero

Poiché si tratta di un ciclo chiuso non è previsto il consumo continuo di acqua o di fluido refrigerante, a parte sporadici interventi di reintegro.

ASPETTI AMBIENTALI PK-05

Gli aspetti ambientali relativi a questo package sono elencati di seguito:

- consumo idrico per il raffreddamento che consiste, tuttavia, in acqua e glicole a ciclo chiuso e non prevede quindi un consumo idrico.
- consumo di elettricità durante il normale funzionamento, tuttavia l'elettricità è interamente proveniente da fonti rinnovabili (energia idroelettrica, fotovoltaica e/o eolica) con certificazione all'origine.
- emissioni acustiche non rilevanti e comunque limitate all'area dell'impianto.

Quindi non si evidenziano aspetti ambientali rilevanti.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.4.2.6 PK-06 – Purificazione e compressione del flusso di ossigeno

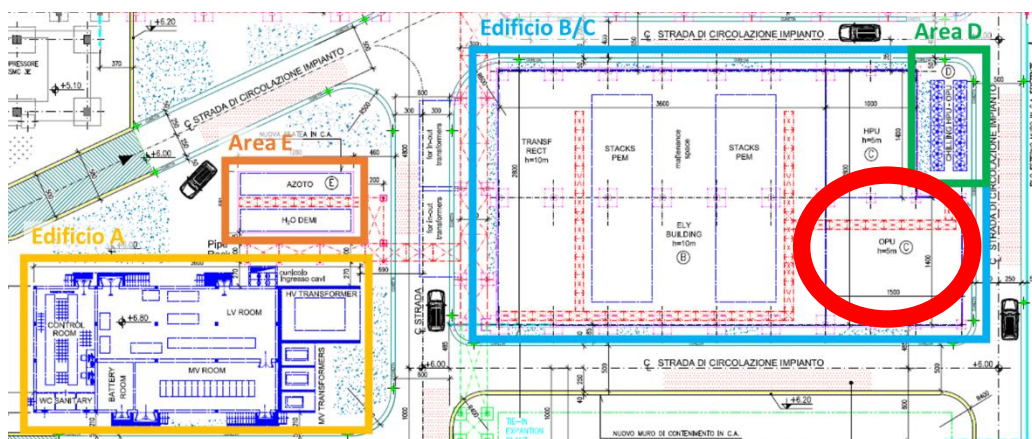


Figura 34 – Layout dell'impianto – particolare PK-06

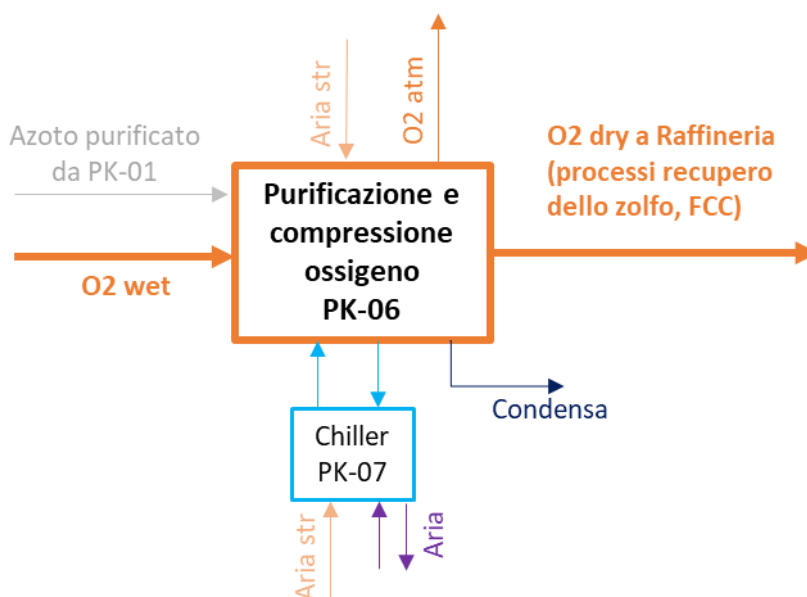


Figura 35 – Schema a blocchi del package di purificazione dell'ossigeno PK-06

Lo scopo di questo package è quello di aumentare la purezza dell'ossigeno proveniente dai moduli di elettrolisi, tramite la riduzione del quantitativo di idrogeno e acqua contenuti. Inoltre, il flusso di ossigeno viene pressurizzato fino alla pressione necessaria all'invio nella rete della Raffineria (da circa 2-3 barg a 15 barg) attraverso un'unità di compressione da 330 kW.

La riduzione della quantità di idrogeno presente nel flusso di ossigeno viene effettuata in un reattore catalitico, dove l'idrogeno presente reagisce con l'ossigeno per formare acqua. L'acqua presente nello stream viene eliminata con un sistema di assorbimento dell'umidità; tale sistema

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

viene rigenerato periodicamente tramite de-assorbimento dell'acqua. Il processo catalitico è lo stesso applicato sul sistema di purificazione dell'idrogeno descritto nel paragrafo C.4.2.4.

Sono presenti tre sfiati atmosferici discontinui di ossigeno: uno attivo durante la fase di rigenerazione dei letti di assorbimento dell'umidità, e due per la depressurizzazione del compressore che opera in due fasi (uno sfiato per ogni fase). Lo scarico di ossigeno atmosferico per la rigenerazione verrà utilizzato anche in situazioni di fermata dell'impianto, di emergenza o scenari operativi di raffineria quando si ha la necessità di evacuare rapidamente le linee.

Durante le attività di manutenzione periodica è prevista la sostituzione del catalizzatore esausto.

La tabella seguente presenta un'analisi dei flussi entranti ed uscenti dal sistema con le relative grandezze chimico-fisiche.

Parametro	Unità	O2 wet	O2 dry OUT
Portata	Nm3/h	2003	2000
Portata	m3/h		
Portata	kg/h	2859	2855
Peso molecolare	kg/kmol	32	32
Pressione	barg		13
Temperatura	°C	40-50	30
Composizione			
H2	%vol/ppmv	0,17%-1,6%	<5
N2	%vol/ppmv	1	<1
O2	%vol/ppmv	98-99,5%	99,995%
H2O	%vol/ppmv	0,32%	<5
Inerts	%vol/ppmv		

Tabella 14: Bilancio di massa PK-06

Il flusso di ossigeno alimentato al sistema di purificazione proveniente dai moduli di elettrolisi sarà di circa 2.859 kg/h e avrà una temperatura di circa 40-50°C. La purezza dell'ossigeno entrante sarà di circa 99-99,5%. In queste condizioni il sistema garantisce un flusso in uscita con purezza del 99,995% e impurità inferiori ai 5 ppmv.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Il flusso di ossigeno in uscita sarà di circa 2.855 kg/h con una pressione di circa 15 barg e sarà diretto ai processi di raffinazione del petrolio della Raffineria (unità di recupero dello zolfo e unità di cracking catalitico - FCC).

ASPETTI AMBIENTALI PK-06

Gli aspetti ambientali relativi a questo package sono elencati di seguito:

- consumo idrico per il raffreddamento che consiste, tuttavia, in acqua e glicole a ciclo chiuso che non prevede quindi un consumo idrico.
- consumo di elettricità durante il normale funzionamento, tuttavia l'elettricità è interamente proveniente da fonti rinnovabili (energia idroelettrica, fotovoltaica e/o eolica) con certificazione all'origine.
- Le emissioni in atmosfera sono rappresentate da tre sfiati atmosferici discontinui di ossigeno: uno per la rigenerazione dei moduli di assorbimento dell'umidità, e due per la depressurizzazione del compressore che opera in due fasi (uno sfiato per ogni fase). Lo scarico di ossigeno atmosferico per la rigenerazione verrà utilizzato anche in situazioni di fermata dell'impianto, di emergenza o scenari operativi di raffineria quando si ha la necessità di evacuare rapidamente le linee. I tre sfiati non rappresentano una emissione in atmosfera ai sensi della definizione 268.b. del d.lgs. n. 152/2006, in quanto sono composti da ossigeno che non è dannoso per l'ambiente.
- produzione di rifiuti costituiti dal catalizzatore esausto ma solo durante manutenzioni periodiche occasionali. Non si generano rifiuti durante la normale attività dell'impianto.
- emissioni acustiche non rilevanti e comunque limitate all'ambiente interno del fabbricato nel quale sarà disposta la strumentazione.

Quindi non si evidenziano aspetti ambientali rilevanti.

C.4.2.7 PK-07 – Chiller a servizio del modulo di purificazione dell'ossigeno

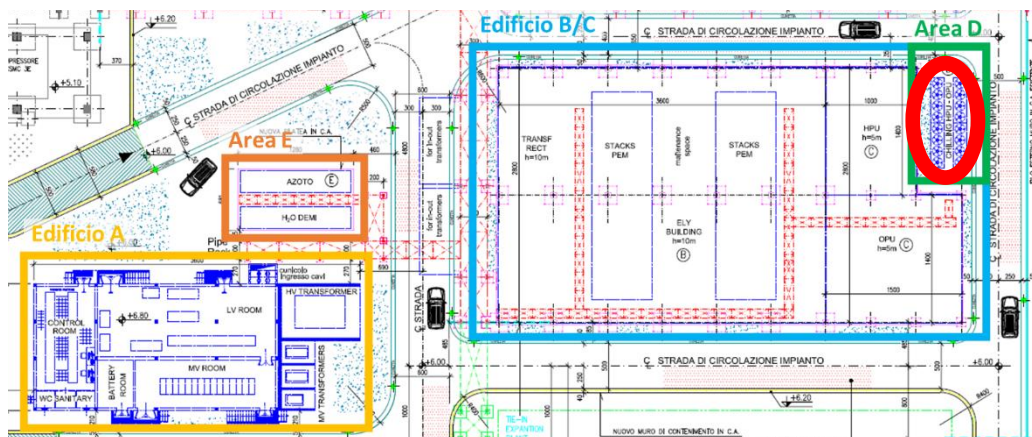


Figura 36 – Layout dell'impianto – particolare PK-07

L'unità chiller a servizio del modulo di purificazione dell'ossigeno sarà formata da 2 chiller di tipo air-cooled (raffreddati ad aria) da 200 kW, dello stesso modello e marchio di quelli impiegati nel package PK-05.

Il chiller è un sistema di raffreddamento necessario al mantenimento della temperatura ideale nel modulo di purificazione. In particolare, la temperatura viene mantenuta con acqua refrigerante che una volta utilizzata nel modulo di purificazione diventa calda e necessita di essere raffreddata tramite il chiller nel quale viene impiegato come fluido di lavoro una miscela acqua-glicole con circa il 10-15% di glicole, che viene raffreddato ad aria.

Il principio di funzionamento del chiller è il ciclo frigorifero che è già stato illustrato nel capitolo 0.

Poiché si tratta di un ciclo chiuso non è previsto il consumo continuo di acqua o di fluido refrigerante, fatta eccezione per sporadici interventi di reintegro.

ASPETTI AMBIENTALI PK-07

Gli aspetti ambientali relativi a questo package sono elencati di seguito:

- consumo idrico per il raffreddamento che consiste, tuttavia, in acqua e glicole a ciclo chiuso e non prevede quindi un consumo idrico;
- consumo di elettricità durante il normale funzionamento, tuttavia l'elettricità è interamente proveniente da fonti rinnovabili (energia idroelettrica, fotovoltaica e/o eolica) con certificazione all'origine;
- emissioni acustiche non rilevanti e comunque limitate all'area dell'impianto.

Non si evidenziano quindi aspetti ambientali rilevanti.

C.4.2.8 Alimentazione e distribuzione elettrica

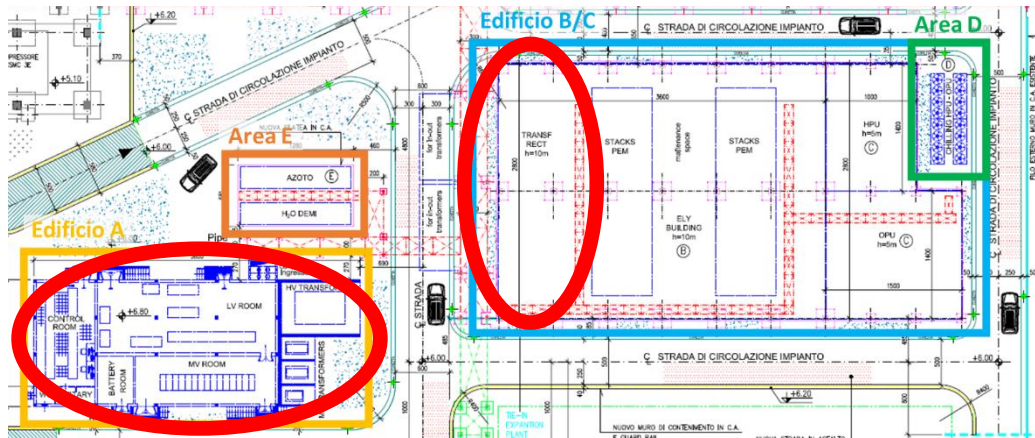


Figura 37 – Layout dell'impianto – particolare alimentazione e distribuzione elettrica

I componenti del sistema di distribuzione di energia elettrica saranno progettati e costruiti per le condizioni ambientali del luogo d'installazione in Aree Classificate secondo le Norme CEI EN 60079-10 per la possibile presenza di miscele esplosive con presenza di idrogeno laddove risultino in "Hazardous Area".

Il progetto viene eseguito in ottemperanza alle Leggi e Norme di riferimento vigenti, quali Legge 186/68; Legge 37/08 (ex 46/90), Standard SARLUX/EGP.

Per l'alimentazione del nuovo impianto, è previsto il collegamento con la cabina di alta tensione a 33kV della Raffineria denominata Q33-AT3 e sarà installato nell'edificio A un nuovo trasformatore abbassatore 33kV/15kV che porterà l'elettricità dalla alta alla media tensione e trasformatori 15 kV/400V dalla media alla bassa tensione.

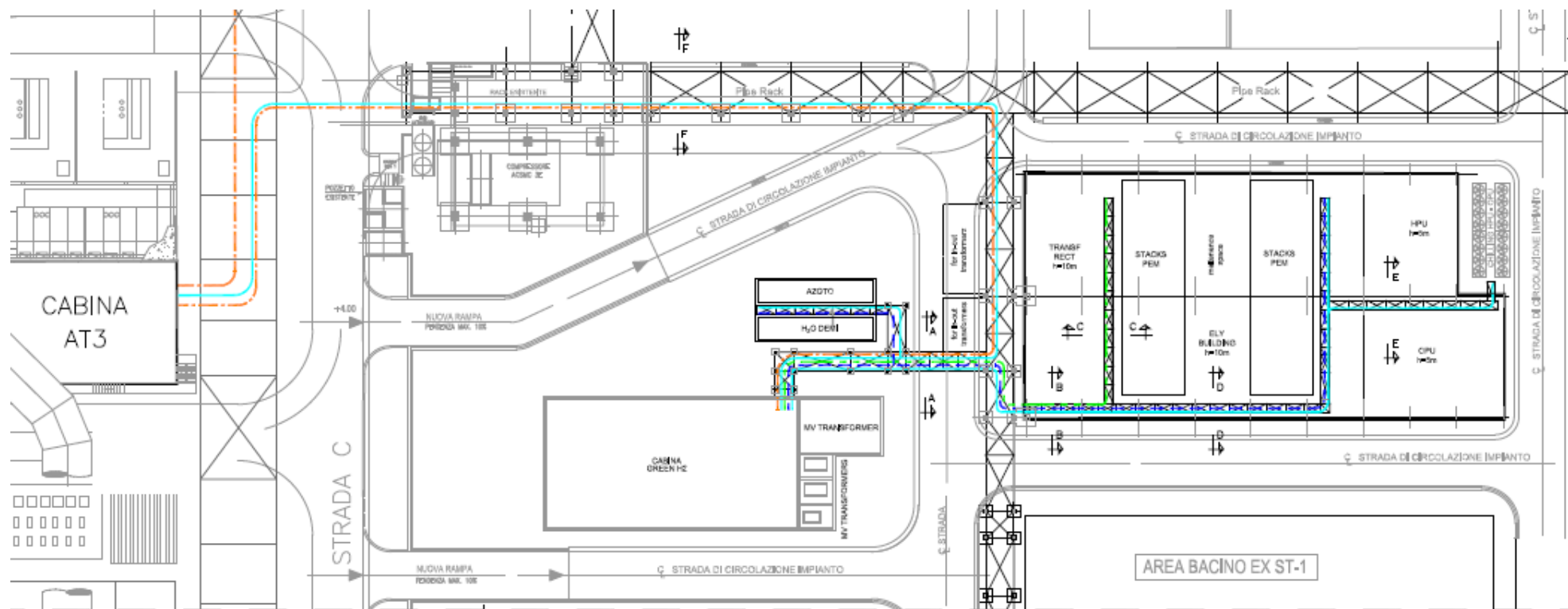
Oltre ai trasformatori, nell'edificio A saranno installati:

- i quadri di distribuzione in media tensione (15KV) per l'alimentazione dei moduli trasformatori/raddrizzatori per gli elettrolizzatori;
- il quadro di distribuzione per l'alimentazione del compressore ossigeno;
- i quadri di distribuzione delle utenze dei package in bassa tensione;
- sistema di alimentazione di emergenza UPS e relativo locale batterie;
- i sistemi a PLC per il controllo dei packages e relativa infrastruttura di rete.

Nell'edificio denominato B/C saranno poi installati e collegati i trasformatori, alimentati a 15kV, accoppiati ai convertitori AC/DC (tecnologia IGBT) atti ad alimentare i moduli elettrolizzatori.

Il percorso dei cavi del nuovo impianto è riportato nello stralcio cartografico in Figura 38.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale



LEGENDA :

- - - - - Percorso Cavi MEDIA TENSIONE (33 kV)
- - - - - Percorso Cavi MEDIA TENSIONE (15 kV)
- - - - - Percorso Cavi MEDIA TENSIONE (6 kV)
- Percorso Cavi BASSA TENSIONE (0,4 kV)

Figura 38 - Stralcio cartografico con indicazione delle linee MT

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Utenza	Potenza stimata kW	Corrente	Livello di tensione	Lunghezza stimata	Sezione mm ²	Designazione	Percorso	DA	A	Diametro
Transformer Green H2 33 kV	24/ 28 MVA	490 A	33 kV	250	3(1x500)	RG16H1R12 26/45 kV	Posa passerella in	Q33-AT3-CELLA15	TR-H2-1	60
Transformer Green H2 15 kV	24/ 28 MVA	1078 A	15 kV	55	3(3x240)	RG16H1OR12 12/20 kV	Posa passerella in	TR-H2-1	QMT-H2-1	84
Filtri per armoniche	HOLD	HOLD	15 kV	30	3x150	RG16OH1OR12 12/20 kV				75
Spare	-		15 kV	-	-					
Transformer/rectifier electrolyser Impianto produzione commerciale	4500 kVA	173 A	15 kV	150	3x150	RG16OH1OR12 12/20 kV	Posa passerella in	QMT-H2-1	Transformer/rectifier	75
Transformer/rectifier electrolyser Impianto produzione commerciale	4500 kVA	173 A	15 kV	150	3x150	RG16OH1OR12 12/20 kV	Posa passerella in	QMT-H2-1	Transformer/rectifier	75
Transformer/rectifier electrolyser Impianto produzione commerciale	4500 kVA	173 A	15 kV	150	3x150	RG16OH1OR12 12/20 kV	Posa passerella in	QMT-H2-1	Transformer/rectifier	75
Transformer/rectifier electrolyser Impianto produzione commerciale	4500 kVA	173 A	15 kV	150	3x150	RG16OH1OR12 12/20 kV	Posa passerella in	QMT-H2-1	Transformer/rectifier	75
Transformer/rectifier electrolyser Impianto produzione commerciale	4500 kVA	173 A	15 kV	150	3x150	RG16OH1OR12 12/20 kV	Posa passerella in	QMT-H2-1	Transformer/rectifier	75
Electrolyzers stacks auxiliaries	2000 kVA	77 A	15 kV	50	3x150	RG16OH1OR12 12/20 kV	Posa passerella in	QMT-H2-1	Electrolyzers stacks auxiliaries	75
Electrolyzers stacks auxiliaries	2000 kVA	77 A	15 kV	50	3x150	RG16OH1OR12 12/20 kV	Posa passerella in	QMT-H2-1	Electrolyzers stacks auxiliaries	75
Compressore O2 6 kV	300 kW	37 A	6 kV	150	3x50	RG16H1OR12 6/10 kV	Posa passerella in	QMT-H2-1	HOLD	47
Potenziamento ponte AT1-C pannello 13 a Q33-AT3 pannello 5		680 A	33 kV	560	3(1x500)	RG16H1R12 26/45 kV	Posa passerella in	AT1-C pannello 13	Q33-AT3 pannello 5	60
Potenziamento ponte AT1-D pannello 12 a Q33-AT3 pannello 6		680 A	33 kV	560	3(1x500)	RG16H1R12 26/45 kV	Posa passerella in	AT1-D pannello 12	Q33-AT3 pannello 6	60

