

Progetto per la realizzazione
di un impianto geotermico pilota
nell'area del Permesso di Ricerca "Scarfoglio"

PROGETTO DEFINITIVO

Documento SCA-002-PD-00-RT
Relazione tecnica descrittiva
impianto geotermoelettrico



gennaio 2015

PROGETTO PILOTA "SCARFOGLIO"

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA IMPIANTO GEOTERMoeLETTICO



 clean energy ahead
TURBODEN
turboden s.r.l. - via Cernaia, 10
25124 Brescia Italy
C.F./P.I. IT 02582620981

1. INTRODUZIONE	4
2. DATI E PRESTAZIONI DI PROGETTO	5
2.1. Condizioni al contorno	5
2.2. Caratteristiche e prestazioni	6
2.3. Dati di riferimento per il progetto dell'edificio di centrale.....	7
3. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO	8
3.1. Direttive e standard	8
3.2. Preriscaldatori.....	9
3.3. Evaporatori	9
3.4. Condensatore ad aria (ACC-Air Cooled Condenser).....	9
3.5. Turbine	10
3.6. Generatore elettrico.....	10
3.7. Riduttore di giri	10
3.8. Pompe di alimento del fluido di lavoro	11
3.9. Sistema di monitoraggio perdite e tenuta stagna del fluido di lavoro.....	11
3.10. Supporti	11
3.11. Isolamento termico	12
3.12. Sistema di aria compressa	12
3.13. Quadri elettrici di impianto	12
3.14. Controllo e regolazione dell'impianto ORC	13
3.15. Controllo remoto	13
3.16. Sistema di visualizzazione ed acquisizione dei dati dell'unità ORC.....	13
3.17. UPS – Gruppo statico di continuità.....	13
3.18. By-pass.....	14

Soggetto: Progetto pilota "Scarfoglio" - Relazione tecnica descrittiva impianto geotermoelettrico

4. INTERFACCE	15
4.1. Interfacce di processo	15
4.2. Interfacce elettriche	15
5. BILANCI DI MASSA E DI ENERGIA	16
5.1. Bilanci energetici	16
5.2. Fluido di lavoro	16
5.3. Rifiuti prodotti.....	16
6. PRESTAZIONI AMBIENTALI	17
6.1. Emissioni sonore	17
6.2. Emissioni in atmosfera	17
7. ASPETTI OPERATIVI.....	18
7.1. Cronoprogramma	18
7.2. Cantiere.....	18
7.3. Controllo e blocco dell'ORC.....	18
8. ALLEGATI	20

1. INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce la relazione tecnica descrittiva dell'impianto geotermoelettrico, da realizzarsi nell'ambito del progetto pilota "Scarfoglio", nel Comune di Pozzuoli (NA).

L'impianto, che sarà alimentato dal fluido geotermico estratto dalla caldera dei Campi Flegrei, così come indicato dalla società Committente, Geoelectric s.r.l., è basato su una unità di produzione ORC, di cui Turboden ha installato nel mondo oltre 250 esemplari, su un periodo di oltre 30 anni, con oltre 7.000.000 di ore di esercizio complessive.

Per la progettazione dell'impianto, oltre ai dati di input della risorsa geotermica, si è tenuto conto della ridotta disponibilità di spazi a disposizione. Per questo motivo è stata adottata una soluzione volta a compattare il layout complessivo, utilizzando come riferimento, allo scopo, anche lo schema dell'impianto da 5 MW in funzione in località Sauerlach, presso Monaco di Baviera, realizzato per conto dell'Azienda dei servizi pubblici di Monaco di Baviera SWM. Tale impianto costituisce lo stato dell'arte tecnologica per quanto riguarda gli impianti geotermici binari e quindi anche l'impianto in progetto sarà realizzato utilizzando i medesimi criteri avanzati.

2. DATI E PRESTAZIONI DI PROGETTO

2.1. Condizioni al contorno

Il progetto pilota "Scarfoglio" prevede lo sfruttamento di una risorsa geotermica a media entalpia.