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

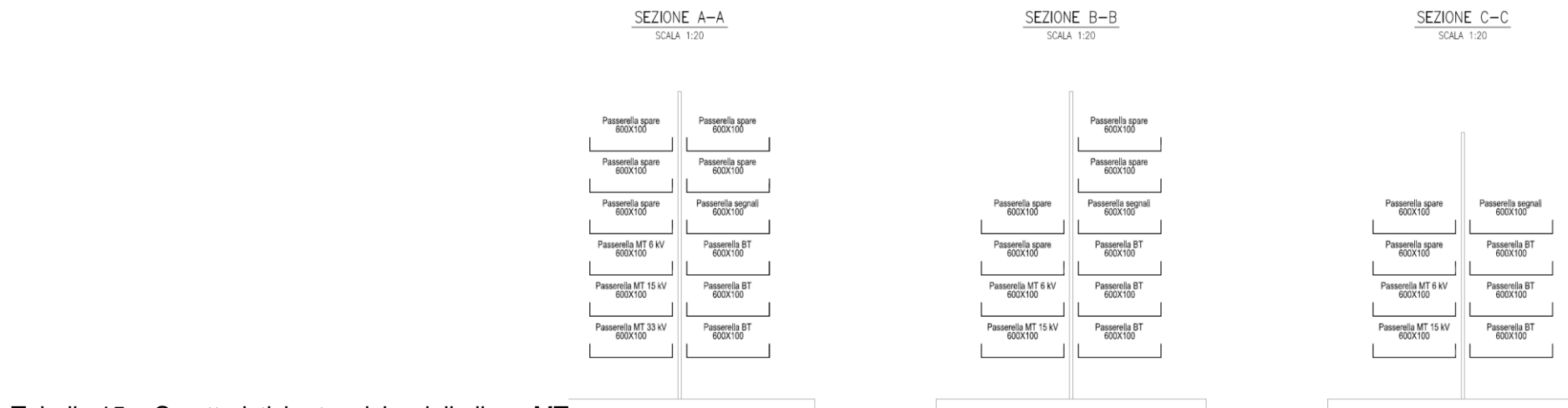


Tabella 15 – Caratteristiche tecniche delle linee MT

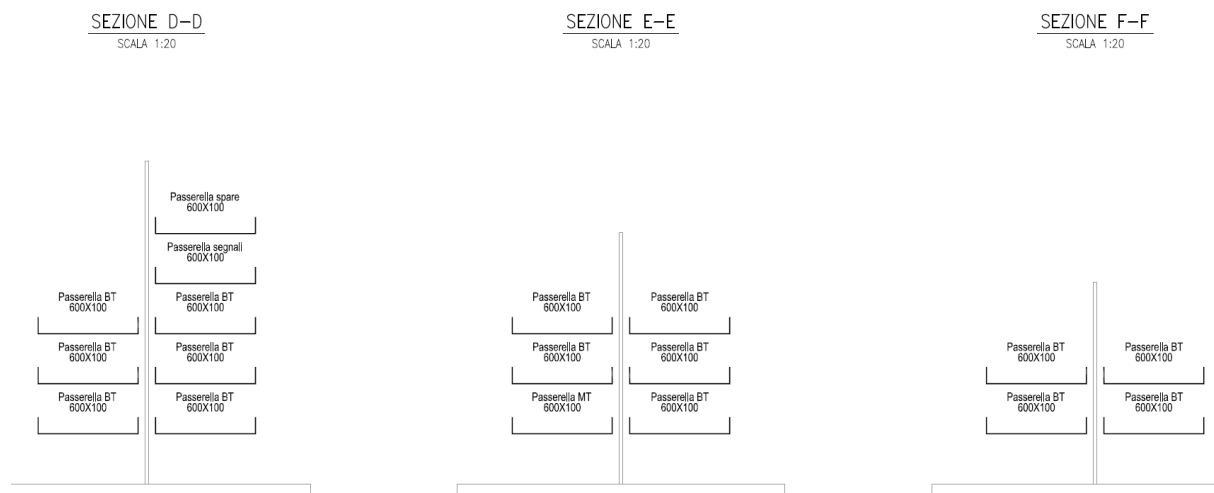


Figura 41 – Caratteristiche passerelle di sostegno delle linee in MT

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

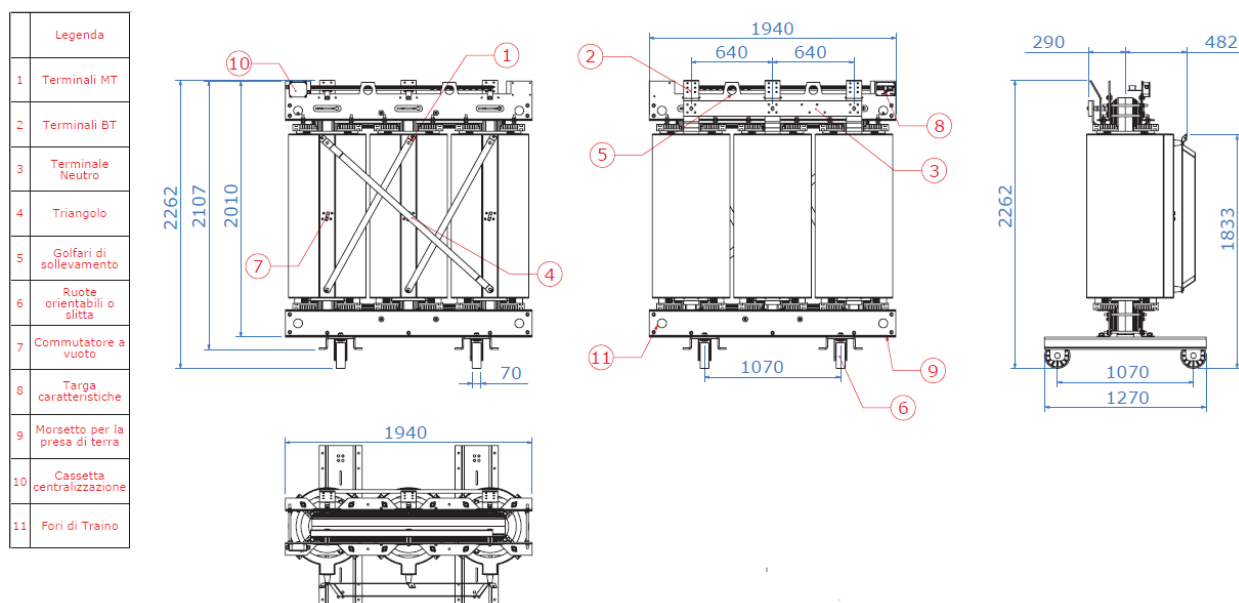


Figura 42 - Trasformatore MT-BT

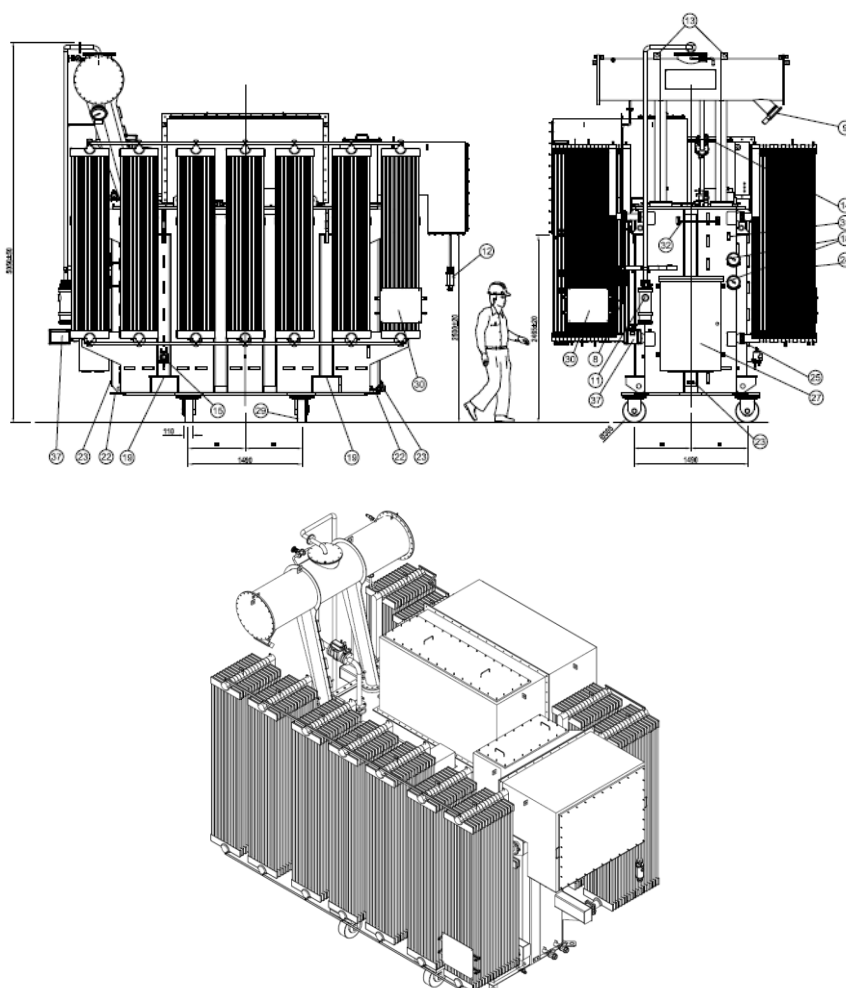


Figura 43 - Trasformatore AT-MT

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

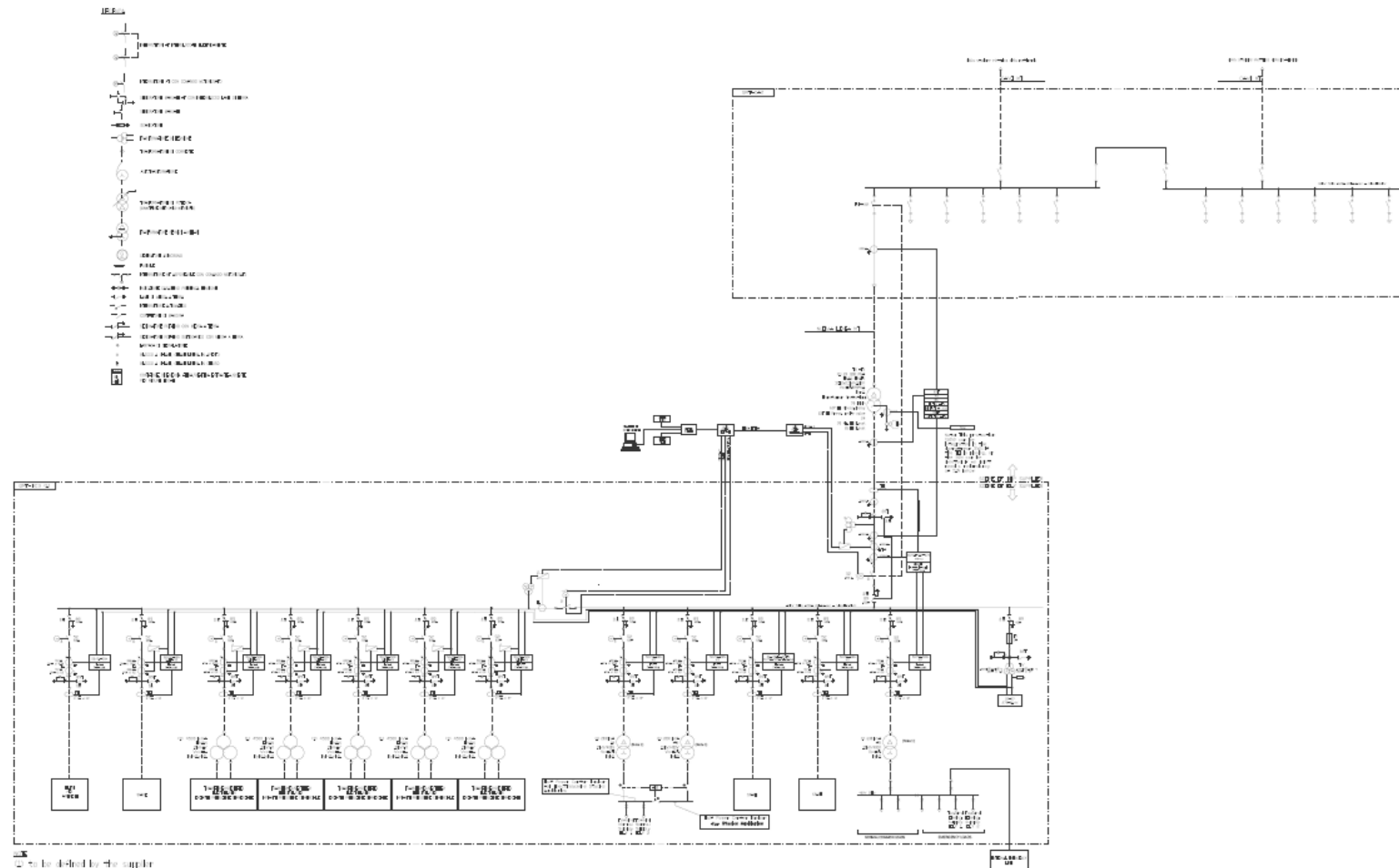


Figura 44 – Schema elettrico dell'impianto

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

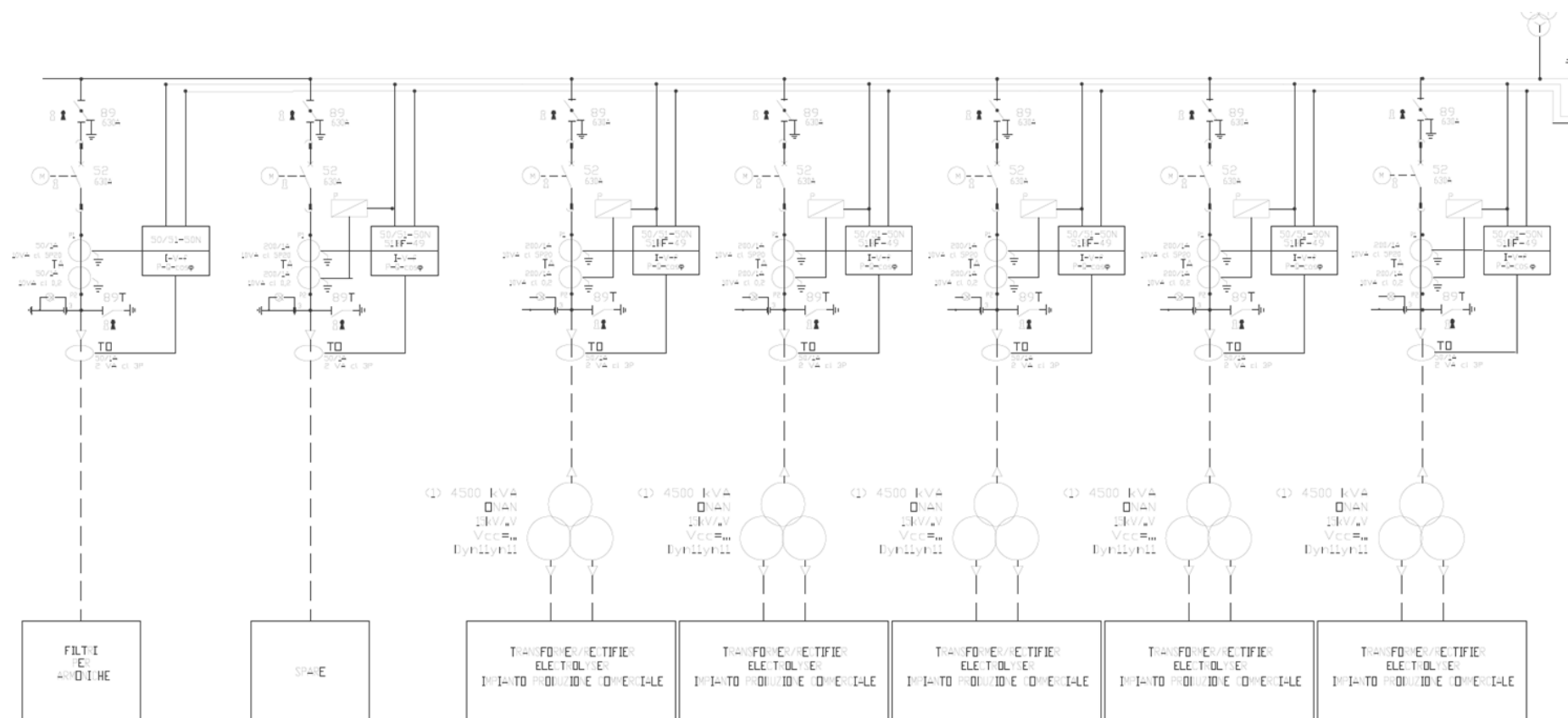


Figura 45 – Dettaglio dello schema elettrico dei moduli elettrolizzatori

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.4.2.9 Nuovi fabbricati

I componenti descritti nei paragrafi precedenti saranno per la maggior parte disposti all'interno di due fabbricati di nuova costruzione:

- L'edificio A conterrà la sala di controllo, i locali sanitari, la cabina LV-MV e le baie dei trasformatori.
- L'edificio B/C conterrà nella parte B l'elettrolizzatore e il raddrizzatore, nella parte C il sistema di purificazione dell'idrogeno e il sistema di purificazione e compressione dell'ossigeno. Nell'edificio è compresa l'installazione di un carroponte.

Inoltre, ognuno degli edifici del presente progetto sarà completo di tutte le opere di finitura necessarie quali:

- infissi;
- tinteggiature;
- impianti interni di illuminazione;
- sistema HVAC;
- sistema rilevazione gas ed antincendio.

L'edificio A sarà una classica costruzione in muratura dotata delle opere di finitura sopra descritte; mentre l'edificio B/C avrà la forma di un capannone che conterrà la strumentazione principale e, per evitare emissioni acustiche da parte delle apparecchiature, la copertura del tetto e delle pareti sarà fatta con pannelli fonoassorbenti come quelli raffigurati in Figura 46 e Figura 47.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

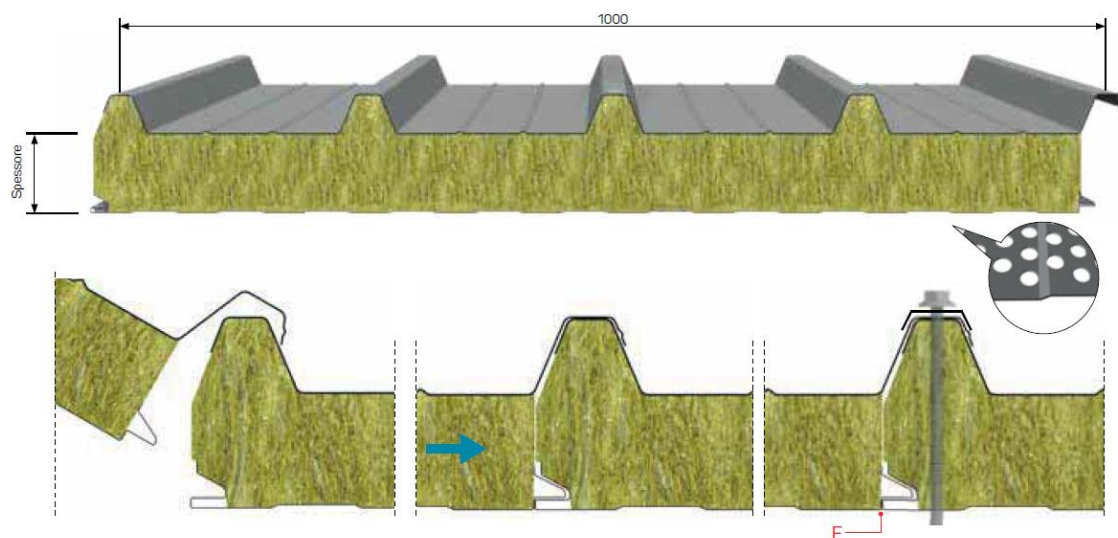


Figura 46 – Esempio di pannelli utilizzati per la copertura

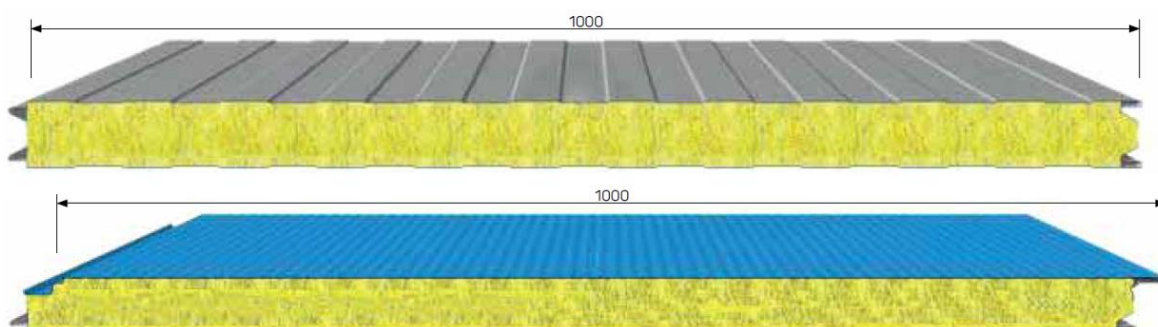


Figura 47 – Esempio di pannelli utilizzati per le pareti

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

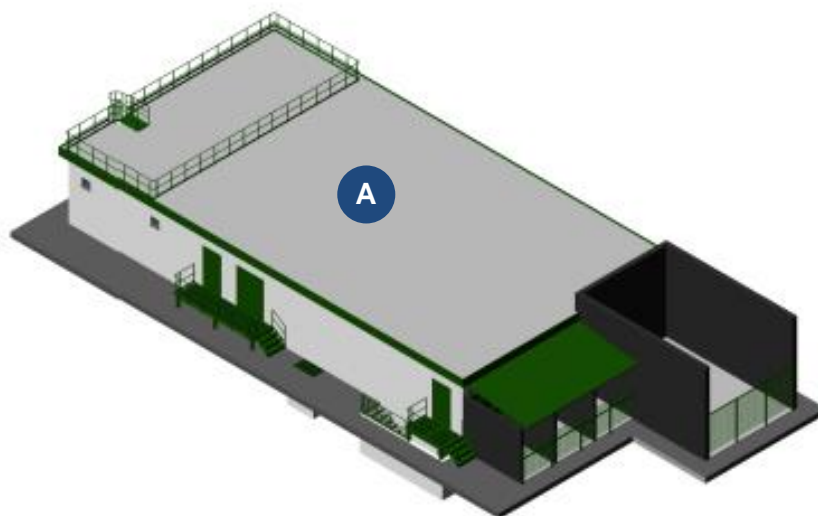


Figura 48 - Vista 3D dell'edificio A: sala controllo, cabina LV-MV e baie trasformatori

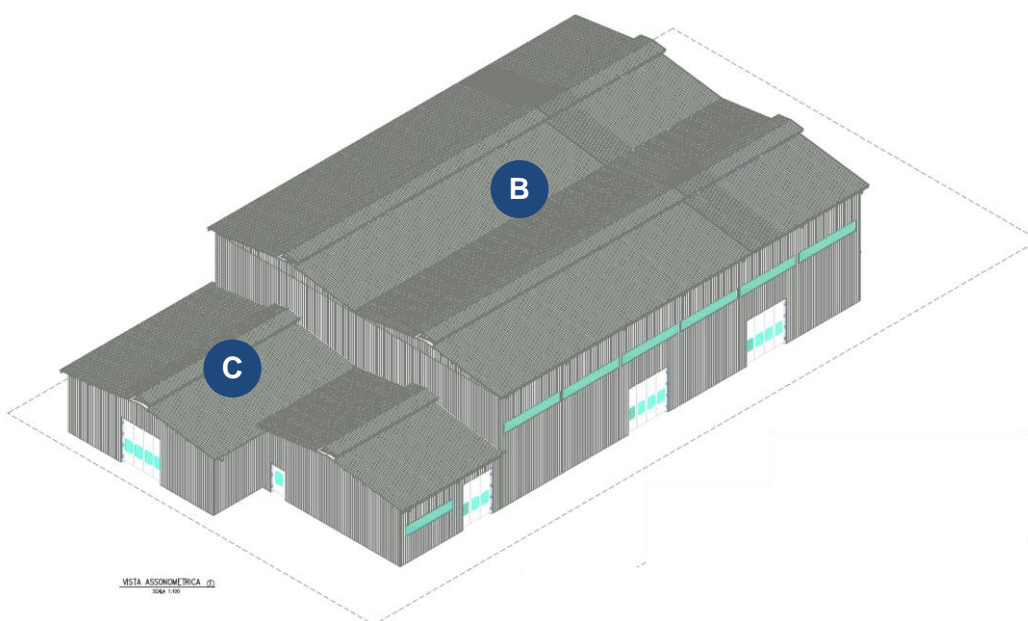


Figura 49 - Vista 3D dell'edificio B/C: elettrolizzatore, raddrizzatore, purificazione dell'idrogeno, purificazione e compressione dell'ossigeno

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

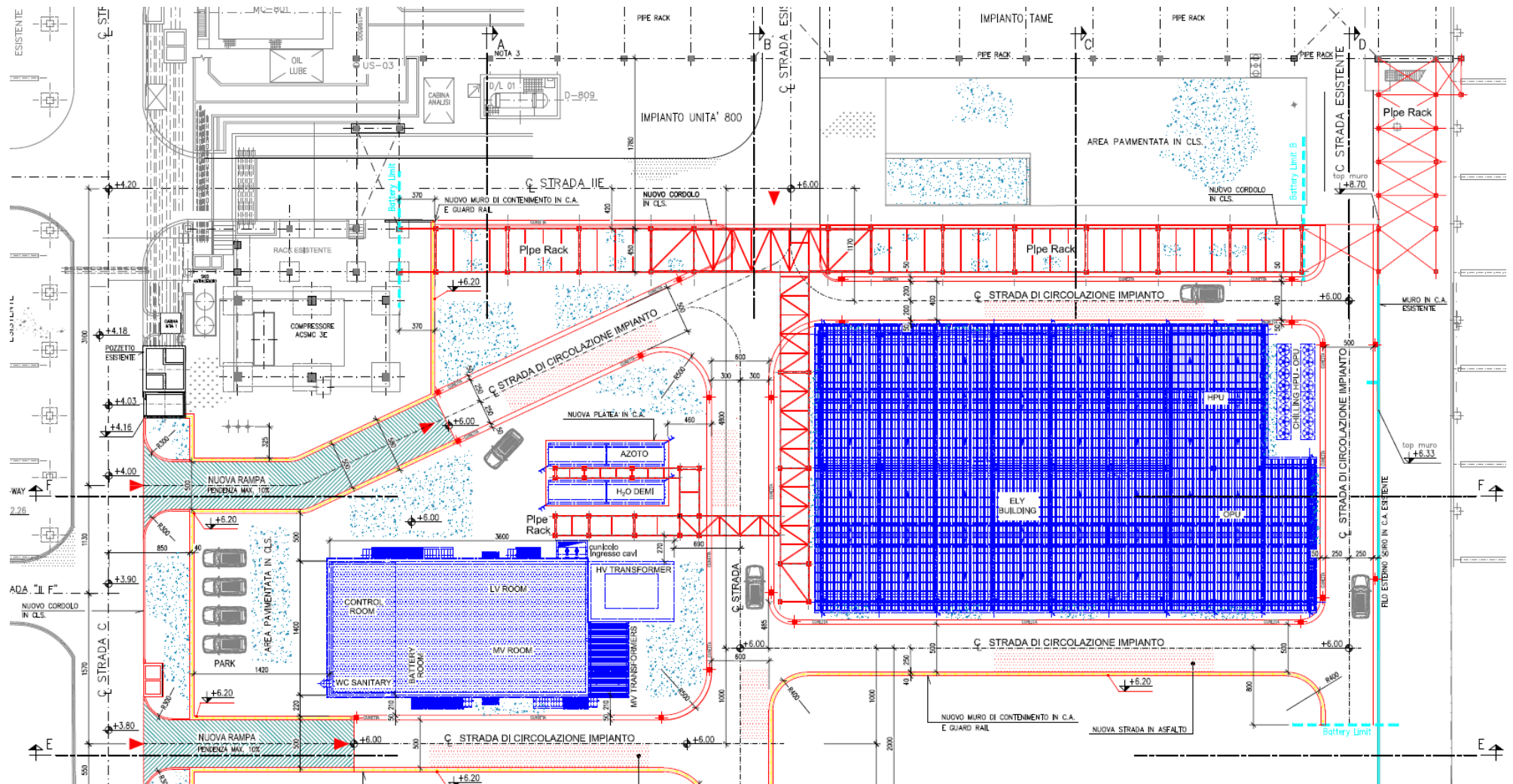


Figura 50 - Planimetria stato futuro con indicazione delle sezioni

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

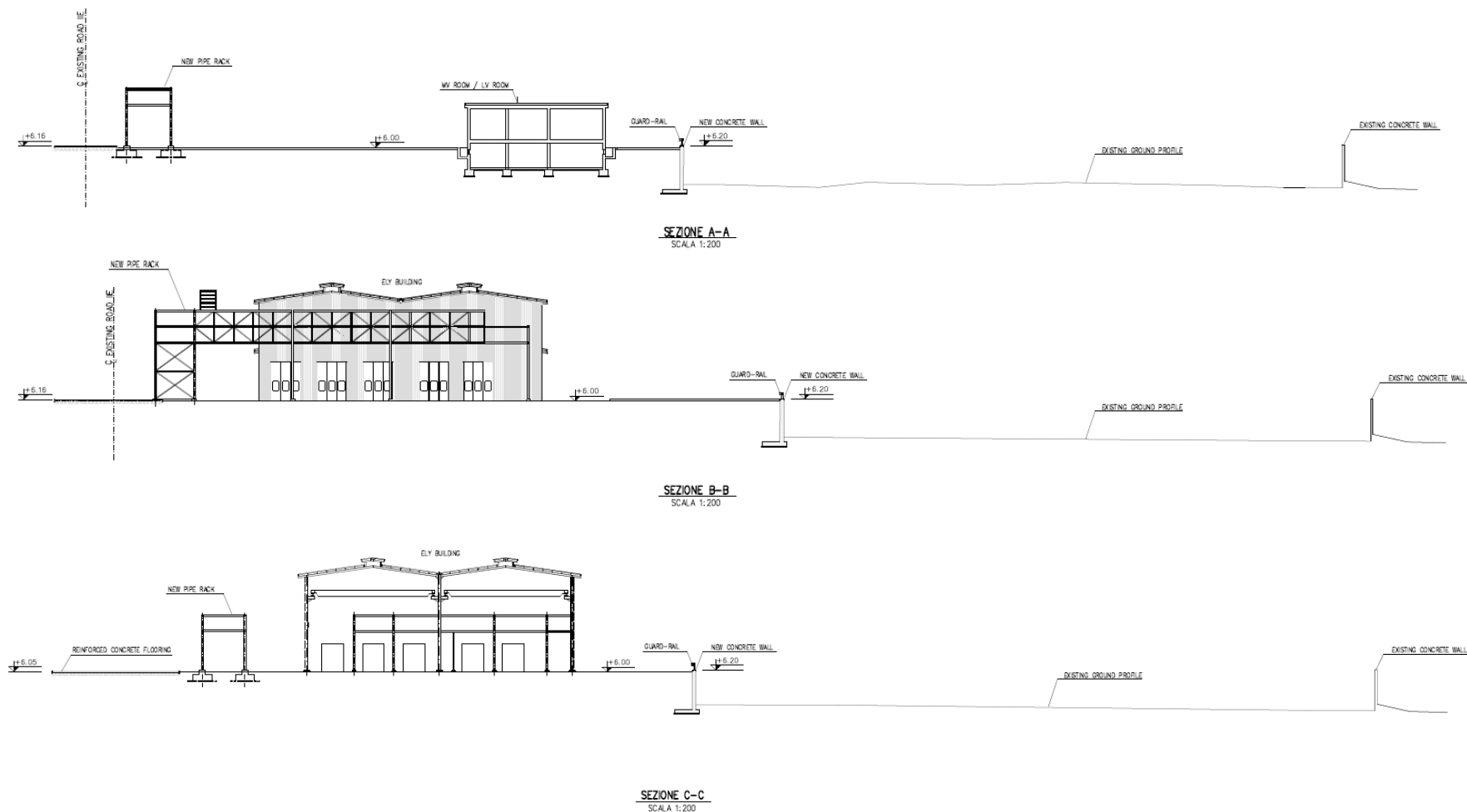


Figura 51 - Sezioni A, B e C dello stato futuro

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

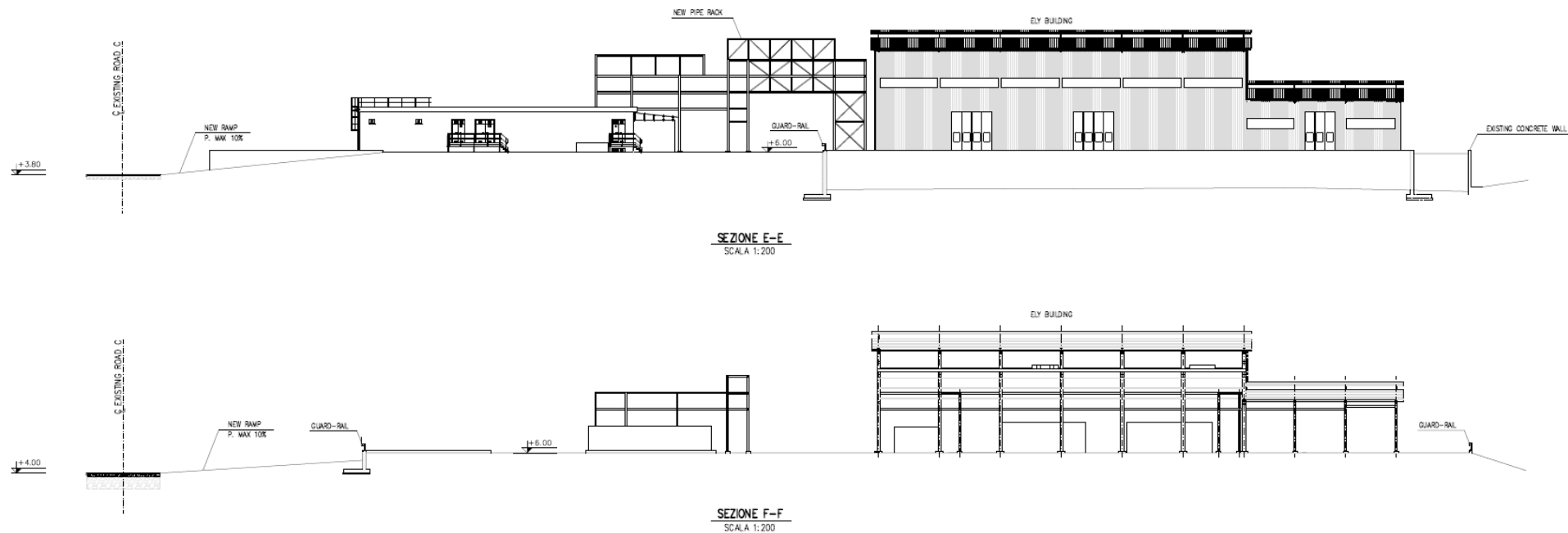


Figura 52 - Sezioni E, F dello stato futuro

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.4.2.10 Rete fognaria

È prevista la realizzazione di nuovo sistema fognario delle acque meteoriche e delle acque di processo, comprensivo di pozzetti di raccolta, caditoie, pozzetti di derivazione e d'ispezione, pozzetto sifonato tagliafiamma, tubazioni, masselli e griglie di raccolta delle acque interne all'edificio B/C. Nella costruzione della nuova rete fognaria sono comprese tutte le opere civili connesse come gli attraversamenti stradali e i collegamenti alla rete fognaria esistente.

La rete fognaria del nuovo impianto è rappresentata in Figura 56.

In particolare, al fine di determinare i parametri essenziali alla corretta valutazione della risposta idrologica del sito dell'impianto e per determinarne così un idoneo sistema di drenaggio per gli eventi meteorici è stato effettuato uno studio idrologico e idraulico. Lo studio ha portato al corretto dimensionamento del sistema di drenaggio che prevede:

- tubazioni in PVC DN 250/355(PN6)
- pozzetti in c.a. con griglia in ghisa sferoidale classe D400.
- Pozzetti di derivazione/ispezione
- Caditoie stradali

Le tubazioni saranno interrato e, dove lo strato di terreno che le ricopre risulterà di spessore inferiore a 80 cm, verrà realizzata una struttura in calcestruzzo necessaria per proteggere le stesse dai carichi sovrastanti.

Lo scavo propedeutico all'installazione delle tubazioni di scarico ed all'installazione dei pozzetti sarà impermeabilizzato preliminarmente alla posa degli stessi. L'impermeabilizzazione dello scavo potrà avvenire mediante l'impiego di una geomembrana impermeabile che rivestirà le scarpate ed il fondo dello scavo.

La portata totale di picco delle acque meteoriche, come risulta dall'analisi idrologica risulta pari a circa 270 l/s.

I tipologici del pozzetto previsto a progetto e della posa delle tubazioni sono riportati nelle seguenti figure.

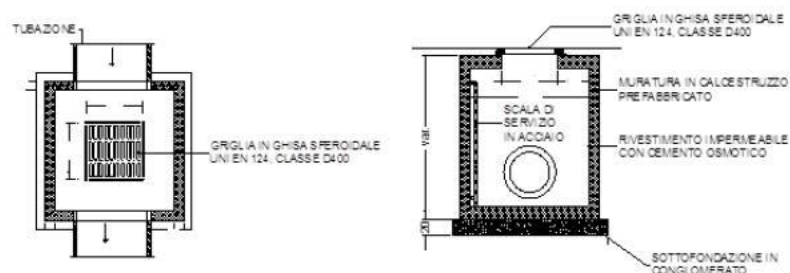


Figura 53 - Pozzetto del sistema di drenaggio

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

L'analisi idraulica è relativa alla valutazione del deflusso della corrente a pelo libero in condizioni di moto uniforme all'interno delle tubazioni di progetto. La formula utilizzata è quella di Gauckler-Strickler valida per deflussi a pelo libero.

Quindi il dimensionamento della rete si è basato su eventi caratterizzati da un TR (tempo di ritorno) di 10 anni, e ha portato alla conclusione che risulta sufficiente che il collettore terminale della rete di drenaggio sia caratterizzato da un collettore in PVC DN 355. Per le ramificazioni interne risultano sufficienti collettori da DN 250.

Gli scarichi fognari raccolti saranno trattati negli impianti TAS – Trattamento Acque Scarico e API-TAZ - Trattamento Acque Zavorra dello stabilimento di raffineria di seguito descritti:

- TAS è l'impianto di trattamento delle acque di scarico di stabilimento che effettua trattamenti di tipo chimico, fisico e biologico sulle acque provenienti dalla rete fognaria oleosa, a cui sono convogliati i reflui idrici e le acque meteoriche dall'area impianti della raffineria (con potenziale presenza di idrocarburi) e le acque sanitarie; a valle del trattamento le acque depurate vengono riversate in mare attraverso due scarichi finali (1A e 1B).
- API-TAZ è l'impianto di trattamento delle acque di zavorra (slop e acque di lavaggio) e di sentina provenienti, rispettivamente, da navi cisterna che attraccano al terminale marittimo e da navi private, delle acque emunte dai pozzi della barriera idraulica del sito, delle acque meteoriche, escluse quelle raccolte dall'area impianti; a valle del trattamento le acque depurate vengono riversate in mare attraverso uno scarico finale (1C).

In particolare, all'impianto TAS vengono convogliati:

- gli stream acquosi di processo dell'impianto (spurgo dell'elettrodeionizzatore e eventuale spurgo dell'elettrolizzatore);
- le acque sanitarie dei servizi idrici;
- in scenari accidentali, gli oli minerali isolanti e refrigeranti delle apparecchiature in casi di fuoriuscite.

All'impianto API-TAZ saranno convogliate le sole acque meteoriche.

I collegamenti delle acque di scarico del nuovo impianto alle reti fognarie esistenti di raffineria prevedranno tre pozzetti per il prelievo di campioni per effettuare eventuali analisi periodiche, un pozzetto per ogni tipologia di scarico, indicati sulla planimetria della rete fognaria come:

- PC1 – Pozzetto prelievo campioni per lo scarico meteorico;

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- PC2 - Pozzetto prelievo campioni per lo scarico tecnologico;
- PC3 - Pozzetto prelievo campioni per lo scarico civile.

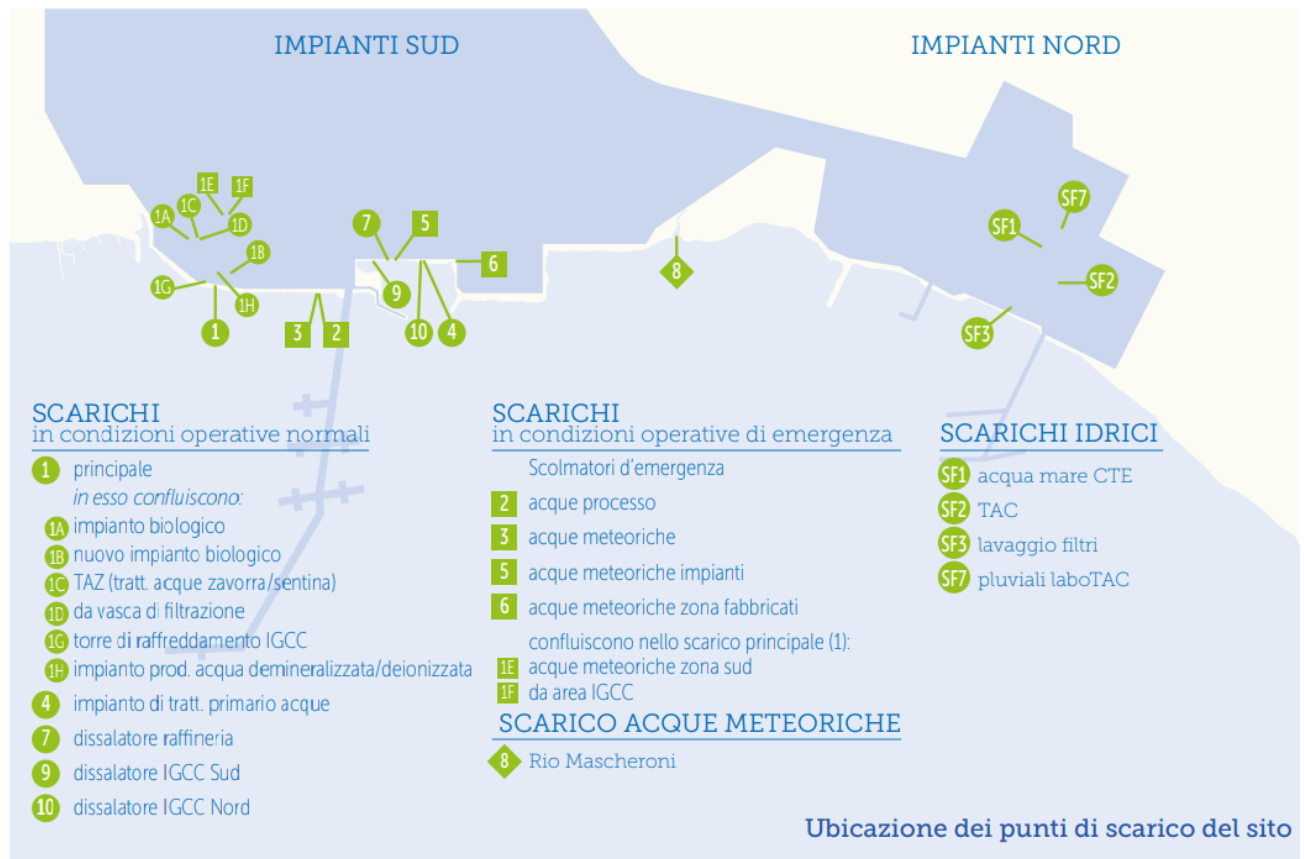


Figura 54 - Planimetria degli scarichi idrici della raffineria Sarlux e degli impianti di trattamento (TAS prevede scarichi 1A e 1B, TAZ scarico 1C)