Il fluido geotermico, mantenuto interamente allo stato liquido tramite l'uso di pompe geotermiche nei pozzi di produzione, viene introdotto nell'impianto ORC e ivi mantenuto confinato all'interno del sistema chiuso costituito dai pozzi geotermici, dalle tubazioni del BoP geotermico e degli scambiatori di calore. L'energia termica introdotta dal fluido geotermico nel sistema viene poi convertita dal ciclo termodinamico ORC (Organic Rankine Cycle) in energia meccanica dalla turbina, e da qui, in energia elettrica dal generatore.

Le seguenti condizioni al contorno sono state considerate per quanto riguarda il campo geotermico di riferimento per il progetto "Scarfoglio":

(Int.ref 14-J-93-rev.1)

Temperatura del fluido geotermico	165 °C
Portata del fluido geotermico di acqua geotermica/vapore	150 kg/s
Densità del fluido geotermico	950 kg/mc
Vapore geotermico (% in peso)	0%
TDS (contenuto equivalente)	30 g/l
Temperatura dell'aria nominale (bulbo secco)	18 °C

L'impianto ORC produce elettricità attraverso un ciclo termodinamico a circuito chiuso basato sul ciclo Rankine a fluido organico. Nel processo ORC il fluido organico di lavoro viene:

- 1) pre-riscaldato nei preriscaldatori attraverso lo scambio di calore con l'acqua geotermica
- 2) evaporato nell'evaporatore attraverso lo scambio di calore con il vapore geotermico
- 3) espanso nella turbina che aziona il generatore elettrico
- 4) condensato in un condensatore raffreddato ad aria
- 5) pompato al livello di pressione richiesto per le operazioni del ciclo attraverso la pompa del fluido di lavoro.

Il fluido geotermico viene mantenuto in pressione tramite l'utilizzo di pompe geotermiche sommerse da installare nei pozzi di produzione, evitando che gli incondensabili disciolti si liberino durante la risalita nel pozzo, come accadrebbe a causa della diminuzione della pressione esterna. E' così possibile gestire il fluido geotermico senza cambi di fase e senza separatori, ottimizzando lo scambio termico negli scambiatori, evitando perdite di temperatura dovute al flash del vapore (evitando così anche i fenomeni di scaling nel pozzo), e reimmettendo quindi il fluido nel serbatoio con tutti i suoi incondensabili.

Lo schema impiantistico prevede un ciclo a due livelli di pressione, con un generatore collegato a due turbine. L'impianto è progettato per processare l'intera portata disponibile di acqua geotermica.

Il funzionamento dell'impianto ORC è completamente automatico in normali condizioni di esercizio così come durante le procedure d'emergenza, con bassa necessità di supervisione da parte del personale (visual-check giornaliero). In caso di guasti, l'impianto ORC viene automaticamente distaccato dalla rete elettrica.

2.2. Caratteristiche e prestazioni

(Int.ref 14-J-93-rev.1)

		Input	Calcolo (1)
Tipo di raffreddamento	Air Condenser (ACC)	x	
Potenza elettrica lorda	8.150 kWe		x
Consumi elettrici pompe geotermiche	1.500 kWe	x	
Potenza elettrica disponibile al lordo degli autoconsumi ORC	6.650 kWe		x
Autoconsumi ORC (2)	1.650 kWe		x
Potenza elettrica netta disponibile per la produzione di energia da immettere in rete	5.000 kWe		x

Note:

- (1) Le prestazioni indicate sono state calcolate considerando scambiatori di calore puliti (no fouling);
- (2) Include il consumo delle pompe del ciclo ORC, degli ausiliari del generatore e del condensatore raffreddato ad aria

2.3. Dati di riferimento per il progetto dell'edificio di centrale

Nella tavola "14-ENG.ILY-19-rev.2 - Layout ORC" sono riportate le misure e il peso dei componenti principali dell'impianto ORC, insieme alle indicazioni relative alle volumetrie e all'assetto interno dell'edificio, da sviluppare dal punto di vista esecutivo in sede di progettazione delle opere civili.