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

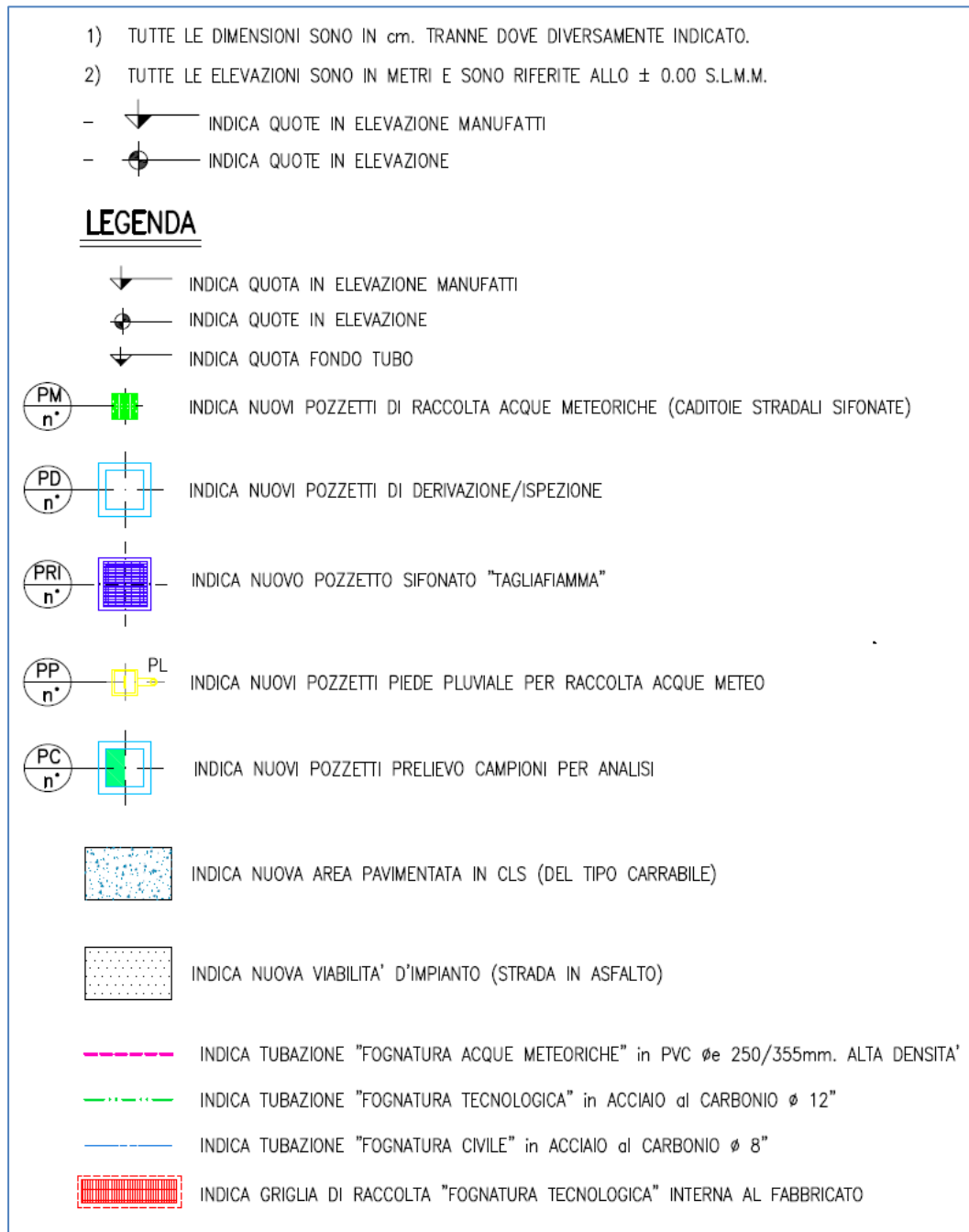


Figura 55 - Legenda della planimetria della rete fognaria

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

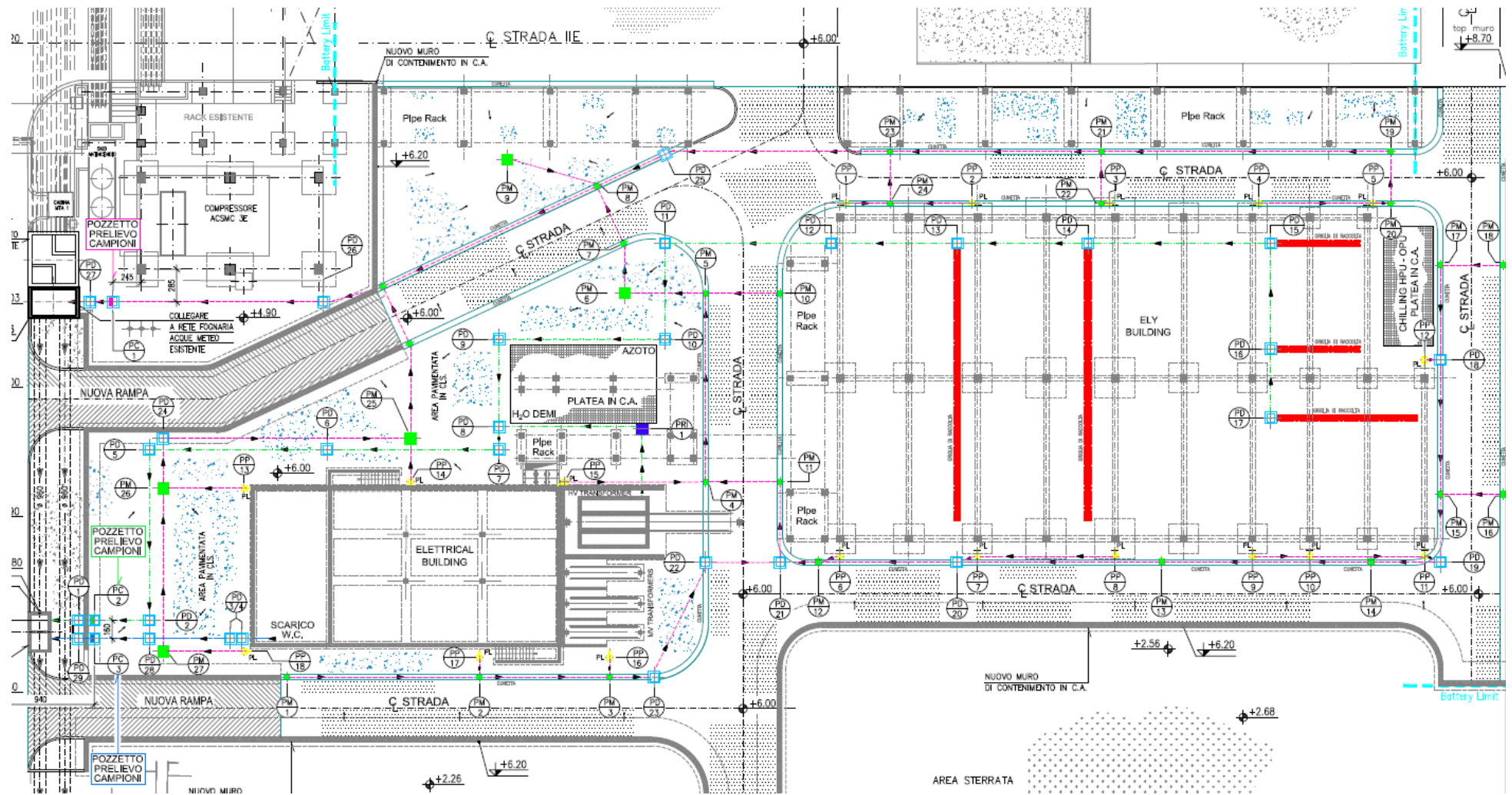


Figura 56 - Rete fognaria

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.4.3 Opere connesse

L'alimentazione del nuovo impianto Green H2 sarà derivata da una riserva attualmente disponibile sul quadro Q33-AT3 a 33kV della Raffineria; pertanto, si dovrà prevedere la fornitura ed installazione di una nuova colonna per l'ampliamento del suddetto quadro, questo permetterà di non saturare le utenze attualmente disponibili.

In caso di fuori servizio di un trasformatore per un periodo di lunga durata, si potrà sfruttare il collegamento 33 kV esistente tra la cabina AT3 e la cabina AT1 della Raffineria.

Risultano quindi necessarie le seguenti attività di verifica e ripristino dei collegamenti tra AT1 e AT3:

- posa di un ulteriore cavo aereo in parallelo a ciascuna delle due connessioni;
- adeguamento delle protezioni elettriche

C.4.4 Bilancio di massa

Il bilancio di massa di ogni singolo modulo è stato affrontato nei capitoli precedenti. Per quanto riguarda il bilancio di massa complessivo dell'impianto si riporta di seguito in Tabella 16 un riassunto dei flussi entranti ed uscenti dal sistema.

	Unità	Acqua IN	H2 dry OUT	O2 dry OUT	Drenaggio tratt. acque	Drenaggio elettro_ lizzatore	Azoto da rete distribu_ zione	Aria per strumenti
Portata	Nm3/h		4000	2000			10,4-50*	1-10
Portata	m3/h	4,5			0,9	**		
Portata	kg/h	4500	356,8	2855	900	**	13-63 *	1-13
Peso molecolare	kg/kmol		2	32			28	28,96
Pressione	barg	7	18	13	2-3	2-3	3-4	4-6
Temperatura	°C	10-30	30	30	10-30	35-50	35-50	35-50
Composizione								
H2	%vol/ppmv		99,995%	<5				
N2	%vol/ppmv		<1	<1			99,97%	
O2	%vol/ppmv		<5	99,995%			300	
H2O	%vol/ppmv		<5	<5				
Inerts	%vol/ppmv							
* flusso minimo utilizzato durante il normale funzionamento, flusso massimo utilizzato per fermi impianto/manutenzioni per eliminare l'idrogeno o l'ossigeno presenti nelle tubazioni o nei moduli								
** utilizzato solo in caso di fermi impianto o attività di manutenzione								

Tabella 16 - Bilancio di massa complessivo

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Nell'impianto entreranno circa 4,5 m³/h di acqua e verranno prodotti circa 4.000 Nm³/h di idrogeno e 2.000 Nm³/h di ossigeno. Annualmente verranno consumati circa 33.750 m³ di acqua e verranno prodotti 30.000.000 Nm³ di idrogeno e 15.000.000 Nm³ di ossigeno. È presente solo uno spurgo continuo di acqua proveniente dall'unità di trattamento dell'acqua che consiste in acqua demineralizzata ricca di ioni, che quindi non ha impatti rilevanti dal punto di vista ambientale.

Il flusso entrante di aria di circa 1-10 Nm³/h è necessario al funzionamento degli strumenti analizzatori; anche il flusso di azoto in continuo di circa 10,4 Nm³/h è richiesto come flusso di gas inerte per il funzionamento degli analizzatori. Inoltre, un flusso più abbondante di azoto di massimo 50 Nm³/h sarà utilizzato a seguito di una fermata impianto, qualora risulti necessario eliminare l'idrogeno o l'ossigeno presente nelle tubazioni o nei moduli, al fine di permettere una fermata prolungata dell'impianto stesso per esigenze manutentive o operative.

C.4.5 Bilancio di energia ed efficienza

Nel presente capitolo si analizzeranno le prestazioni energetiche dell'impianto considerando la potenza installata di 20 MW e 7.500 ore equivalenti annue, per una produzione di idrogeno pari a 4.000 Nm³/h.

L'efficienza elettrica dell'elettrolizzatore è stata calcolata considerando l'energia specifica utilizzata dall'elettrolizzatore per produrre un chilogrammo di idrogeno, in confronto all'energia contenuta in un chilogrammo di idrogeno, calcolata attraverso il suo potere calorifico inferiore (33,3 kWh/kg) o superiore (39,4 kWh/kg). Il calcolo dell'efficienza è presentato nella tabella seguente. Un confronto con le migliori tecniche disponibili sul mercato è presentato nel capitolo C.4.6.

ore funzionamento	7.500	h/anno
Potenza	20	MW
HHV H2	142	MJ/kg
	39,4	kWh/kg
LHV H2	120	MJ/kg
	33,3	kWh/kg
Produzione oraria idrogeno	4.000	Nm3/h
	356,8	kg/h
Produzione annua idrogeno nominale	2.676	t/anno
Energia annua nominale	150	GWh/anno
Energia specifica	56,1	kWh/kgH2
Efficienza su base HHV	70%	
Efficienza su base LHV	59%	

Tabella 17 - Efficienza energia nominale

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Si consideri che gli stack che compongono il modulo di elettrolisi sono soggetti a degradazione, soprattutto negli ultimi anni di esercizio, quindi quando si avvicinano alle 80.000 ore di funzionamento. Per questo motivo ogni 10 anni è prevista una manutenzione straordinaria per la sostituzione degli elettrodi delle membrane PEM.

Si stima quindi che negli ultimi anni di esercizio degli stack la potenza erogata al modulo di elettrolisi sarà di circa 23 MW. Considerando quindi 23 MW erogati e una produzione di idrogeno pari a quella presentata in Tabella 17 si otterrebbe negli ultimi anni un'efficienza del 61% su base HHV e 52% su base LHV.

C.4.6 Analisi delle migliori tecniche disponibili

Gli impianti di produzione di idrogeno tramite elettrolisi, come quello in esame, rientrano tra le attività industriali elencate nell'Allegato 1 della direttiva IPPC dell'UE al punto 4.2., ovvero "Fabbricazione di prodotti chimici inorganici". Pertanto, il documento di riferimento per questa attività è il BREF "Large Volume Inorganic Chemicals" della Commissione Europea. Tuttavia, per lo specifico processo produttivo di idrogeno da elettrolisi, il BREF non dedica un capitolo, in quanto, di fatto, non presenta significativi aspetti ambientali. In ogni caso, l'argomento della produzione di idrogeno verde da elettrolisi è stato ampiamente affrontato, negli ultimi anni, da organismi internazionali come IEA - International Energy Agency, IRENA - International Renewable Energy Agency e OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development.

Per tanto, prendendo in esame quanto dichiarato da questi organismi, di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle caratteristiche tecno-economiche e ambientali delle migliori tecnologie di elettrolizzatori PEM con fornitura di energia elettrica da fonte rinnovabile presenti sul mercato ad oggi.

Electrical efficiency (% LHV)	56 – 60
Operating pressure (bar)	30 – 80
Operating temperature (°C)	50 – 80
Stack lifetime (operating hours)	30.000 – 90.000
Load range (% relative to nominal load)	0–160
Plant footprint (m ² /kWe) riferita all'area occupata dall'elettrolizzatore e la purificazione dei flussi	0,048
CAPEX (USD/kWe)	1.100 – 1.800
CO ₂ emissions (kgCO ₂ /kgH ₂)	0

Tabella 18- Caratteristiche tecno-economiche e ambientali degli elettrolizzatori PEM con elettricità da fonte rinnovabile – Fonte: IEA report 2019 The Future of Hydrogen

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Il confronto con la tecnologia utilizzata nel presente progetto è riportato nella tabella seguente.

	Migliori tecniche disponibili	Impianto H2 Green
Electrical efficiency (% LHV)	56 – 60	59
Operating pressure (bar)	30 – 80	30
Operating temperature (°C)	50 – 80	50
Stack lifetime (operating hours)	30.000 – 90.000	80.000
Load range (% relative to nominal load)	0–160	5-100%
Plant footprint (m ² /kWe) riferita all'area occupata dall'elettrolizzatore e la purificazione dei flussi	0,048	0,0125
CAPEX (USD/kWe)	1.100 – 1.800	1.279
CO2 emissions (kgCO ₂ /kgH ₂)	0	0

Tabella 19 - Confronto MTD

Si consideri che l'elettricità utilizzata dall'impianto elettrolizzatore è interamente proveniente da fonti rinnovabili con certificazione all'origine. Di conseguenza le emissioni di CO₂ equivalente prodotte dall'impianto sono 0 kgCO₂/kgH₂.

Con riferimento a quanto fin qui valutato, l'impianto applica le migliori tecnologie disponibili del settore, adottando le opportune misure antinquinamento.

Inoltre, si evidenzia che il complesso è in una situazione ottimale, dovuta soprattutto al fatto che i suoi processi hanno dei margini di modifica molto limitati e pertanto i bilanci sia della produzione che di conseguenza dei prodotti di scarto (rifiuti, emissioni, etc...) sono minimi e costanti; inoltre, le tecnologie adottate sono quelle più moderne e più sicure in termini di impatto con l'ambiente.

C.5 FASE DI CANTIERE

C.5.1 Aree utilizzate

Come precedentemente esposto, l'area interessata dalla costruzione del nuovo impianto risulta attualmente libera da impianti e manufatti ed è ubicata in una ex area della raffineria Sarlux, ove precedentemente era presente il Bacino di Contenimento del Serbatoio ST-1, ora smantellato completamente. In particolare, l'area verrà occupata dal nuovo impianto parzialmente per circa 6.080 m² rispetto ai complessivi 14.500 m². Si sottolinea che dopo lo smantellamento dei serbatoi l'area è stata soggetta a bonifica tra il 2008 e il 2009 dopo l'approvazione, da parte del Ministero competente, dei progetti per la messa in sicurezza (MISE). Sarlux ha provveduto all'asportazione del terreno contaminato, secondo quanto previsto dal progetto condiviso e approvato dalle Autorità competenti, allo scopo di richiederne la sua restituzione per la realizzazione e svolgimento di nuove attività. Infine, Sarlux nel 2021 ha comunicato la chiusura delle attività di MISE relative all'Area ST-1. Maggiori dettagli riguardo alla procedura di bonifica sono riportati nel quadro di riferimento ambientale del presente Studio di Impatto Ambientale (Elaborato AM-RT10003 SIA - Quadro di riferimento ambientale).

L'area, come rappresentato in Figura 4, risulta confinante a Nord con il Pipe Rack prospiciente la strada E, a Sud con la strada C, a Ovest con la strada IIE fronte impianti UNITA 800 e TAME, e a Est con le Vasche API della Raffineria.

Nell'area di lavoro, individuata su una superficie di circa 14.500 m², pari a quella dell'Area ex serbatoio ST-1, sarà individuato uno spazio per il deposito temporaneo di materiali (tubazioni, lamiere, apparecchiature, etc.) ed un'area per i servizi logistici delle imprese realizzatrici dei lavori. Ogni impresa predisporrà un proprio campo base adibito ad uffici e servizi igienici in un'area dedicata. Si stima che non tutte le imprese saranno presenti nel cantiere simultaneamente; quindi, saranno presenti massimo 4 campi base contemporaneamente, che occuperanno un'area di massimo 200 m². L'area oggetto di intervento sarà poi occupata parzialmente, per circa 6.080 m² nella parte Ovest, in modo permanente dal nuovo impianto durante la fase di esercizio.

Le aree saranno totalmente delimitate al fine di poter regolamentare l'accesso del solo personale autorizzato.

C.5.2 Gestione del cantiere

La gestione del cantiere viene accuratamente programmata al fine di garantire la qualità dell'esecuzione dei lavori, la coordinazione tra i vari soggetti e la sicurezza dei lavoratori secondo quanto previsto dal D.lgs. 81/2008.

In accordo con quanto previsto dalla sopracitata normativa, al fine di definire un'organizzazione dei lavori di costruzione capace di assicurare e mantenere nel tempo le migliori condizioni di lavoro a tutela dell'integrità fisica dei lavoratori, è stato redatto un *Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC)* per le attività di costruzione dell'impianto in oggetto.

C.5.2.1 Tracciati viari

I tracciati viari necessari per il raggiungimento delle zone operative, per i siti di cava e di discarica consistono nei tracciati viari già esistenti nel complesso della raffineria e dai sistemi viabilistici ordinari. È stato predisposto un piano della viabilità per il nuovo impianto e per il cantiere rappresentato nella planimetria della viabilità in Figura 57.

In particolare, la strada limitrofa di futuro accesso al nuovo Impianto è sul lato Sud-Ovest ed è denominata strada "C". Oltre a questa verranno predisposti nuovi tracciati in prossimità dell'impianto per facilitare le operazioni durante la fase di cantiere e durante la fase di esercizio. I nuovi tracciati saranno disposti sui lati Nord, Ovest Est dell'impianto, oltre a quelli di circolazione previsti tra i nuovi fabbricati. Inoltre, è prevista la costruzione di due nuove rampe di accesso sul lato Sud, che collegheranno i nuovi tracciati alla strada "C" limitrofa.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

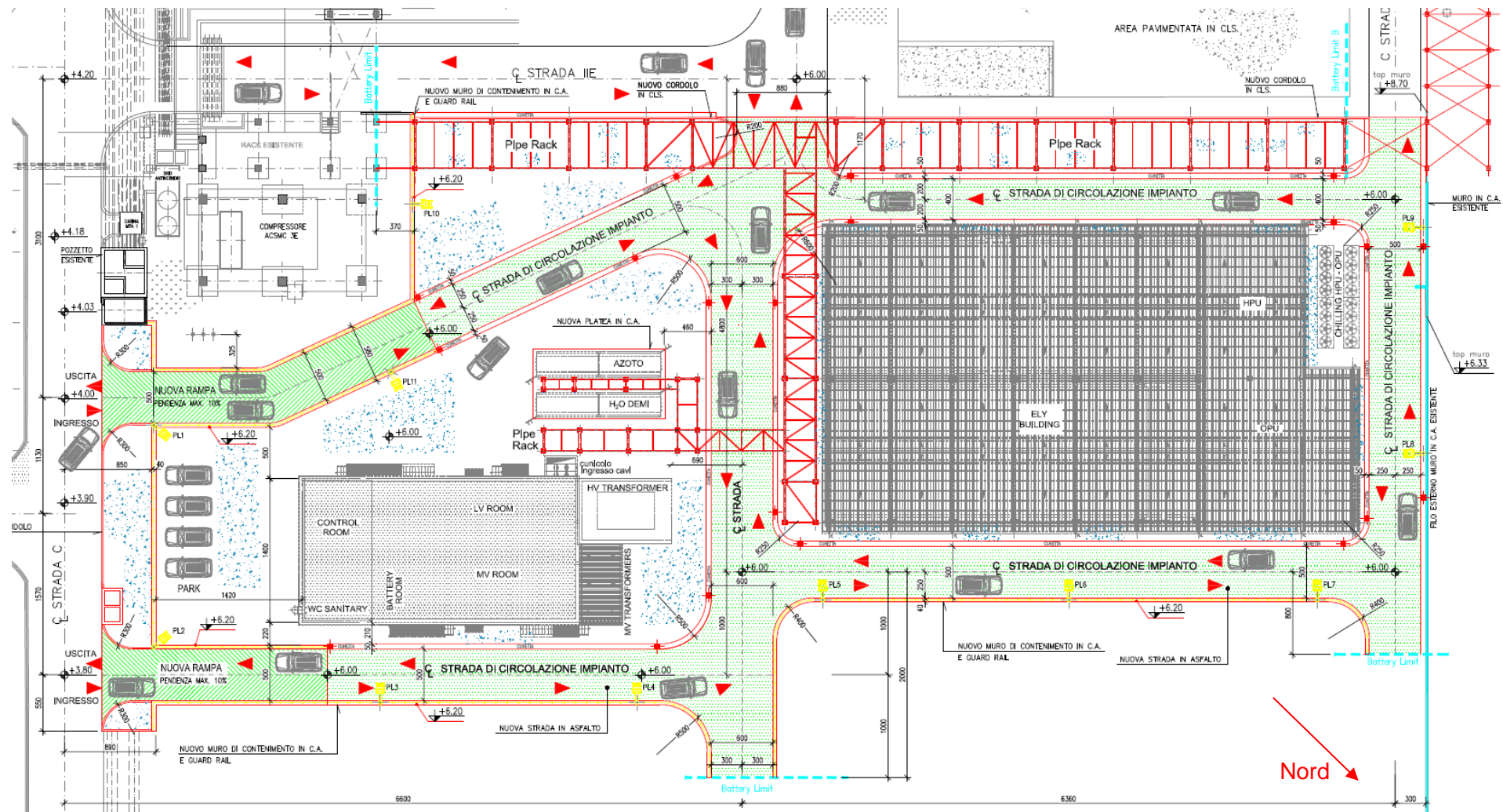


Figura 57 – Planimetria della viabilità

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.5.2.2 Logistica del cantiere

Al fine di ottimizzare la progettazione, l'organizzazione e la gestione degli spazi destinati ai materiali, agli spazi di lavoro ed alle strutture accessorie destinate ai lavoratori è stato redatto un Piano della logistica, rappresentato in Figura 58.

Nel Piano della logistica sono state individuate le seguenti aree:

- 1) Area impianto Green H2
- 2) Area uffici appaltatori
- 3) Area uffici personale di cantiere e meeting room
- 4) Magazzino progetto Green H2
- 5) Ingresso In Raffineria
- 6) Mensa appaltatori
- 7) Infermeria
- R2) Punto di raccolta per l'emergenza

Inoltre, sono stati individuati i seguenti percorsi:

- A) Percorso di ingresso per area 1
- B) Percorso di uscita da area 1
- C) Percorso ingresso area 4 e uscita
- D) Percorso area 4 – area 1

Il magazzino, posizionato in un'area ad ovest rispetto all'area di lavoro e rappresentato con il numero 4 in Figura 58, fungerà da zona di stoccaggio dei materiali e delle attrezzature. Quindi è stato individuato e dimensionato in funzione delle quantità di attrezzatura e materiale da collocare, tenendo conto delle esigenze di lavorazioni contemporanee in modo da non creare sovrapposizioni tra le lavorazioni. Sono previste le seguenti tipologie di deposito, in funzione dei materiali da contenere:

- aree di stoccaggio all'aperto;
- container metallici chiusi;
- magazzini prefabbricati;
- tettoie in elementi tubolari.

Inoltre, si provvederà a tenere separati, in aree distinte, i mezzi d'opera da attrezzature di altro tipo (compressori, molazze, betoniere a bicchiere, ecc.).

Le zone di carico e scarico sull'area dei lavori (Area 1) saranno posizionate nella parte sud-est, in prossimità dell'accesso carrabile. L'ubicazione di tali aree, inoltre, consentirà alla gru, di

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

trasportare i materiali, attraversando aree dove non sono state collocate postazioni fisse di lavoro (ad esempio, piegaferri, sega circolare, betoniera a bicchiere, ecc.).

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

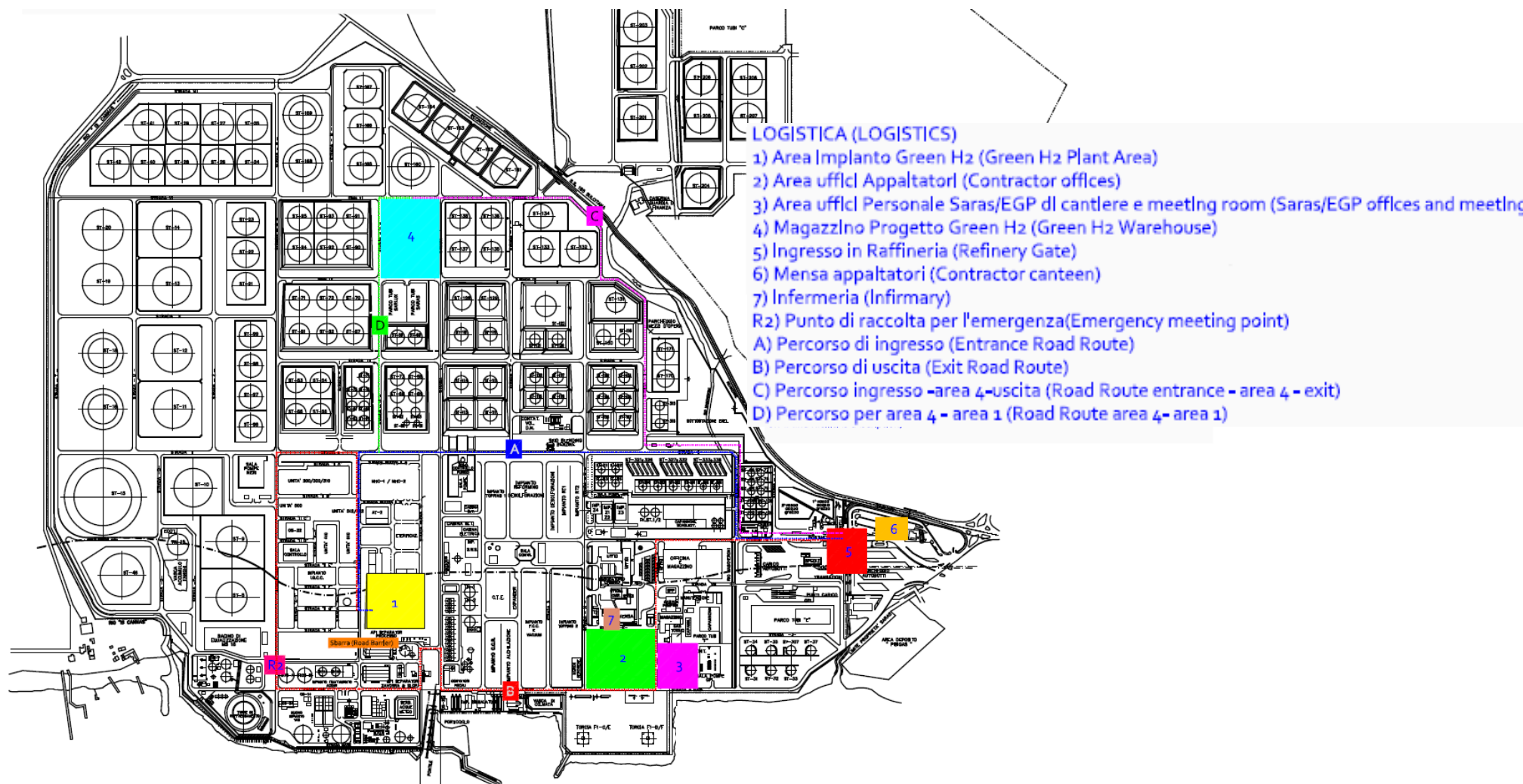


Figura 58 - Piano della logistica di cantiere

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.5.2.3 Aree di stoccaggio e gestione dei materiali

Il D.Lgs. 81/08 – D.Lgs. 106/09 impone di curare la delimitazione e l'allestimento delle zone di stoccaggio e di deposito dei vari materiali, in particolare quando si tratta di materie e di sostanze pericolose.

Per assolvere a tale compito è determinante la corretta individuazione dei componenti, dal punto di vista qualitativo e quantitativo, necessari alla costruzione dell'opera. Per ogni materiale bisogna conoscere le sue caratteristiche generali e le modalità di stoccaggio consentite o previste dal produttore (per impilaggio, per affiancamento). Questi dati vanno poi correlati ai tempi in cui è previsto il loro utilizzo in cantiere. Il dimensionamento delle aree di stoccaggio dovrà riferirsi al periodo in cui si prevede la maggiore concentrazione di materiali.

Nella costruzione del lay-out, oltre alla conoscenza delle dimensioni degli spazi da dedicare ai depositi, è indispensabile valutare le condizioni di approvvigionamento e di movimentazione degli stessi nel cantiere. Gli obiettivi sono quelli di evitare punti di conflitto con le altre attività lavorative, sia durante le fasi d'approvvigionamento sia durante la successiva fase di movimentazione meccanizzata dei carichi.

Le aree di deposito dei materiali in lavorazione saranno individuate dall'impresa appaltatrice, nell'ambito dell'organizzazione generale di cantiere; indicativamente, le aree di stoccaggio dei materiali saranno riportate all'interno del lay-out di cantiere da allegare al PSC.

Per la collocazione di attrezzature da utilizzare saltuariamente non è possibile definirne la posizione in fase di progettazione. Pertanto, quando se ne presenterà la necessità sarà cura dell'impresa esecutrice, in accordo con il CSE - Coordinatore per la sicurezza in fase di esecuzione, effettuare il posizionamento nel rispetto delle misure generali di sicurezza e delle osservazioni seguenti:

- i compressori, i gruppi elettrogeni e le attrezzature fisse con motore a combustione dovranno essere collocati in maniera tale che i fumi non vadano ad investire altre postazioni di lavoro; nel caso in cui ciò non fosse possibile, si dovrà provvedere ad approntare sistemi di convogliamento e/o confinamento. Ad esempio, è possibile prolungare il tubo di scappamento del motore con un tubo corrugato, fissato ad una struttura verticale, in modo da spostare il punto di emissione in una zona dove non sono presenti nelle immediate vicinanze delle lavorazioni;
- le attrezzature rumorose ($L_{eq} > 85$ dB(A)) dovranno essere evidenziate con segnaletica conforme al Titolo V del D.Lgs. 81/08;
- non si dovrà ostacolare l'accesso a presidi antincendio;

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- tutte le attrezzature (ad eccezione, eventualmente, di quelle portatili) dovranno essere identificate con il nome dell'impresa proprietaria e con il nominativo del preposto responsabile dell'attrezzatura;
- il posizionamento delle attrezzature dovrà essere effettuato al di fuori delle vie di transito e delle vie di emergenza in modo razionale e tale da non creare ostacoli o pericoli. Al fine di evitare l'ingombro delle vie di transito con cavi elettrici, manichette e non (es. motosaldatrici, elettrosaldatrici, motocompressori, idropulitrice, linee vapore, linee aria, linee acqua, ecc.) determinando anche rischi d'inciampo, soprattutto durante le situazioni d'emergenza, le imprese dovranno collocare le rispettive attrezzature a piè d'opera in modo da evitare che i cavi e/o le manichette attraversino le vie di transito e, ove questo non fosse possibile, provvedere alla raccolta e protezione dei cavi/manichette evidenziandone la presenza.

Relativamente alle aree di stoccaggio dei materiali, l'elemento di riferimento per il loro dimensionamento è costituito dal programma degli approvvigionamenti e la tipologia delle aree è determinata dalle esigenze di stoccaggio dei singoli materiali, specificate nelle istruzioni del fornitore.

Per ovviare a qualsiasi criticità riferibile a questo argomento si ipotizza di ovviare con le seguenti modalità:

- adottando il più possibile forniture "just in time", affinché il materiale giunto presso il cantiere venga da subito trasferito all'area operativa del cantiere stesso, limitando quindi l'esigenza di doverlo depositare in qualche area dedicata;
- numero sufficiente di autogrù mobili e di attrezzature necessarie per la posa in opera immediata dei materiali in arrivo.

Per le materie prime, le varie sostanze utilizzate, i rifiuti ed i materiali di recupero verrà attuata una modalità di stoccaggio e di gestione che garantiscano la separazione netta fra i vari cumuli o depositi. Ciò contribuisce ad evitare sprechi, spandimenti e perdite incontrollate dei suddetti materiali in un'ottica di adeguata conservazione delle risorse e di rispetto per l'ambiente.

In particolare, le modalità di gestione dei materiali prevedono:

- depositare sabbie, ghiaie, cemento e altri inerti da costruzione in modo da evitare spandimenti nei terreni non oggetto di costruzione e nelle eventuali fossette facenti parte del reticolo di allontanamento delle acque meteoriche;
- stoccare prodotti chimici, colle, vernici, pitture di vario tipo, oli disarmanti ecc. in condizioni di sicurezza, evitando un loro deposito sui piazzali a cielo aperto; in cantiere saranno presenti le schede di sicurezza di tali materiali;

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- separare nettamente i materiali e le strutture recuperate, destinati alla riutilizzazione all'interno dello stesso cantiere, dai rifiuti da allontanare.

C.5.2.4 Aree di stoccaggio e gestione dei rifiuti prodotti

I rifiuti prodotti dal cantiere saranno principalmente materiali di scarto dalle lavorazioni come sfridi di varia natura derivanti dalle operazioni di taglio di materiali e di componenti e materiali misti da costruzione e demolizione (CER 170904), materiali di scavo (CER 170504) e materiali bituminosi (CER 170302). Questi, in quanto rifiuti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione e attività di scavo, sono rifiuti speciali secondo quanto descritto dall'Articolo 184, c. 3, lettera b, D. Lgs 152/06.

Si consideri che l'area interessata dall'intervento, in quanto ad una quota inferiore di circa 2 - 2,5 metri (fino a circa 4 m in alcuni punti) rispetto alle quote altimetriche delle strade limitrofe, sarà soggetta a riempimento quindi la quantità di materiale di scavo residuo in uscita dall'impianto sarà minima.

Il deposito temporaneo dei rifiuti (art. 183 del D.Lgs. 152/06), ovvero il raggruppamento dei rifiuti effettuato, prima della raccolta, nel luogo in cui gli stessi sono prodotti, avverrà alle seguenti condizioni:

- A. i rifiuti devono essere raccolti ed avviati alle operazioni di recupero o di smaltimento secondo una delle seguenti modalità alternative, a scelta del produttore, con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito; quando il quantitativo di rifiuti in deposito raggiunga complessivamente i 10 metri cubi nel caso di rifiuti pericolosi o i 20 metri cubi nel caso di rifiuti non pericolosi. In ogni caso, allorché il quantitativo di rifiuti pericolosi non superi i 10 metri cubi l'anno e il quantitativo di rifiuti non pericolosi non superi i 20 metri cubi l'anno, il deposito temporaneo non può avere durata superiore ad un anno;
- B. il deposito temporaneo deve essere effettuato per categorie omogenee di rifiuti e nel rispetto delle relative note tecniche, nonché, per i rifiuti pericolosi, nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute.

I rifiuti prodotti dall'attività verranno smaltiti in conformità alle disposizioni di cui al D.Lgs. 152/2006, in particolare l'impresa appaltatrice e le altre ditte che opereranno in cantiere dovranno garantire la massima pulizia del cantiere provvedendo, conformemente alle prescrizioni normative, ad allontanare dal cantiere tutti i materiali residui (imballaggi, materiali di sfrido delle lavorazioni, oli esausti, etc.).

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Dovranno essere predisposti, inoltre, recipienti per la raccolta di rifiuti minuti che saranno smaltiti con la necessaria frequenza.

È tassativamente vietata l'accensione di fuochi per bruciare rifiuti.

Tutte le attrezzature e materiali impiegati devono essere quotidianamente raccolti e riordinati evitando di lasciare materiale sparso nelle aree di lavoro.

Vista la posizione del cantiere, che si trova all'interno dell'area industriale Sarlux, si farà riferimento anche alle direttive indicate dal gestore del Sito Procedura di stabilimento SARLUX "Gestione dei rifiuti-PRD HSE 204 SLX".

Per gestire al meglio questo particolare argomento, tutti i Datori di Lavoro delle Imprese Esecutrici che parteciperanno ai lavori prenderanno come punto di riferimento essenziale, nel rapporto con la Committenza, la relativa procedura di che il Direttore dei Lavori troverà nel DUVRI Master quando gli verrà consegnato prima di cominciare i lavori.

Per garantire la sostenibilità e la tutela dell'ambiente e del territorio, quando possibile, verrà massimizzato il riutilizzo e il recupero di ogni materiale di scarto prodotto dal cantiere.

Al fine della corretta gestione dei rifiuti le maestranze dell'Impresa e delle ditte che operano saltuariamente all'interno dei cantieri saranno messe a conoscenza, formalmente, di tali modalità di gestione.

C.5.2.5 Gestione delle terre e delle rocce da scavo

La gestione delle terre e rocce da scavo e le relative procedure di campionamento e caratterizzazione ai fini del riutilizzo sarà svolta secondo quanto descritto nella Parte Quarta del D. Lgs. n. 152/2006 e dal D.P.R. n. 120/2017.

Per quanto descritto nei capitoli precedenti, e alla luce delle stime condotte nell'ambito dello sviluppo del progetto definitivo delle opere civili funzionali all'esercizio dell'impianto, si prevede in via preliminare che la realizzazione delle stesse determinerà l'esigenza di procedere complessivamente al riempimento di massimo 4.000 m³ di materiale, di cui circa 3.100 m³ di nuova estrazione.

Si stima che le attività di scavo, che riguarderanno la costruzione delle fondamenta per i muri di contenimento e per le strutture, interesseranno circa 901 m² per una profondità massima di 1 metro. A questi si aggiungono eventuali livellamenti del terreno.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Nella gestione delle terre e rocce da scavo in attesa di riutilizzo saranno applicate le seguenti modalità:

- effettuare lo stoccaggio in cumuli presso aree di deposito appositamente dedicate sia nel sito di produzione/cantiere che di utilizzo;
- identificare i cumuli con adeguata segnaletica, che ne indichi la tipologia, la quantità, la provenienza e l'eventuale destinazione di utilizzo;
- gestire i cumuli di terre e rocce da scavo in modo da evitare il dilavamento degli stessi, il trascinarsi di materiale solido da parte delle acque meteoriche e la dispersione in aria delle polveri, ad esempio con copertura o inerbimento e regimazione delle aree di deposito;
- in caso di caratterizzazione di terre e rocce da scavo in corso d'opera, impermeabilizzare le piazzole e dimensionarle adeguatamente rispetto alle tempistiche di campionamento e analisi;
- isolare dal suolo il deposito temporaneo delle terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti pericolosi;
- in generale effettuare l'eventuale deposito di terre e rocce da scavo in modo tale da evitare spandimenti nei terreni non oggetto di costruzione e nelle fossette facenti parte del sistema di regimazione delle acque meteoriche;
- stoccare il terreno vegetale di scavo in cumuli non superiori ai 2 m di altezza, per conservarne le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche in modo da poterlo poi riutilizzare nelle opere di recupero ambientale dell'area dopo lo smantellamento del cantiere.

Per tutte le specifiche in merito alle modalità di gestione si seguirà quanto previsto dal D.P.R. n. 120/2017.

C.5.2.6 Cronoprogramma

Il programma di costruzione dell'impianto H2 Green è diviso nelle seguenti 3 fasi principali, da attuarsi secondo le tempistiche indicate:

- Ingegneria di dettaglio ed emissione ordini: 8 mesi
- Preparazione cantiere, opere civili e montaggio componenti: 14 mesi
- Commissioning: 5 mesi

La durata complessiva stimata per l'attuazione del progetto, comprensiva delle fasi di studio e progettazione, è pari a circa 27 mesi (8 mesi per ingegneria ed emissione ordini, 19 mesi per

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

costruzione e commissioning) con data di inizio da fissare in relazione alla durata dell'iter autorizzativo e quindi all'ottenimento dell'autorizzazione.

Sotto il profilo strategico, si auspica di iniziare i lavori di cantiere entro l'estate del 2023 potendo in tal modo contare su condizioni meteo favorevoli per l'esecuzione dei lavori.

In Figura 59 si riporta il cronoprogramma di dettaglio della fase di cantiere.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale



Figura 59 – Gantt chart cantiere

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.5.2.7 Fabbisogno forza lavoro e macchinari

Per le attività del cantiere, di costruzione e di montaggio, della durata di circa 14 mesi, il fabbisogno complessivo previsto di forza lavoro sarà di massimo 50 persone, dei quali circa l'80% avranno ruoli operativi e il rimanente 20% avrà ruoli coordinativi o direzionali.

I macchinari utilizzati saranno i tipici macchinari utilizzati per opere civili e impiantistiche, quali:

- macchine da scavo e movimento terra necessarie per la rottura del terreno, per lo scavo e il carico, per il livellamento e per il costipamento, come escavatori, pale meccaniche ed eventuali accessori;
- macchine per il trasporto e per il sollevamento carichi come gru, autogrù, elevatori e piattaforme aeree, autocarri, trattori e rimorchi.

Nel cantiere sarà necessaria la presenza di alcuni tipi di impianti, essenziali per il funzionamento del cantiere stesso. A tal riguardo saranno eseguiti, secondo la corretta regola dell'arte e nel rispetto delle leggi vigenti, l'impianto elettrico per l'alimentazione delle macchine e/o attrezzature presenti in cantiere, l'impianto di messa a terra, l'impianto di protezione contro le scariche atmosferiche, l'impianto idrico, ecc. Tutti i componenti dell'impianto elettrico del cantiere (macchinari, attrezzature, cavi, quadri elettrici, ecc.) saranno costruiti a regola d'arte e, pertanto, riceveranno i marchi dei relativi Enti Certificatori. Inoltre, l'assemblaggio di tali componenti sarà anch'esso realizzato secondo la corretta regola dell'arte.

C.5.2.8 Sicurezza e salute sul lavoro nell'ambito della fase di cantiere

Tutte le attività eseguite in cantiere avverranno in conformità alle normative nazionali vigenti in materia di sicurezza sul lavoro ed ai requisiti messi in evidenza dal Contratto di appalto.

In particolare, al fine di definire un'organizzazione dei lavori di costruzione capace di assicurare e mantenere nel tempo le migliori condizioni di lavoro a tutela dell'integrità fisica dei lavoratori, in accordo con quanto previsto dalla vigente normativa in materia (D.Lgs. 81/2008), è stato redatto il *Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC)*.

I lavori in esame rientrano, infatti, negli obblighi previsti dall'art. 90 c.3 del D.Lgs. 81/08, in quanto già nell'attuale fase progettuale è prevedibile la presenza, anche non contemporanea, di più Imprese.

C.5.3 Descrizione delle attività di cantiere

C.5.3.1 Predisposizione delle aree

Come precedentemente esposto, l'area sopramenzionata, poiché precedentemente soggetta a bonifica, risulta parzialmente ad una quota inferiore di circa 2 - 2,5 m, fino a circa 4 m in alcuni

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

punti, rispetto alle quote altimetriche delle strade limitrofe di futuro accesso al nuovo Impianto (strada "C" e strada "IIE"). Pertanto, alla luce di tali dislivelli l'area dovrà essere soggetta ad un "site preparation" con riempimenti e opere di contenimento in cemento armato.

In riferimento alla preparazione dell'area, viene prevista in questa fase di studio la realizzazione di un nuovo rilevato, quale nuovo piano di posa e sistemazione delle nuove opere, della nuova viabilità, dei piazzali, delle aree di manovra ecc., con materiale arido (tout-venant) opportunamente costipato, sino alla quote necessarie, in relazione alla differenza di quote altimetriche tra il piano delle strade esistenti e quelle attuali dell'area interna del Ex Bacino di contenimento del Serbatoio ST1. Si consideri che l'area in questione verrà solo parzialmente utilizzata, e quindi riempita, nella parte ad Ovest.

Tale intervento garantirà inoltre un adeguata portanza, idonea a sopportare le pressioni di carico trasmesse dalle nuove opere, e dalle installazioni di nuovi manufatti e apparecchiature nell'area d'intervento; sono state previste, sul rilevato finito, un numero adeguato di prove di carico su piastra.

Inoltre, si rendono necessarie opere di contenimento di tale rilevato, consistenti nella realizzazione di nuovi muri di contenimento in c.a. sul lato EST e SUD, quali limiti di batteria del nuovo impianto.