Per quanto riguarda in particolare i locali necessari per un corretto funzionamento dell'ORC, la situazione è la seguente:

- Sala controllo: mq 25.
- Sala quadri di bassa tensione: mq 40.
- Sala quadri di media tensione: mq 25.

Sono inoltre previsti i locali per i trasformatori degli ausiliari e del generatore.

L'installazione degli aerotermi è prevista al di sopra del corpo di fabbrica (chiuso) al cui interno è alloggiato l'impianto.

3. DESCRIZIONE TECNICA DELL'IMPIANTO

L'impianto ORC è composto, per quanto possibile, da sezioni pre-assemblate per le componenti principali (es: skid del turbogeneratore, skid pompe) e ausiliari (es: sistema di lubrificazione), facilmente trasportabili e preventivamente testate. La qualità e la tecnologia dei componenti utilizzati è stata scelta al fine di assicurare un funzionamento efficace, sicuro, affidabile dell'impianto, nonché facilmente manutenibile.

L'impianto è dotato di sufficienti punti di drenaggio delle fasi di liquido/vapore del fluido di lavoro, da utilizzarsi in caso di manutenzione straordinaria.

E' inoltre previsto un serbatoio di servizio per lo stoccaggio del fluido di lavoro, dimensionato per contenere l'intera quantità contenuta in tutto l'impianto.

Le temperature massime di esercizio previste all'interno dell'ORC sono pari a 150°C (lato fluido di lavoro) e a 165°C (lato acqua geotermica).

La pressione massima all'interno del sistema ORC (lato fluido di lavoro) si prevede pari a circa 40 bar.

Oltre ai componenti descritti nei punti che seguono, la dotazione comprende le componenti interne necessarie per un funzionamento ottimale dell'impianto e, nello specifico:

- Tubazioni per il fluido geotermico e il fluido di lavoro tra le componenti del sistema, prefabbricate e da assemblare in loco
- Valvole di ammissione / regolazione del vapore della turbina (valvole d'arresto, valvole di avvio, valvole by-pass)
- Dispositivi di sicurezza
- Sistemi di raffreddamento delle unità di lubrificazione e del generatore
- Ausiliari (centraline di lubrificazione, pompe di alimento, pompe di aspirazione, ecc.).

3.1. Direttive e standard

La progettazione del modulo ORC si colloca allo stato d'arte della tecnica e in ottemperanza agli standard e alle normative vigenti in Europa.

Soggetto: Progetto pilota "Scarfoglio" - Relazione tecnica descrittiva impianto geotermoelettrico

La progettazione e il calcolo di tutti i componenti e delle tubazioni saranno effettuati, in fase esecutiva, conformemente alla direttiva PED 97/23/CE per i singoli componenti e alla direttiva 2006/42/CE per le semi-macchine, in modo tale da consentire la certificazione dell'intero impianto in conformità alla stessa direttiva 2006/42/CE.

3.2. Preriscaldatori

Nel preriscaldatore dell'ORC il fluido organico è riscaldato tramite uno scambio di calore con l'acqua geotermica. I preriscaldatori sono shell&tube, progettati e collaudati in ottemperanza agli standard CE.

La geometria degli scambiatori di calore, dotati di coperture rimovibili e tubi lineari pulibili, è concepita in modo da consentire una facile ispezione e manutenzione della superficie interna dei tubi.

Il progetto prevede l'utilizzo di acciaio super duplex per i tubi dei preriscaldatori, come misura cautelativa riguardo le possibili variazioni della composizione chimica dell'acqua geotermica.

3.3. Evaporatori

Nell'evaporatore del ciclo ORC il fluido organico di lavoro è riscaldato e fatto evaporare dallo scambio termico con il liquido geotermico. L'evaporatore è progettato e collaudato in base agli standard CE.