Nella planimetria e nelle sezioni in Figura 60 e Figura 61 vengono evidenziate le zone di scavo in giallo e le zone di riempimento in verde. Gli scavi riguarderanno quasi esclusivamente le costruzioni delle fondamenta per i muri di contenimento e per le strutture e saranno di circa 901 m² per una profondità massima di 1 metro. A questi si aggiungono eventuali livellamenti del terreno.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

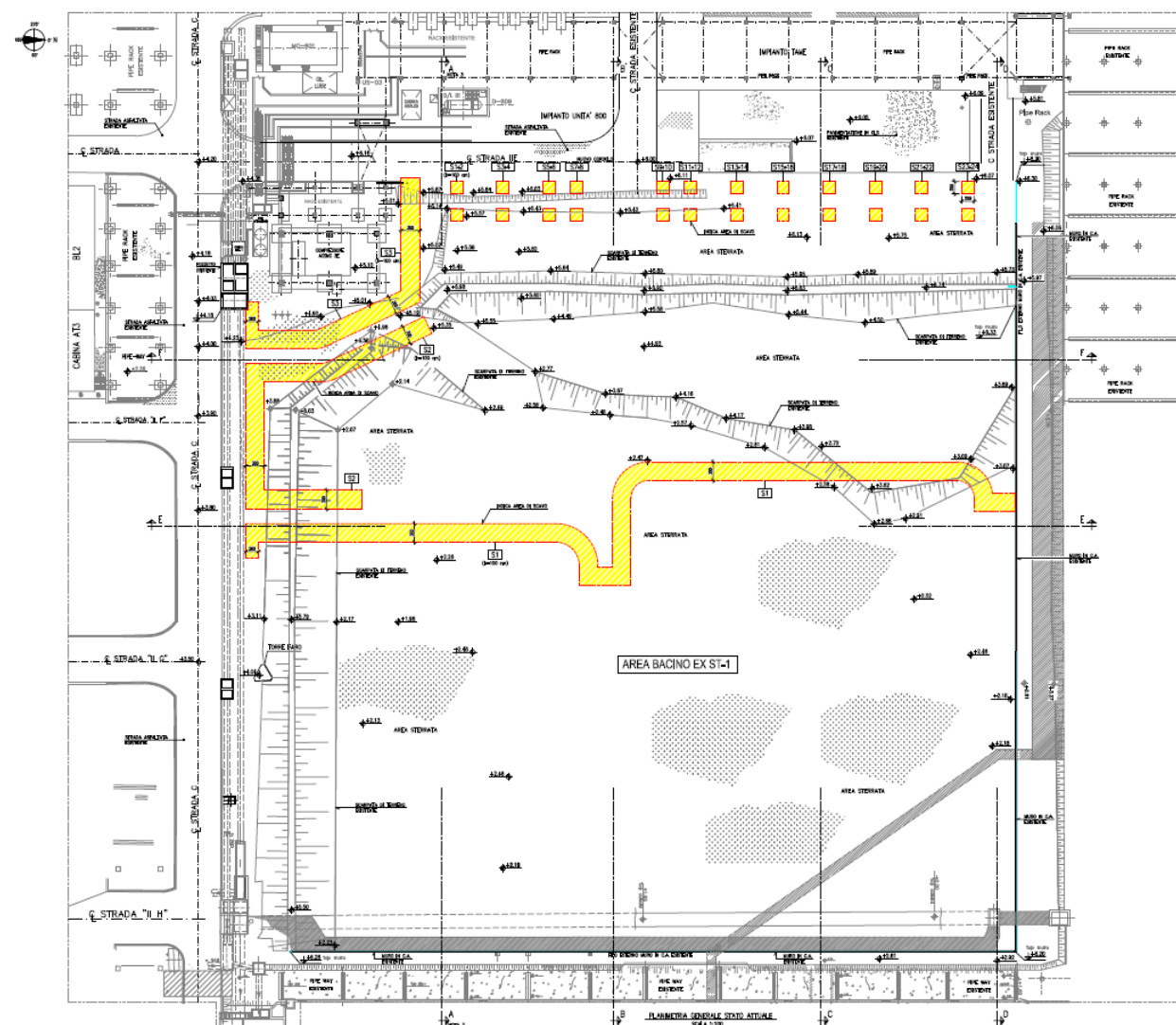


Figura 60 - planimetria stato attuale con indicazione degli scavi in giallo

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

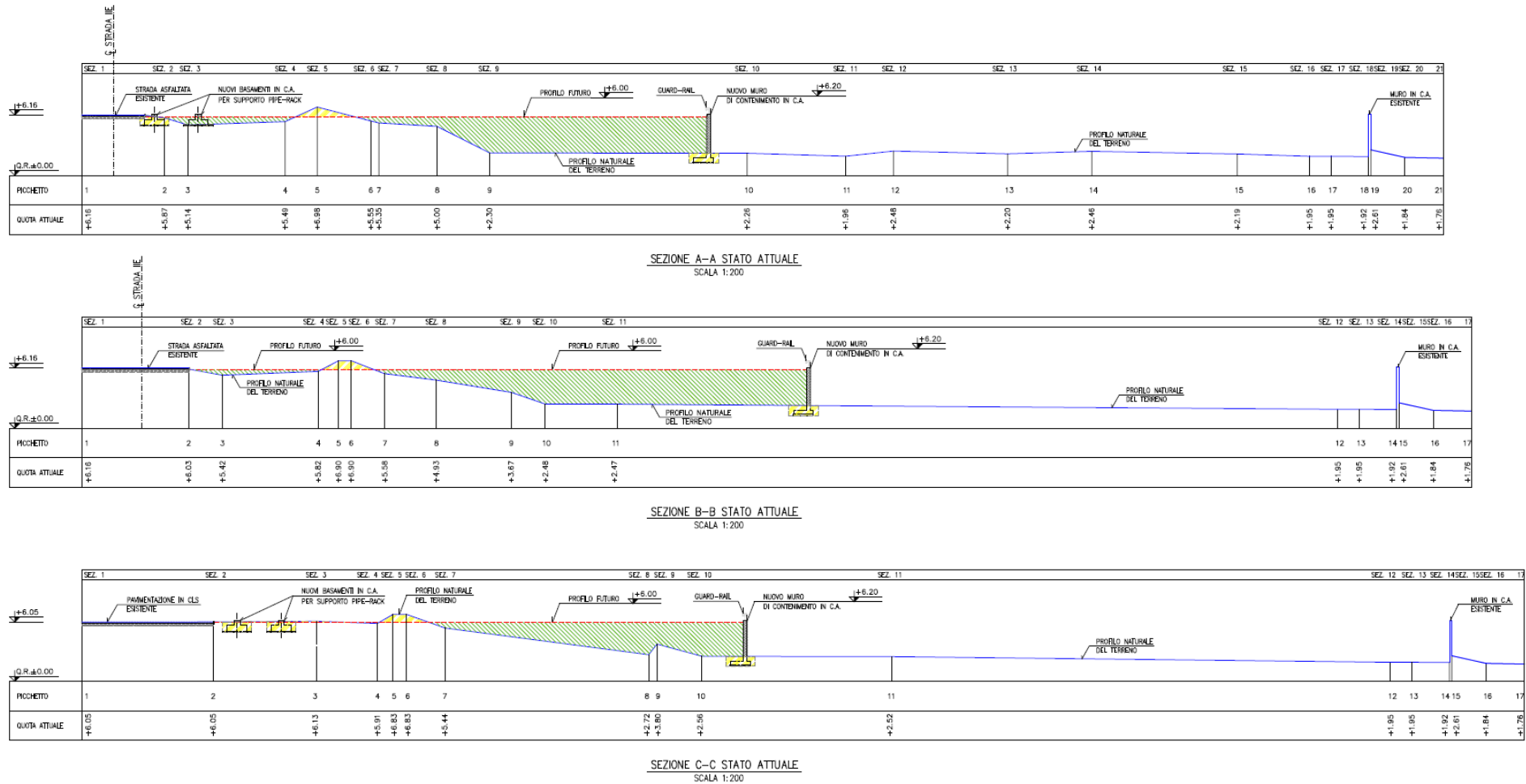


Figura 61 - Sezioni stato attuale, il verde indica il riporto, il giallo indica lo scavo (1)

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**
Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

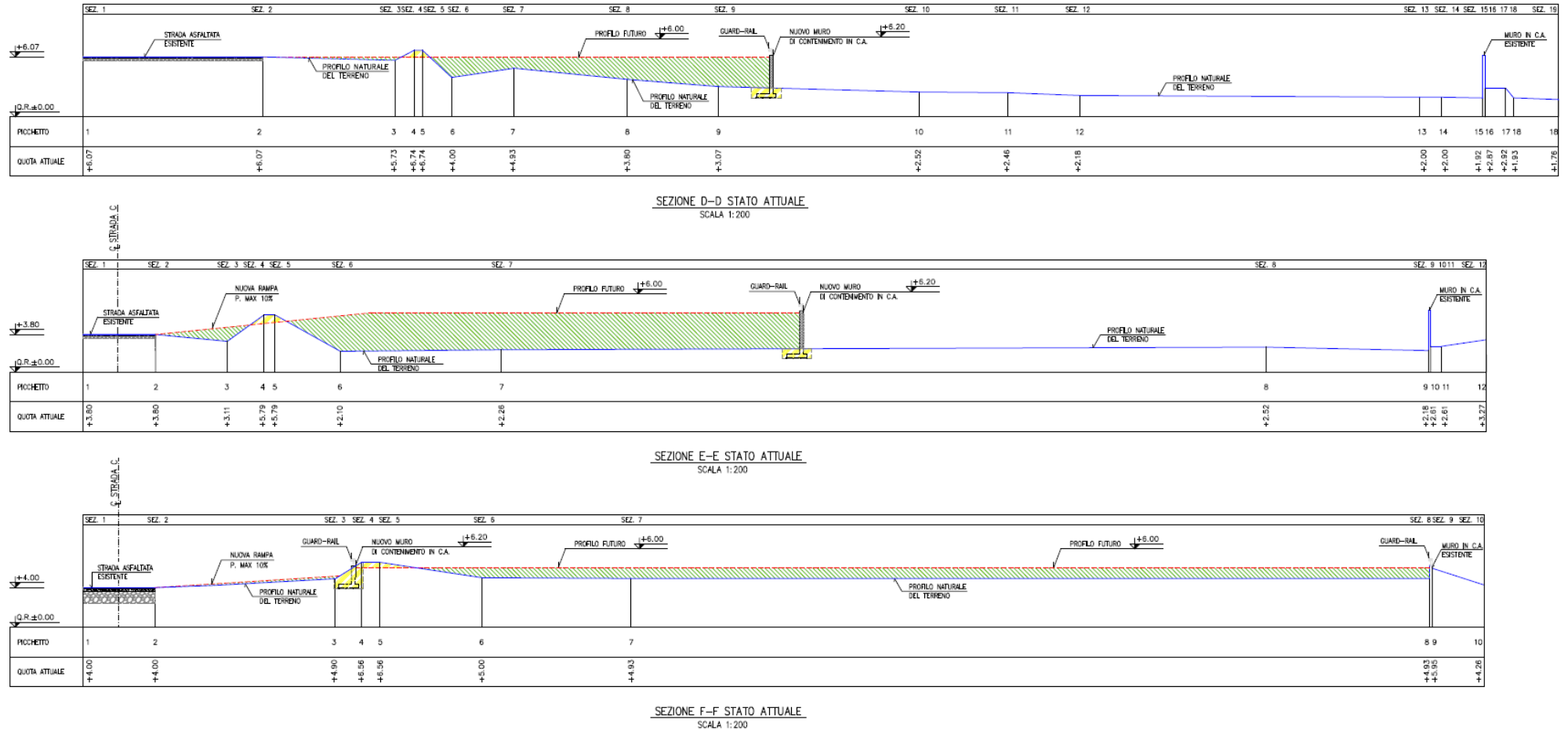


Figura 62 - Sezioni stato attuale, il verde indica il riporto, il giallo indica lo scavo (2)

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.5.3.1.1 Necessità di demolizione

L'area interessata dalla costruzione del nuovo impianto risulta attualmente libera da impianti e manufatti; quindi, non vi è necessità di demolizione.

C.5.3.2 Opere civili

Le attività previste per le opere civili, in sintesi, a titolo indicativo e non esaustivo saranno le seguenti:

A. Attività preliminari - Indagini Geognostiche/Geotecniche

- Esecuzione di scavi di ricerca reti esistenti interrate pro-indagini geognostiche/geotecniche;
- Esecuzione di sondaggi geognostici/geotecnici;
- Redazione di Relazione Geognostica e Geotecnica.

B. Scavi

- Attività di scavo di sbancamento e/o a sezione obbligata per la preparazione delle aree di intervento;
- Carico di inerti e/o materiali di risulta e proveniente da scavi/demolizioni;
- Trasporto a discarica per inerti o al punto di accumulo provvisorio di stabilimento.

C. Rilevati /Movimentazione terre

- Formazione di rilevati/fondazioni stradali eseguiti con idonei materiali;
- Profilatura per la formazione e/o sistemazione di scarpate e banchine stradali esistenti in terra;
- Rinterri e sistemazione area di pertinenza e limitrofe.

D. Underground - Sottoservizi (fognature, rete di terra, ecc.)

- Realizzazione di nuovo sistema fognario acque meteoriche/oleose ecc., comprensivo di pozzetti di raccolta, caditoie, pozzetti d'ispezione, tubazioni, masselli etc. comprese tutte le opere civili, attraversamenti stradali, necessarie per il collegamento alla rete fognaria esistente;
- Realizzazione di nuovi percorsi cavi elettrici/strumentali interrati, rete di terra, compresi gli adeguati pozzetti di infilaggio e/o ispezione, masselli, attraversamenti stradali ecc;

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Realizzazione di tutte le opere civili accessorie e necessarie per le alimentazioni elettriche ecc.

E. Nuove opere di Fondazione e/o Elevazione in C.A.

- Realizzazione di nuove opere di fondazione in c.a. quali platee, spiccati per supporto nuovi manufatti e/o apparecchiature quali: LV Room - MV room - Control Room, Package Trattamento Azoto, Unità/package Purificazione acqua Demi, Electrolyzer Building, sistema chilling OPU/HPU;
- Realizzazione di nuovi basamenti in c.a. per supporto di strutture in carpenteria metallica quali: Pipe Rack, e supporti tubazioni e/o passerelle cavi ecc;
- Realizzazione di nuovi muri di contenimento in c.a. (si veda la voce “site preparation”).

F. Nuova viabilità - Sistemazioni area esterna - Illuminazione stradale

- Realizzazione di nuova area pavimentata in cls. armata del tipo carrabile, con relativo cordolo di delimitazione per nuovo “limite di batteria” Impianto;
- Realizzazione di nuova viabilità in asfalto (rampe, strade di accesso e aree di manovra), comprensiva di guard-rail ove necessario, e relativo sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteo (cunette e caditoie stradali);
- Realizzazione di nuovo impianto di illuminazione stradale, comprensivo della fornitura e posa in opera di Pali zincati di altezza 8,00 m con sbraccio semplice a led, gli scavi, i corrugati, i pozzetti, la fondazione ecc;
- Realizzazione di tutte le opere civili accessorie e necessarie per le alimentazioni elettriche e messa a terra dell'impianto di illuminazione stradale.

G. Installazione/Realizzazione nuovi fabbricati – Building

- 1) EDIFICIO A che contiene sala controllo, locale sanitario, cabina LV-MV e baie trasformatori.

Realizzazione di nuovo edificio, completo di tutte le opere di finitura necessarie quali infissi, tinteggiature e impianti interni di illuminazione, condizionamento ecc.

- 2) EDIFICIO B/C che contiene elettrolizzatore, raddrizzatore, purificazione dell'idrogeno, purificazione e compressione dell'ossigeno.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Installazione di nuovo capannone, compresa l'installazione di carroponete e completo di tutte le opere di finitura necessarie quali infissi, impianti interni di illuminazione, condizionamento ecc.

H. Installazione di nuove Apparecchiature/SKID

- Unità/package Trattamento Azoto
- Unità/package Purificazione acqua Demi
- Moduli di elettrolisi
- Unità/package Purificazione idrogeno, compreso il sistema chilling
- Unità/package di Purificazione e compressione Ossigeno, compreso il sistema chilling.

I. Opere in carpenteria metallica

- Realizzazione nuovo Pipe-Rack in carpenteria metallica per supporto tubazioni.
- Realizzazione di opere di piccola carpenteria metallica quali, eventuali passerelle per manovra delle valvole, scalette ecc., supporti per la passerella cavi elettrici/strumentali;
- Zincatura e Verniciatura di tutte le opere in carpenteria metallica.

J. Opere provvisorie – Movimentazione materiali

- Approntamento di ponteggio con tubolari metallici (sistema tubo-giunto);
- Nolo di autogrù, piattaforme mobili per sollevamenti e movimentazione materiali ecc.

Le opere civili porteranno alla parziale impermeabilizzazione dell'area per circa 3.868 m². Gli edifici occuperanno circa 2.212 m² come illustrato in Tabella 20.

	Area occupata [m ²]
Edificio A	526
Edificio B/C	1.530
Skid	156
Strade/piazzali	3.868
Aree verdi	0
Totale	6.080

Tabella 20 - Caratterizzazione delle superfici

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.5.3.3 Lavori di carpenteria e piping

In generale, la prefabbricazione, il montaggio ed il collaudo delle tubazioni sarà conforme con quanto prescritto nelle norme ASME B31.3 o ASME B31.1 e con quanto richiesto dalle leggi e disposizioni in vigore nello Stato italiano.

Le attività di carpenteria e piping previste in sintesi, a titolo indicativo e non esaustivo sono esposte nei paragrafi seguenti.

C.5.3.3.1 Realizzazione di strutture e pipe-rack

Per la realizzazione di strutture e pipe-rack si prevedono le seguenti attività:

- Fornitura, prefabbricazione e montaggio di Pipe Rack in zona nord-ovest dell'area. Tale Pipe- Rack avrà il compito di sostenere le linee in arrivo/partenza al nuovo impianto, definendone anche il L.B. Avrà, orientativamente, una lunghezza di circa 15.000 mm, n. 3 campate da 5.000 mm, e n.4 portali, anch'essi con interasse tra le colonne di 5.000 mm. L'altezza massima dal piano di campagna sarà di circa 10.000 mm.
- Fornitura, prefabbricazione e montaggio delle modifiche per adeguamento Pipe-Rack esistente in zona sud-ovest.

C.5.3.3.2 Interventi piping

Per la realizzazione delle linee di tubazioni di impianto si prevedono le seguenti attività:

A. CARICA

- Prefabbricazione e montaggio linea H₂O Demi Acciona Ø 3", dal Tie-In sino al L.B. sul Rack a sud-ovest, comprensiva di supportazione. La lunghezza della linea è di circa 420.000 mm.

B. UTILITIES

- Prefabbricazione e montaggio linea Azoto Ø 1 1/2" dal Tie-In sino al L.B. nord-ovest, comprensiva di supportazione. La lunghezza della linea è di circa 54.000 mm. Il probabile punto di TIE-IN verrà eseguito sulla dorsale Ø 3" sul Rack prospiciente la strada "E".
- Prefabbricazione e montaggio linea Aria Strumenti Ø 1 1/2" dal Tie-In sino al L.B. nord-ovest, comprensiva di supportazione. La lunghezza della linea è di circa 53.000 mm. Il probabile punto di TIE-IN verrà eseguito sulla dorsale Ø 4" sul Rack prospiciente la strada "E".
- Prefabbricazione e montaggio linea Aria Servizi Ø 1 1/2" dal Tie-In sino al L.B. nord-ovest, comprensiva di supportazione. La lunghezza della linea è di circa 53.000 mm. Il probabile punto di TIE-IN verrà eseguito sulla dorsale Ø 6" sul Rack prospiciente la strada "E".

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Prefabbricazione e montaggio linea Idrogeno Ø 3" dal Tie-In sino al L.B. nord-ovest, comprensiva di supportazione.
- Prefabbricazione e montaggio linea Ossigeno Ø 4" dal Tie-In sino al L.B. nord-ovest, comprensiva di supportazione. La lunghezza della linea è di circa 285.000 mm. Il probabile punto di TIE-IN è in prossimità del Rack prospiciente la strada E, dove è stata individuata una linea Ø 6" incamiciata che va verso gli impianti zolfi ed FCC. In prossimità dello stacco, la nuova linea si immetterà nello Skid 1 per poi uscire e proseguire verso lo Skid 2 posizionato sul nuovo
- Prefabbricazione e montaggio linea Vapore BP Ø 1 1/2" dal Tie-In sino al L.B. nord-ovest, comprensiva di supportazione. La lunghezza della linea è di circa 40.000 mm. Per il probabile punto di TIE-IN è stata individuata una linea sul Rack prospiciente la strada "E". Si veda "Planimetria linee Interconnecting Impianto H2 Green", allegata, al punto <8>.
- Prefabbricazione e montaggio linea H2O (IN) di raffreddamento Ø 12" dal Tie-In sino al L.B. nord-ovest, comprensiva di supportazione. La lunghezza della linea è di circa 38.000 mm. Per il probabile punto di TIE-IN è stato individuato uno stacco valvolato Ø 14" sul Rack prospiciente la strada "E". Si veda "Planimetria linee Interconnecting Impianto H2 Green", allegata, al punto <9>.
- Prefabbricazione e montaggio linea H2O (OUT) di raffreddamento Ø 12" dal Tie-In sino al L.B. nord-ovest, comprensiva di supportazione. La lunghezza della linea è di circa 38.000 mm. Per il probabile punto di TIE-IN è stato individuato uno stacco valvolato Ø 14" sul Rack prospiciente la strada "E".

C. WASTE

- Prefabbricazione e montaggio linea BLOW-DOWN Ø 6" dal Tie-In sino al L.B. nord-ovest, comprensiva di supportazione. La lunghezza della linea è di circa 30.000 mm. Il probabile punto di TIE-IN verrà eseguito sulla dorsale Ø 40" sul Rack prospiciente la strada "E", prevedendo uno stacco con HTM.

D. FIREFIGHTING

- Prefabbricazione e montaggio linea A.I. Ø 4"- 6" dal Tie-In sulla dorsale Ø 12", al L.B. nord-ovest, compreso l'anello perimetrale interrato dell'area che ospiterà il nuovo impianto. La lunghezza della linea è di circa 420.000 mm. Si prevedendo degli stacchi per gli idranti ogni 30.000 mm.

E. PIPING DI INTERCONNECTING ISBL (inside battery limits)

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Prefabbricazione e montaggio linee di interconnessione, comprensiva di supportazione tra le seguenti unità/packages:
 - Unità/package Trattamento Azoto
 - Unità/package Purificazione acqua Demi
 - Moduli di elettrolisi
 - Unità/package Purificazione idrogeno, compreso il sistema chilling
 - Unità/package di Purificazione e compressione Ossigeno, compreso il sistema chilling.

C.5.3.4 Lavori elettrici

C.5.3.4.1 Alimentazione

L'alimentazione del nuovo impianto Green H2 sarà derivata da una riserva attualmente disponibile sul quadro Q33-AT3 a 33kV della Raffineria; pertanto, si dovrà prevedere la fornitura ed installazione di una nuova colonna per l'ampliamento del suddetto quadro, questo permetterà di non saturare le utenze "SPARE" attualmente disponibili.

L'alimentazione del nuovo impianto andrà realizzato in cavo isolato in XLPE, posato su rack esistente e su rack di nuova realizzazione.

In caso di fuori servizio di un trasformatore per un periodo di lunga durata, si potrà sfruttare il collegamento 33 kV esistente tra la cabina AT3 e la cabina AT1.

Risultano quindi necessarie le seguenti attività di verifica e ripristino dei collegamenti tra AT1 e AT3:

- posa di un ulteriore cavo aereo in parallelo a ciascuna delle due connessioni;
- adeguamento delle protezioni elettriche

C.5.3.4.2 Nuovo trasformatore e cabina MV-LV

Per alimentazione del nuovo impianto, sarà installato in area SardHy un nuovo trasformatore abbassatore 33kV/15kV.

Il tratto di percorso cavi tra la cabina AT3 e l'impianto Green H2 sarà realizzato sul primo tratto nel percorso su Rack esistente, e successivamente su un Rack di nuova realizzazione ed entrerà dentro i limiti batteria dell'area SardHy, fino ad arrivare al nuovo trasformatore abbassatore 33kV/15kV

La cabina sarà già completa dei seguenti impianti:

- Impianto luce, FM e dati compresi i quadri di distribuzione;
- Impianto di rilevazione ed estinzione incendi interno ed esterno cabina (Trasformatori);

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Impianto di condizionamento HVAC
- Impianto rete di terra interno ed esterno cabina.

Pertanto, le tensioni di alimentazione delle varie utenze saranno derivate dall'alimentazione principale a 15kV.

Sarà necessario la realizzazione delle seguenti interconnessioni:

- Linea telefonica e telematica che sarà derivata dagli armadi esistenti presenti in cabina elettrica AT3;
- Linea di segnalazione pulsanti antincendio e sirena di allarme generale di Stabilimento;
- Linea di remotizzazione allarme incendi impianto Green H2 verso Garitta VVFF;
- Realizzazione anello di terra impianto Green H2 collegato alla rete di terra Generale di Stabilimento e collegamento alle apparecchiature interno impianto.

All'interno della cabina MV-LV saranno installati i quadri per l'alimentazione degli elettrolizzatori (15kV) e gli altri skid ausiliari e compressore O2

C.5.3.4.3 Building elettrolizzatore

All'interno di tale building saranno installati:

- Impianto luce, FM e dati compresi i quadri di distribuzione;
- Impianto di condizionamento HVAC;
- Impianto rete di terra.

Lato elettrico, all'interno saranno installati e collegati:

- I trasformatori, alimentati a 15kV, accoppiati ai convertitori AC/DC (tecnologia IGBT) atti ad alimentare gli Stacks degli elettrolizzatori.
- Utenze legate al processo (pompe in bassa tensione)

C.5.3.4.4 Collegamento elettrico area Impianto

In generale per l'impianto sono previste le seguenti attività di collegamento elettrico:

- Realizzazione anello di terra;
- Realizzazione impianto di illuminazione;
- Posa e collegamento cavi di alimentazione dalla cabina ai diversi packages.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.5.3.5 Opere di strumentazione

Le attività previste per l'installazione della strumentazione, in sintesi, a titolo indicativo e non esaustivo saranno le seguenti:

1) Attività in sala controllo Sarlux (OSBL)

- Adeguamento sistemi DCS ed ESD con integrazione delle schede e realizzazione cablaggi interni agli armadi marshalling;
- Collegamento dei cavi di interconnessione con la strumentazione di campo OSBL;
- Collegamento cavi di interconnessione verso il nuovo impianto Green H2;
- Attività di configurazione sui sistemi DCS ed ESD.

2) Attività interconnecting

- Posa e collegamento strumentazione OSBL;
- Posa passerelle;
- Posa e collegamento cavi tra la Sala controllo Sarlux e la strumentazione di campo OSBL;
- Posa dei cavi di interconnessione tra la Sala controllo Sarlux e sala controllo Green H2.

3) Attività Control room Green H2 (ISBL)

All' interno di tale building verranno installati i PLC di gestione Elettrolizzatore e altri Packages meglio descritti nei paragrafi precedenti, nonché le apparecchiature di gestione infrastruttura di rete:

- Installazione e collegamento armadi sistemi PLC per il controllo dei package dell'impianto di elettrolizzazione;
- Posa cavi da Control Room ad Electrical Room;
- Posa cavi provenienti da Sala Controllo Sarlux;
- Power-on, SAT e messa in servizio dei sistemi PLC.

4) Attività in area impianto (ISBL)

- Posa passerelle;
- Posa e collegamento cavi strumentali dalla control room ai diversi packages;
- Realizzazione collegamenti su pannelli di controllo packages.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.5.3.6 Ripristino dell'area

Alla fine delle lavorazioni, l'area intorno all'impianto sarà ripristinata e sgomberata da ogni macchinario e struttura mobile utilizzata per la costruzione dell'impianto e degli edifici destinati allo stesso; infine, ove previsto dal progetto, verrà creata una pavimentazione uniforme e stabile sulla maggior parte dell'area adibita all'impianto al fine di garantire un accesso sicuro e funzionale.

Durante la dismissione del cantiere e dei campi base, compresi la manutenzione della viabilità esistente, ai fini del ripristino ambientale, sarà rimossa completamente qualsiasi opera, terreno o pavimentazione bituminosa, unitamente al suo sottofondo, utilizzata per l'installazione. La gestione di tali materiali avverrà secondo normativa, sempre perseguendo la logica di massimizzarne il riutilizzo.

C.5.4 Consumi ed emissioni

C.5.4.1 Emissioni in atmosfera

Nell'impostazione e nella gestione del cantiere si assumeranno tutte le scelte atte a contenere gli impatti associati alle attività di cantiere per ciò che concerne l'emissione diffusa di polveri, dovuta alle attività di movimentazione terra e di inquinanti, dovuti alle emissioni dei motori a combustione interna delle macchine operatrici

Durante la gestione del cantiere si dovranno adottare tutti gli accorgimenti atti a ridurre la produzione e la diffusione delle polveri. Si elencano di seguito le misure di mitigazione che saranno messe in pratica:

- effettuare una costante e periodica bagnatura o pulizia delle strade utilizzate, pavimentate e non pavimentate;
- pulire le ruote dei veicoli in uscita dal cantiere e dalle aree di approvvigionamento e conferimento materiali, prima che i mezzi impegnino la viabilità ordinaria;
- coprire con teloni i materiali polverulenti trasportati;
- attuare idonea limitazione della velocità dei mezzi sulle strade di cantiere non asfaltate (tipicamente 20 km/h);
- bagnare periodicamente o coprire con teli (nei periodi di inattività e durante le giornate con vento intenso) i cumuli di materiale polverulento stoccato nelle aree di cantiere;
- dove previsto dal progetto, procedere al rinverdimento delle aree (ad esempio i rilevati) in cui siano già terminate le lavorazioni senza aspettare la fine lavori dell'intero progetto;
- innalzare barriere protettive, di altezza idonea, intorno ai cumuli e/o alle aree di cantiere;
- evitare le demolizioni e le movimentazioni di materiali polverulenti durante le giornate con vento intenso;

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- durante la demolizione delle strutture edili provvedere alla bagnatura dei manufatti al fine di minimizzare la formazione e la diffusione di polveri;
- convogliare le arie di processo in sistemi di abbattimento delle polveri, quali filtri a maniche, e coprire e inscatolare le attività o i macchinari per le attività di frantumazione, macinazione o agglomerazione del materiale.

Per la valutazione della ventosità, al fine di modulare le misure di mitigazione, verrà consultato il bollettino di allerta meteorologico.

Ai fini del contenimento delle emissioni, i veicoli a servizio dei cantieri devono essere omologati con emissioni rispettose delle seguenti normative europee (o più recenti):

- veicoli commerciali leggeri (massa inferiore a 3,5 t, classificati N1 secondo il Codice della strada): Direttiva 1998/69/EC, Stage 2000 (Euro 3);
- veicoli commerciali pesanti (massa superiore a 3,5 t, classificati N2 e N3 secondo il Codice della strada): Direttiva 1999/96/EC, Stage I (Euro III);
- macchinari mobili equipaggiati con motore diesel (non-road mobile sources and machinery, NRMM: elevatori, gru, escavatori, bulldozer, trattori, ecc.): Direttiva 1997/68/EC, Stage I.

C.5.4.2 Approvvigionamento idrico di cantiere

Verrà definito un dettagliato bilancio idrico dell'attività di cantiere, al fine di gestire ed ottimizzare l'impiego della risorsa idrica, eliminando o riducendo al minimo l'approvvigionamento idrico e massimizzando, ove possibile, il riutilizzo delle acque impiegate nelle operazioni di cantiere.

L'approvvigionamento idrico sarà fornito dal sistema di approvvigionamento di servizio idrico della raffineria Sarlux.

C.5.4.3 Gestione delle acque di lavorazione

Tutte le acque di risulta provenienti dal cantiere saranno convogliate sull'impianto consortile di Trattamento Acque Scarico - TAS dello stabilimento della Raffineria per essere trattate prima di essere avviate allo scarico finale in mare. Ove possibile si prevede il riutilizzo delle acque di lavorazione. Anche le acque meteoriche di dilavamento dei rifiuti stoccati presso il cantiere costituiscono acque di lavorazione e come tale saranno trattate.

Al fine di ottimizzare le acque di lavorazione saranno attuate le seguenti modalità di gestione:

- Nelle parti pavimentate si predispongono sistemi di regimazione delle acque meteoriche non contaminate, per evitare il ristagno delle stesse;

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Si realizza un sistema di regimazione perimetrale dell'area di cantiere che limiti l'ingresso delle acque meteoriche di dilavamento dalle aree esterne al cantiere stesso, durante l'avanzamento dei lavori, compatibilmente con lo stato dei luoghi;
- Si limitano le operazioni di rimozione della copertura vegetale e del suolo allo stretto necessario, avendo cura di contenerne la durata per il minor tempo possibile in relazione alle necessità di svolgimento dei lavori;
- In caso di versamenti accidentali, si circoscrive e si raccoglie il materiale e si effettua la comunicazione di cui all'art. 242 del D.Lgs. n. 152/ 2006;

C.5.4.4 Impatto acustico

È stata redatta una valutazione preliminare dell'impatto acustico generato in fase di realizzazione che ha preso in considerazione le seguenti attività di cantiere:

- Preparazione sito;
- Esecuzione di sondaggi;
- scavo di sbancamento;
- Formazione di rilevati/fondazioni stradali;
- Rinterri e sistemazione area;
- Sottoservizi (fognature, rete di terra);
- Opere civili accessorie;
- Fondazione in c.a. quali platee e basamenti in c.a. e muri di contenimento;
- Realizzazione di nuovo edificio A Control Room - Sanitary Room – LV Room – MV Room e Trafo;
- Nuovo capannone B Electrolyzer Building – Rectifier;
- Installazione di nuove Apparecchiature/SKID;
- Opere in carpenteria metallica;
- Opere provvisorie – Movimentazione materiali.

Sulla base delle schede della banca dati relativi all'esposizione al rumore del CPT - Comitato Paritetico Territoriale di Torino, sono stati stimati i livelli di impatto acustico che sarà generato durante le varie fasi di montaggio, come riportate in Tabella 21.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

FASI DI REALIZZAZIONE	Livelli di impatto acustico dB(A)
1) Installazione cantiere	77
2) Scavi di sbancamento	85
3) Rinterri e sistemazione area	85
4) Formazione di rilevati/fondazioni stradali	88
5) Fondazioni e strutture piani interrati	84
6) Montaggio e smontaggio ponteggi	78
7) Struttura in c.a. e muri di contenimento	83
8) Copertura edifici	78
9) Murature	79
10) Impianti	80
11) Intonaci	86
12) Pavimenti e rivestimenti	84
13) Finiture	84
14) Opere esterne	77

Tabella 21 - impatto acustico attività in fase di realizzazione

Per quanto riguarda l'impostazione delle aree di cantiere si andrà a seguire le seguenti indicazioni al fine di ridurre al minimo le emissioni acustiche:

- verranno localizzati gli impianti fissi più rumorosi (betonaggio, officine meccaniche, elettrocompressori, ecc.) alla massima distanza dai ricettori esterni;
- gli impianti che hanno un'emissione direzionale saranno orientati in modo da ottenere, lungo l'ipotetica linea congiungente la sorgente con il ricettore esterno, il livello minimo di pressione sonora.

Relativamente alle modalità operative si seguiranno le seguenti indicazioni:

- dare preferenza al periodo diurno per l'effettuazione delle lavorazioni, con avvio dei cantieri non prima delle 8.00 e chiusura intorno alle 18.00;
- impartire idonee direttive agli operatori tali da evitare comportamenti inutilmente rumorosi;
- per il caricamento e la movimentazione del materiale inerte, dare preferenza all'uso di pale cariatrici piuttosto che escavatori in quanto quest'ultimo, per le sue caratteristiche d'uso, durante l'attività lavorativa viene posizionato sopra al cumulo di inerti da movimentare, facilitando così la propagazione del rumore, mentre la pala cariatrice svolge la propria

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

attività, generalmente, dalla base del cumulo in modo tale che quest'ultimo svolge una azione mitigatrice sul rumore emesso dalla macchina stessa;

- rispettare la manutenzione ed il corretto funzionamento di ogni attrezzatura;
- nella progettazione dell'utilizzo delle varie aree del cantiere, privilegiare il deposito temporaneo degli inerti in cumuli da interporre fra le aree dove avvengono lavorazioni rumorose ed i ricettori;
- usare barriere acustiche mobili da posizionare di volta in volta in prossimità delle lavorazioni più rumorose tenendo presente che, in linea generale, la barriera acustica sarà tanto più efficace quanto più vicino si troverà alla sorgente sonora;
- effettuare le operazioni di carico dei materiali inerti in zone dedicate, sfruttando anche tecniche di convogliamento e di stoccaggio di tali materiali diverse dalle macchine di movimento terra, quali nastri trasportatori, tramogge, ecc.;
- individuare e delimitare rigorosamente i percorsi destinati ai mezzi, in ingresso e in uscita dal cantiere, in maniera da minimizzare l'esposizione al rumore dei ricettori.
- ottimizzare la movimentazione di cantiere di materiali in entrata ed uscita, con l'obiettivo di minimizzare l'impiego della viabilità pubblica.

Saranno impiegate macchine e attrezzature che rispettano i limiti di emissione sonora previsti, per la messa in commercio, dalla normativa regionale, nazionale e comunitaria, vigente entro i tre anni precedenti la data di esecuzione dei lavori.

Inoltre, si privilegerà l'utilizzo di:

- macchine movimento terra ed operatrici gommate, piuttosto che cingolate, con potenza minima appropriata al tipo di intervento;
- impianti fissi, gruppi elettrogeni e compressori insonorizzati.

C.5.4.5 Modalità operative di cantiere

I rifornimenti di carburante e di lubrificante ai mezzi meccanici saranno effettuati su pavimentazione impermeabile (da rimuovere al termine dei lavori), con rete di raccolta, allo scopo di raccogliere eventuali perdite di fluidi da gestire secondo normativa. Per i rifornimenti di carburanti e lubrificanti con mezzi mobili sarà garantita la tenuta e l'assenza di sversamenti di carburante durante il tragitto adottando apposito protocollo. Sarà controllata la tenuta dei tappi dal bacino di contenimento delle cisterne mobili ed evitare le perdite per traboccamento provvedendo a periodici svuotamenti. Saranno controllati giornalmente i circuiti oleodinamici dei mezzi operativi.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Particolare attenzione sarà posta a tutte le lavorazioni che riguardano perforazioni e getti di calcestruzzo in prossimità delle falde idriche sotterranee, che avverranno a seguito di preventivo intubamento ed isolamento del cavo al fine di evitare la dispersione in acque sotterranee del cemento e di altri additivi. Nel caso di utilizzo di oli disarmanti, si sceglieranno preferibilmente prodotti biodegradabili e atossici.

C.6 FASE DI ESERCIZIO

C.6.1 Vita dell'opera

La durata della gestione degli impianti è correlata con le autorizzazioni all'esercizio rilasciate dagli Enti Competenti e con l'indice di vetustà ed obsolescenza delle linee; in generale, per tale tipologia impiantistica, si può individuare in circa 30 anni. In particolare, le celle elettrochimiche (stack) dell'impianto elettrolizzatore, che sono il componente principale del processo di elettrolisi, hanno una durata operativa stimata di circa 10 anni, con la possibilità di essere sostituite per garantire la continuità operativa dell'impianto.

Durante la gestione dell'impianto verranno eseguiti tutti gli interventi manutentivi e di controllo, come meglio definiti nei capitoli successivi.

C.6.2 Consumi

C.6.2.1 Consumi di acqua

C.6.2.1.1 Acqua per alimentazione cella elettrolitica

L'acqua demineralizzata di alimentazione della cella elettrochimica verrà prelevata dall'impianto Acciona di demineralizzazione dell'acqua di mare. L'impianto Acciona è un impianto già esistente a servizio della Raffineria e pertanto non rientra nel perimetro dell'impianto in oggetto.

Il consumo di acqua previsto è di 4.500 kg/h durante il normale funzionamento dell'impianto. Se si considera un funzionamento dell'impianto per 7.500 h/anno, il consumo di acqua annuale è di 33.750.000 kg/anno.

C.6.2.1.2 Acqua di raffreddamento

Per il raffreddamento del modulo elettrolitico saranno necessari circa 700 m³/h di acqua proveniente dalle torri di raffreddamento Marley già esistenti nella Raffineria. In questo caso l'acqua rientra in un sistema "acqua da torri di raffreddamento" a ciclo chiuso di raffineria e, pertanto, il carico addizionale del nuovo impianto porterà ad un aumento del flusso di make-up (reintegro) del circuito esistente. Tuttavia, non ci sarà consumo idrico addizionale dato dal reintegro, in quanto la quota parte data dall'impianto in progetto sarà compensata da attività di efficientamento del sistema attuale presente nella raffineria.

Il raffreddamento dei moduli di purificazione dell'idrogeno e dell'ossigeno in uscita dal processo di elettrolisi è fornito dalle unità chiller denominate PK-05 e PK-07 e trattasi di acqua e glicole a ciclo chiuso che non prevede un consumo idrico.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.6.2.2 Consumi di energia

Considerando la potenza nominale dell'impianto di 20 MW e un funzionamento annuo tipico per questa tipologia di impianti di circa 7.500 h/anno, il consumo di energia è di circa 150.000 MWh/anno.

I consumi derivanti da tutti i componenti accessori al processo che rientrano nei confini del nuovo impianto, come pompe di rilancio, sistemi di raffreddamento e altri componenti accessori all'impianto adibiti al collegamento dei flussi, sia entranti sia uscenti, con la raffineria sono inclusi nella potenza erogata all'impianto di 20 MW, che può arrivare ad un massimo di 23 MW nelle fasi di maggior degradazione delle celle elettrochimiche.

Si consideri che gli stack che compongono il modulo di elettrolisi sono soggetti a degradazione, soprattutto negli ultimi anni di esercizio, quindi quando vicini alle 80.000 ore di funzionamento (per questo motivo ogni 10 anni è prevista una manutenzione straordinaria per la sostituzione degli elettrodi delle membrane PEM). Si stima quindi che negli ultimi anni di esercizio degli stack la potenza erogata al modulo di elettrolisi sarà di circa 23 MW. In questo caso il consumo di energia annuo massimo sarebbe di circa 172.500 MWh/anno e il consumo specifico per la produzione di idrogeno sarebbe di 64,5 kWh/kg_{H2}.

Consumi di energia		
Energia annua nominale (20 MW)	150	GWh/anno
Energia specifica nominale (20 MW)	56	kWh/kgH2
Energia annua massima (23 MW)	172,5	GWh/anno
Energia specifica massima (23 MW)	64	kWh/kgH2

Tabella 22 - Consumi di energia

C.6.3 Emissioni

C.6.3.1 Atmosfera

L'impianto in tutto il suo insieme non prevede emissioni inquinanti in atmosfera né direttamente né indirettamente (il consumo di energia elettrica è solo ed esclusivamente da fonte rinnovabile idroelettrica, eolica e/o fotovoltaica certificata all'origine), né di tipo convogliato né di tipo non convogliato.

Vi sono sfiati di due tipologie, sfiati atmosferici e sfiati in pressione:

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Gli sfiati atmosferici sono in totale sette e non rappresentano una emissione in atmosfera ai sensi della definizione 268.b. del d.lgs. n. 152/2006, in quanto saranno composti da gas non inquinanti, quali vapore acqueo, idrogeno o ossigeno. Questi sfiati vengono rilasciati in atmosfera presso l'area dell'impianto e saranno opportunamente distanziati per assicurare che l'esercizio dell'impianto avvenga in piena sicurezza.
- Gli sfiati in pressione risultano essere solo uno ed è dato dall'idrogeno prodotto nel processo e non inviato all'utilizzo finale di raffineria nel momento in cui si verificano le seguenti condizioni: (a) l'idrogeno non è a specifica, ad esempio per fuori servizio o malfunzionamento dell'impianto o avviamento oppure (b) in situazioni di emergenza e quindi quando si ha necessità di evacuare rapidamente le linee, ad esempio per una sovrappressione. Gli sfiati in pressione vengono inviati alla rete dei blowdown di raffineria e quindi convogliati alle torce di stabilimento della raffineria Sarlux.

Si sottolinea che tale sfiato, essendo sostanzialmente costituito da idrogeno e contenuti minimi di vapore e ossigeno, non è dannoso per l'ambiente una volta emesso in atmosfera e, tantomeno, in torcia, in quanto in quest'ultima la combustione di idrogeno comporta la formazione di acqua ($2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$).

In Tabella 23 vengono riassunti gli sfiati presenti sull'impianto e le relative caratteristiche.