La geometria dello scambiatore di calore shell&tube, dotato di coperture rimovibili e tubi lineari pulibili, è concepita in modo da consentire una facile ispezione e manutenzione della superficie interna dei tubi.

Il progetto prevede l'utilizzo di acciaio super duplex per i tubi dell'evaporatore, come misura cautelativa riguardo le possibili variazioni della composizione chimica dell'acqua geotermica.

3.4. Condensatore ad aria (ACC-Air Cooled Condenser)

Nel condensatore ad aria il vapore del fluido organico espanso dalla turbina è condensato dallo scambio termico con un flusso d'aria indotto dai ventilatori. Il condensatore è progettato e collaudato in base agli standard europei.

I ventilatori sono regolabili con sufficiente flessibilità, in modo da operare l'impianto con un consumo ottimizzato a seconda della variazione della temperatura ambiente.

Il livello atteso di potenza sonora emessa del condensatore è pari a circa 105 dB (A).

3.5. Turbine

Il progetto prevede l'utilizzo di due turbine ORC, collegate ad un unico generatore elettrico. Nelle turbine, completamente progettate e realizzate da Turboden, il vapore del fluido organico viene espanso, mettendo in rotazione la turbina e trascinando il moto del generatore elettrico.

Grazie alle caratteristiche termodinamiche del fluido organico, il vapore in uscita dalle turbine è surriscaldato (vapore secco), con conseguente assenza di pericolo di erosione dell'ultimo stadio delle turbine stesse. Il controllo della sovravelocità e vibrazione delle turbine viene eseguito in modo ridondante.

3.6. Generatore elettrico

Il generatore converte l'energia meccanica in energia elettrica con elevata efficienza. Il generatore è collegato alla turbina mediante un riduttore di giri.

N° generatore	1
Progettazione in base a	IEC
Tipo di generatore	sincrono, trifase
Potenza massima	10.000 kW (cos phi = 0.95)
Tensione	6.000 V
Velocità	1500 rpm
Frequenza	50 Hz
N° poli	4
Protezione	IP55
Livello atteso di intensità sonora	85 dBA

3.7. Riduttore di giri

Il riduttore di giri della turbina è un riduttore di velocità monostadio ad assi paralleli dotato di cassa in ghisa, a ingranaggi di precisione temprati elicoidali. Il rapporto di riduzione previsto è 2:1.

3.8. Pompe di alimento del fluido di lavoro

Le pompe di alimento del fluido di lavoro sono multistadio, orizzontali, ad azionamento elettrico.

3.9. Sistema di monitoraggio perdite e tenuta stagna del fluido di lavoro

L'impianto verrà realizzato con la maggior parte possibile di giunzioni saldate, in maniera da renderlo tecnicamente durevolmente stagno.

Tuttavia, poiché è impossibile evitare una trascurabile perdita nel corso degli anni (perdita fisiologica), è previsto, comunque, un sistema di controllo continuo della tenuta stagna, in modo da controllare eventuali fuoriuscite di fluido di lavoro causate da possibili anomalie. Tale sistema è in grado di monitorare tutti i giunti flangiati all'interno del ciclo del fluido organico che potrebbero trovarsi a una pressione superiore a quella atmosferica (considerando tutte le possibili condizioni di esercizio).

In presenza di parti rotanti (es. turbina, pompe), la tenuta del fluido di lavoro si effettua attraverso una doppia tenuta meccanica rotante con fluido barriera (olio) pressurizzato, mantenuto durante tutti i regimi di funzionamento a una pressione superiore a quella del fluido di lavoro.

In caso di perdite di fluido organico, il sistema rileva le fuoriuscite immediatamente e blocca l'impianto automaticamente.

È stato inoltre implementato un sistema che consente di sigillare la turbina nelle fasi di manutenzione in maniera tale da scongiurare uscite di fluido in atmosfera.