Rif. Sfiato	Tipologia di sfiato	Posizione	Composizione
SFI 5	Atmosferico, continuo	Area NPU - PK-01	O2
SFI 1	Atmosferico, discontinuo da degassificazione recupero condense	Area ELY - PK-03	O2
SFI 7	Atmosferico, discontinuo da degassificazione recupero condense	Area ELY - PK-03	H2
SFI 6	Atmosferico, discontinuo per rigenerazione	Area HPU - PK-04	H2
BLOW DOWN	In pressione, di emergenza/malfunzionamento/avviamento	Area HPU - PK-04	H2
SFI 2	Atmosferico, discontinuo per rigenerazione ed emergenza/malfunzionamento/avviamento	Area OPU - PK-06	O2
SFI 3	Atmosferico, discontinuo per depressurizzazione compressore fase 1	Area OPU - PK-06	O2
SFI 4	Atmosferico, discontinuo per depressurizzazione compressore fase 2	Area OPU - PK-06	O2

Tabella 23 - Elenco sfiati

C.6.3.2 Acqua

Le emissioni in acqua saranno quelle inerenti alle acque meteoriche dell'impianto, agli scarichi dei servizi igienici e quelle relative allo spurgo del modulo di purificazione dell'acqua PK-02.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

Mentre lo spurgo dei moduli di elettrolizzazione PK-03 avverrà solo in casi di malfunzionamenti e fermi impianto.

L'acqua di drenaggio del modulo di purificazione dell'acqua sarà sostanzialmente acqua ricca in ioni. Non è possibile stabilire la composizione esatta dello scarico, che sarà stabilita a seguito dell'installazione dell'unità di trattamento, ma in base alle analisi dell'acqua in ingresso (in Tabella 9) e alle specifiche dell'EDI è possibile ipotizzare che rispetterà i parametri presentati in Tabella 24.

Portata	0,9 m3/h
Pressione	2-3 bar
Temperatura	10-30 °C
Conducibilità equivalente (inclusa CO2)	40 µS/cm
Cloro totale (as CL2)	< 0,02 ppm
Iron (Fe)	< 0,01 ppm
Manganese (Mn)	< 0,01 ppm
Sulfide (S-)	< 0,01 ppm
pH	6-9
Durezza (come CaCO3)	< 1 mg/l
TOC	< 0,5 ppm
Silica, SiO2	< 1 ppm

Tabella 24 - Caratteristiche del drenaggio dell'unità di trattamento acque

L'acqua degli eventuali scarichi dall'elettrolizzatore sarà acqua demineralizzata di un grado di purezza molto elevata, in quanto del tutto equiparabile all'acqua in ingresso al modulo di elettrolisi.

Gli scarichi dell'impianto saranno inviati alla rete fognaria dello stabilimento di raffineria e verranno trattati negli impianti TAS – Trattamento Acque Scarico e API-TAZ - Trattamento Acque Zavorra dello stabilimento di raffineria. In particolare, all'impianto TAS vengono convogliati:

- gli stream acquosi di processo dell'impianto (spurgo del modulo di purificazione dell'acqua tramite elettrodeionizzatore PK-02 e eventuale spurgo dell'elettrolizzatore PK-03);
- le acque sanitarie dei servizi idrici;
- in scenari accidentali, gli oli minerali isolanti e refrigeranti delle apparecchiature in casi di fuoriuscite.

All'impianto API-TAZ saranno convogliate le sole acque meteoriche.

Inoltre, si sottolinea che sono presenti dei flussi di condensa provenienti dai moduli di purificazione di idrogeno e ossigeno (PK-04 e PK-06) che vengono riciclati in testa al modulo di elettrolizzazione al fine di ottimizzare il consumo di acqua.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

C.6.3.3 Rumore

Una verifica periodica di misura e valutazione dell'impatto acustico al perimetro di stabilimento e ai recettori è già prevista dal Piano di Monitoraggio e Controllo nell'ambito dell'AIA di Raffineria. Infatti, il sito produttivo della Raffineria è interessato da sistematici controlli periodici annuali delle immissioni sonore nell'ambiente esterno attraverso rilevazioni fonometriche finalizzate alla caratterizzazione acustica dell'ambiente circostante. Le rilevazioni sono ripetute nel corso degli anni in numerosi punti di misura, alcuni dei quali localizzati all'interno e nelle strade adiacenti il confine del sito, altri nelle strade di accesso ed all'interno al centro abitato di Sarroch.

Per l'impianto in progetto è stata predisposta una valutazione dell'impatto acustico previsionale (elaborato AM-RT10006 - Studio previsionale di impatto acustico) al cui documento si rimanda per quanto concerne il dettaglio delle sorgenti di rumore e la quantificazione di quest'ultimo.

Si consideri che l'impianto, essendo di modeste dimensioni rispetto all'area vasta della raffineria in cui è inserito, e nella quale si posiziona pressoché al centro, non si trova in prossimità di ricettori sensibili. Quindi l'individuazione della sua specifica capacità di generare immissioni acustiche nell'ambiente esterno (con particolare riferimento al "ricettore urbano" di Sarroch), distinguibile dal clima acustico generale generato dalla Raffineria nel suo complesso, appare ininfluyente in rapporto alle caratteristiche costruttive degli impianti ed alla stessa configurazione piano-altimetrica dell'insediamento industriale.

Al riguardo, le misurazioni fonometriche eseguite nel corso degli anni hanno permesso di stabilire che la Raffineria nel suo complesso, operando a ciclo produttivo continuo (come definito dal D.M. 11 Dicembre 1996), può essere definita come una sorgente di rumore costante semistazionario. La stessa presenta, infatti, fluttuazioni trascurabili (minori di $\pm 2,5$ dB rispetto alla media) ed è caratterizzata da un livello sonoro a variabilità contenuta entro 5 dBA. Tale caratteristica è stata confermata da tutti i rilievi eseguiti annualmente con strumenti posizionati sia all'interno della Raffineria in prossimità degli impianti, sia all'esterno in prossimità della recinzione sia nel centro urbano di Sarroch, in punti particolarmente sensibili. I risultati conseguiti possono fondatamente supportare l'affermazione che, dal punto di vista acustico, la Raffineria si comporta come una sorgente sonora unica. Tutte le precedenti indagini strumentali e studi miranti ad accertare l'identificazione di una specifica immissione sonora predominante sulle altre, nell'ambito del centro abitato, ha sempre portato a esiti negativi.

Le emissioni acustiche e le vibrazioni derivanti dall'impianto H2 Green saranno minime, in quanto la maggior parte dei macchinari saranno posizionati all'interno di stabili o cabinati. Inoltre, i capannoni che conterranno il sistema di compressione e il sistema di elettrolisi, che

Realizzazione di un impianto di produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

sono i processi ad alta emissione acustica, avranno una copertura di pannelli in materiale fonoassorbente.

Le parti dell'impianto non contenute in edifici sono i moduli di purificazione dell'azoto, dell'acqua e i chiller; mentre le torri di raffreddamento sono già esistenti e rientrano nei confini di competenza della Raffineria.

In Tabella 25 si riporta l'elenco delle sorgenti acustiche analizzate secondo la loro posizione ed emissione acustica specifica. Tutti i macchinari che compongono l'impianto saranno sottoposti periodicamente a manutenzione in modo da mantenere i livelli di pressione sonora al massimo pari a quelli di progetto.

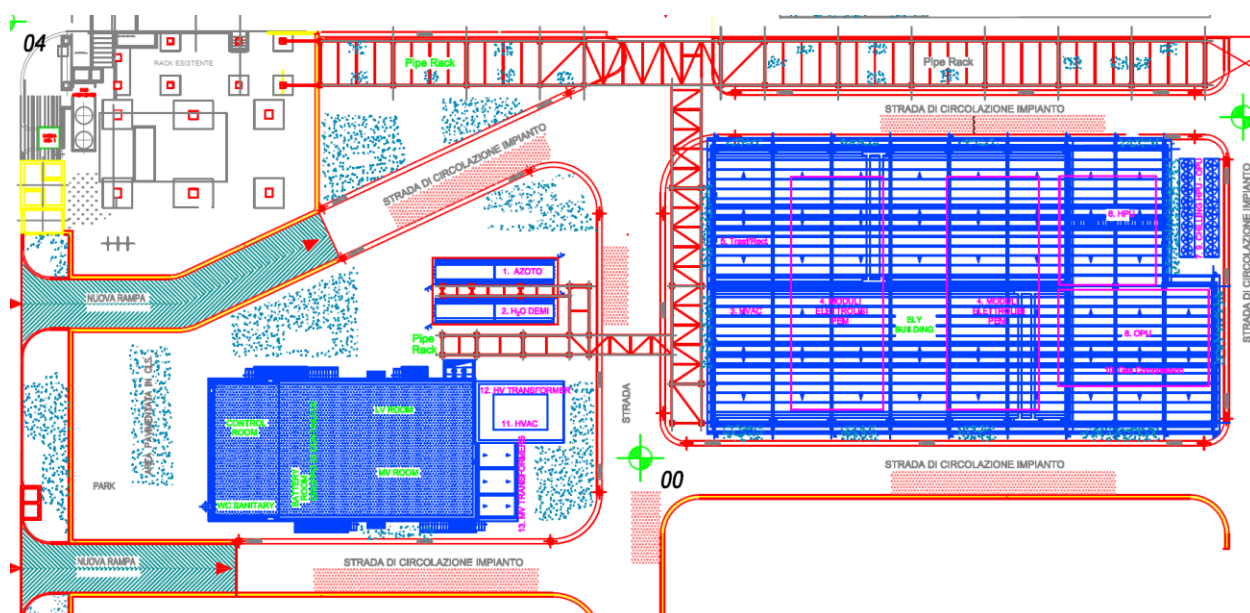


Figura 63 - Locazione delle sorgenti di impatto acustico

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

N°	DESCRIZIONE	POSIZIONE	dB(A)
1.	N°1 Package Purificazione del flusso di azoto	Area esterna	<80
2.	N°1 Package Trattamento acque	Area esterna	<80
3.	N° 1 HVAC	Interno capannone Ely building	80
4.	N°10 Package Moduli di elettrolisi	Interno capannone Ely building	80
5.	N°5 Moduli Trasformatori/Raddrizzatori	Interno capannone Ely building (Area Transf/Rect)	60
6.	N°1 Package Purificazione del flusso di idrogeno	Area OPU	<80
7.	N°1 Package Chiller a servizio del modulo di purificazione dell'idrogeno/ossigeno e del modulo di elettrolisi	Area esterna	<80
8.	N°4 Package Purificazione del flusso di ossigeno	Area OPU	<80
9.	N°4 Package Chiller a servizio del modulo di purificazione dell'ossigeno - PK-07	Area esterna	<80
10.	N°1 Package Gas Compression	Area OPU	<80
11.	N° 1 HVAC	Esterno edificio Sala controllo/cabina (Tetto)	80
12.	N°1 Trasformatore HV - PK-09	Interno Edificio Sala controllo	65
13.	N°3 Trasformatore MV - PK-09	Esterno edificio Sala controllo su baie dedicate	60

Tabella 25 - Sorgenti impatto acustico

Sulla base dello studio effettuato tale impostazione impiantistica non risulta problematica dal punto di vista delle emissioni acustiche, per tanto i livelli di pressione sonora prodotti dall'attività dell'impianto ricadranno entro i limiti previsti dalla normativa vigente. Per maggiori dettagli riguardo agli impatti delle emissioni acustiche si rimanda al Quadro di riferimento ambientale del presente Studio di Impatto Ambientale (Elaborato AM-RT10003 SIA - Quadro di riferimento ambientale).

C.6.4 Manutenzioni previste

Per il nuovo impianto di produzione di idrogeno verde sono previste le seguenti attività di manutenzione:

A.1 Attività di manutenzione effettuate mentre l'impianto è in funzione:

- Ispezioni visive settimanali

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

- Verifica dei parametri di processo
- Ispezione visiva mensile su valvole, tubazioni e tubazioni;
- Ispezione mensile degli elementi di sicurezza (es. sistemi antincendio e fumo, sprinkler)
- Ispezioni trimestrali dei filtri;
- Ispezione visiva trimestrale di tutti i dispositivi di scarico della pressione;
- Verifica trimestrale del corretto funzionamento dei sistemi di sicurezza e ventilazione;
- Taratura trimestrale dei sensori del rivelatore di gas H₂
- Sostituzione cartucce di resina DI, comunque da definire in base alle misurazioni della qualità dell'acqua;

A.2 Attività di manutenzione annuale (con fermata dell'elettrolizzatore):

- Prova di tenuta di tubazioni e tubazioni dell'idrogeno
- Verifica calibrazione strumentazione
- Ispezione componenti elettrici
- Ispezione valvole di regolazione
- Sostituzione filtri;
- Verifica con eventuale sostituzione olio pompe e glicole

A.3 Attività di manutenzione pluri-annuale:

- Dopo verifica ricondizionamento o sostituzione valvole di regolazione e pompe circolazione
- Sostituzione essiccante nel Dryer
- Rinnovo/sostituzione dello stack ogni 8-10 anni

Inoltre, si prevede il monitoraggio continuo dei consumi di acqua, energia e della produzione di idrogeno e ossigeno.

C.6.5 Analisi dei malfunzionamenti ed eventi incidentali

Al fine di individuare i potenziali rischi derivanti dall'attività del presente progetto è stata condotta un'accurata ed approfondita analisi delle attività in relazione al rischio ad esse associato, derivante dai processi di lavorazione e dalle sostanze utilizzate.

Nello specifico, la suddetta analisi prende in esame i seguenti aspetti:

- La verifica dell'assoggettabilità al D.Lgs. 105/2015;
- L'analisi preliminare di sicurezza al fine di valutare le possibili interferenze con l'area circostante mediante analisi delle conseguenze di tipo "worst-cases" associate al nuovo impianto.

Per quanto riguarda la verifica di assoggettabilità al D.Lgs. 105/2015, si è proceduto secondo le seguenti fasi:

- Individuazione delle sostanze pericolose potenzialmente presenti e ricadenti nel campo di applicazione del Decreto;
- Valutazione dei massimi quantitativi potenzialmente presenti in impianto delle sostanze pericolose;
- Confronto con le soglie limite previste dall'allegato 1 al D.Lgs. 105/2015;
- Applicazione della regola della sommatoria.

Dalla verifica è emerso che il nuovo impianto non rientra nel campo di applicazione del D.Lgs. 105/2015 in quanto:

- Sono presenti sostanze pericolose in quantità inferiori alle quantità elencate nella colonna 2 della parte 2 dell'allegato 1;
- L'applicazione della regola della sommatoria, applicata ai pericoli fisici ha fornito un valore minore di 1.

Si è poi proceduto alla verifica dei possibili impatti generati dal nuovo impianto nell'area circostante attraverso l'analisi dei worst-cases. Sulla base delle informazioni ad oggi disponibili, l'analisi degli eventi incidentali di riferimento è stata condotta individuando le correnti significative (in termini di condizioni operative di composizione, pressione, temperatura e

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

portata) ed ipotizzando per queste un rilascio alle massime condizioni operative (analisi delle rotture random sulle linee tra le diverse sezioni di impianto, fino al limite di batteria).

Le conseguenze incidentali (valutate ad una altezza di riferimento pari a 1,6 m) sono state calcolate ipotizzando tre altezze differenti di rilascio (1 m, 4 m, e 7 m) al fine di considerare le possibili variazioni di quota delle linee tra le diverse sezioni di impianto.

Dalle simulazioni effettuate l'impianto idrogeno non genera significativi impatti verso aree esterne al proprio limite di batteria.

C.7 FASE DI DISMISSIONE

C.7.1 Premessa

Il progetto di installazione dell'impianto H2 Green prevede la costruzione di strutture fisse (capannoni) quindi non si prevede lo smantellamento di questi ma, in caso di dismissione, si prevede che i macchinari e i componenti costituenti l'impianto vengano rimossi e che le strutture vengano riutilizzate eventualmente come magazzini o simili. Infine, non si prevede lo smantellamento dell'area pavimentata che rimarrà parte dell'impianto.

C.7.2 Piano di caratterizzazione bonifica-ripristino aree

Dalla valutazione delle aree e delle sorgenti di inquinamento vengono valutate le seguenti azioni da intraprendere a seguito della dismissione dell'impianto:

- a. Conclusione delle attività di produzione di idrogeno. Asportazione e pulizia delle attrezzature e dei macchinari utilizzati per l'attività;
- b. Pulizia superficiale dell'area e dei capannoni per la raccolta di eventuali sfridi non recuperabili;
- c. Smaltimento dei rifiuti presenti e dei rifiuti prodotti dalla pulizia meccanica superficiale;
- d. Controllo visivo dell'area per l'individuazione di zone critiche (ad es. contaminate da olio) e asportazione dei materiali e dei punti ipoteticamente contaminati;
- e. Attuazione del 'Piano di indagine preliminare delle matrici ambientali': verifica analitica delle caratteristiche di suolo/sottosuolo e falda dopo asportazione dei rifiuti per valutazione del raggiungimento dei limiti previsti in relazione alla destinazione d'uso industriale (Tabella 1- Allegato 5 - Titolo 5 - D.Lgs n.152/06);
- f. A seguito dei risultati, eventuale redazione della caratterizzazione del sito e del piano di bonifica-ripristino ambientale;
- g. Conclusione dei lavori, analisi di verifica e restituibilità del sito.

Si prevede verosimilmente che i due fabbricati contenenti la strumentazione, dopo la dismissione dell'impianto, verranno riutilizzati eventualmente come magazzini o simili.

C.7.3 Controllo visivo, asportazione, analisi di verifica e piano di indagine preliminare

Verrà redatto un piano di indagine preliminare che terrà conto dell'ultima caratterizzazione svolta dalla raffineria Sarlux sull'area, del successivo utilizzo delle aree e degli eventuali eventi incidentali avvenuti, nonché della analisi dello stato dei luoghi.

Il 'Piano di indagine preliminare', definirà la scelta delle matrici e dei relativi punti di indagine.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

I sondaggi saranno distribuiti maggiormente nelle aree in cui sono presenti le maggiori criticità a meno di scostamenti che verranno valutati in campo.

Le posizioni e il numero di campioni previsti per l'analisi del suolo terrà conto della caratterizzazione dell'area svolta dalla raffineria Sarlux prima della sua cessione a Sardhy Green Hydrogen, in modo da poter effettuare un confronto tra l'istante zero e lo stato al momento della dismissione dell'impianto, e verrà rivisto in relazione all'effettiva situazione al momento dei lavori di ripristino dell'area.

Nel caso di eventuali eventi accidentali che avessero interessato l'attività e portato il gestore alla messa in atto di procedure di bonifica o messa in sicurezza, durante il periodo di esercizio dell'attività, come da normativa in ambito di bonifiche, verranno precauzionalmente effettuati campionamenti a conferma della correttezza delle procedure di messa in sicurezza/bonifica.

Le investigazioni saranno condotte attenendosi a quanto previsto dal D. Lgs.152/06 e dal Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati (ISPRA) e in accordo con le procedure previste dal documento "Modalità di prelievo dei campioni di suolo e sottosuolo e acque da sottoporre ad analisi per il controllo dei siti contaminati" (ARPAS).

Le risultanze delle analisi sulle matrici ambientali investigate porteranno alla redazione di un progetto di bonifica, nel caso in cui si rilevino superamenti rispetto ai limiti che saranno in vigore al momento della cessazione dell'attività.

C.7.4 Conclusione lavori e restituibilità del sito

Alla fine dei lavori verrà redatta una dichiarazione finale contenente le analisi dei vari processi di controllo, la documentazione fotografica delle operazioni di ripristino e dell'eventuale bonifica e i quantitativi di materiale asportato e smaltito durante la bonifica (formulari di trasporto) nonché le procedure attuate per il controllo delle matrici ambientali (suolo, sottosuolo e acque sotterranee).

Gli Enti competenti saranno coinvolti con le modalità indicate dalla normativa, al fine di effettuare di concerto l'attività di ripristino.

Al termine delle operazioni il sito si presenterà ripristinato in funzione della destinazione d'uso prevista dallo strumento urbanistico.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

BIBLIOGRAFIA

- Sartec S.p.A. per Sarlux Srl, 2016. *Piano di Monitoraggio Ambientale - Anno 2021*.
- Sartec S.p.A. per Sarlux Srl, 2014. *Relazione di riferimento ai sensi del DM 272/2014 per lo Stabilimento Sarlux di Sarroch (CA)*.
- Sartec S.p.A. per Saras S.p.A., 2007. *Progetto di bonifica Hot-spot Area Parco Ovest Stabilimento Saras di Sarroch (CA) – ottobre 2007*.
- Sartec S.p.A. per Saras S.p.A., 2007. *Domanda di Autorizzazione Integrata Ambientale ai sensi del D.Lgs. n. 59 del 18 febbraio 2005 e relativi allegati*.
- Sartec S.p.A. per Sarlux Srl, 2016. *Progetto di bonifica dei suoli - Stabilimento Sarlux di Sarroch (CA)*.
- Sartec S.p.A. per Saras S.p.A., 2021, AM-RT10046_MISE ST1_Nota finale_rev.0A., nota finale sulle attività di bonifica dell'area ex serbatoi ST-1.
- Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale - Regione Sardegna, 31.01.2009.
- Deliberazione di Regione Sardegna N. 62/9 del 14.11.2008 "Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale" e disposizioni in materia di acustica ambientale.
- Decreto Terre e rocce da scavo - Decreto del presidente della repubblica 120/2017.
- Politecnico di Milano – Energy Strategy, Hydrogen Innovation Report 2021 HIR 2021.
- Politecnico di Milano – Energy Strategy, Hydrogen Innovation Report 2022 - Le potenzialità dell'idrogeno per la decarbonizzazione dei settori Hard-to-Abate.
- IEA – International Energy Agency, The future of hydrogen, 2019.
- IEA – International Energy Agency, Global Hydrogen Review, 2021.
- IRENA (2020), Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal.
- International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. European Commission. The European economic and social committee and the committee of the regions - a hydrogen strategy for a climate-neutral Europe. European Commission, Brussels, 8.7.2020 COM 2020;301(final).
- Commissione Europea, 2014. *Conclusioni sulle BAT per la raffinazione di petrolio e di gas*.
- CONCAWE, 2009. *Air pollutant emission estimation methods for E-PRTR reporting by refineries – 2009 edition*.

**Realizzazione di un impianto di
produzione di idrogeno verde mediante elettrolisi**

Studio di Impatto Ambientale
Quadro di riferimento progettuale

MATTM, 1994. *Decreto di compatibilità ambientale concernente l'impianto di gassificazione di idrocarburi pesanti e produzione di energia elettrica in cogenerazione (IGCC) nella raffineria Saras di Sarroch (CA). Dec/VIA/2025 del 28/12/1994.*

MATTM, 2009. *Provvedimento di Autorizzazione Integrata Ambientale per l'esercizio dell'impianto complesso "Raffineria e Impianto di Gassificazione e Ciclo Combinato (IGCC)" della società Saras S.p.A. sito in Sarroch (CA). DSA-DEC-2009-0000230 del 24/03/09 e ss.mm.ii..*

Sartec S.p.A. per Saras S.p.A., 2012. *Piano di Caratterizzazione Raffineria Saras di Sarroch (CA) - D.M. 471/99.*