In aggiunta a quanto sopra è previsto, in fase di manutenzione periodica (1 anno), lo svuotamento integrale del ciclo chiuso (con stoccaggio temporaneo del fluido nel serbatoio di servizio) e la verifica di tutte le sue componenti. A valle di tale verifica è previsto il riutilizzo integrale del fluido stoccato, salvo eventuali problemi riscontrati all'atto dello stoccaggio stesso e con eventuale reintegro del fluido mancante.

3.10. Supporti

La dotazione comprende cuscinetti di appoggio delle parti rotanti anti-vibrazione; durante il calcolo dinamico del basamento vanno tuttavia prese in considerazione vibrazioni nell'intervallo di 50÷100 Hz.

3.11. Isolamento termico

Tutte le parti dell'impianto che necessitano di isolamento termico sono isolate con lana di roccia rivestita con un involucro di alluminio. Lo spessore dell'isolamento dipende dalle temperature dei diversi componenti del sistema e dev'essere mantenuto in un intervallo compreso tra 80 e 120 mm.

Per motivi legati alla sicurezza, al termine del lavoro di isolamento la temperatura della superficie sarà mantenuta inferiore a 60°C.

3.12. Sistema di aria compressa

Per l'attuazione dei sistemi pneumatici è prevista l'installazione di un sistema di produzione aria compressa a circa 7 bar.

3.13. Quadri elettrici di impianto

La progettazione esecutiva dei quadri elettrici seguirà la normativa vigente CEI in materia. I quadri elettrici includono:

- Interruttore di parallelo alla rete (dotato di controllo di sovracorrente)
- Protezioni del generatore
- Interruttori
- Controllo elettronico di velocità della turbina
- Controllo elettro-meccanico di velocità della turbina
- Turbina, generatore elettrico, controllo delle vibrazioni delle pompe di alimento
- Controllo dell'eccesso di pressione
- Controllo di fase degli ausiliari
- Analizzatore di rete

3.14. Controllo e regolazione dell'impianto ORC

Il funzionamento dell'impianto ORC è controllato automaticamente mediante un PLC che adatta automaticamente il funzionamento del ciclo alle varie condizioni (eventuali cambiamenti di temperatura e/o portata dell'acqua geotermica e della temperatura ambiente). Il PLC è basato su Siemens *Simatic S7/400* o *PCS7*.

L'impianto ORC è dotato di misuratori dell'energia elettrica e della potenza in modo tale da quantificare l'energia lorda in uscita dal generatore elettrico, nonché il consumo di elettricità dell'intero impianto ORC.

3.15. Controllo remoto

Il controllo remoto dell'impianto è previsto tramite una linea ADSL con indirizzo IP fisso, da fornirsi da parte di Geoelectric.

3.16. Sistema di visualizzazione ed acquisizione dei dati dell'unità ORC

Un sistema SCADA per l'unità ORC misura e controlla tutte le variabili rilevanti (temperature, pressioni, portate, vibrazioni, ecc.) del processo dal punto di vista geotermico e dell'ORC, così da assicurare un funzionamento continuo, sicuro e ottimizzato.

Ogni eventuale malfunzionamento viene registrato unitamente all'orario in cui l'evento si è generato e gestito tempestivamente in remoto.

3.17. UPS – Gruppo statico di continuità

Per assicurare la protezione del personale e dei componenti dell'ORC è prevista l'installazione di un gruppo statico di continuità (UPS) a due uscite (230 V - monofase e 400 V – trifase).

Il gruppo statico di continuità fornisce elettricità ai seguenti sistemi:

- centralina di lubrificazione
- sistema di controllo dell'unità ORC
- sistema di visualizzazione e acquisizione dei dati dell'unità

L'energia per il gruppo statico di continuità è indicata nello schema unifilare allegato.

3.18. By-pass

L'unità ORC necessita di un circuito di by-pass in grado di scaricare la portata geotermica (potenzialmente alla temperatura nominale di ~165 °C) direttamente nel pozzo di reiniezione in caso di riduzione parziale o totale della capacità dell'ORC come conseguenza, ad esempio, di uno spegnimento dello stesso, o durante le procedure di messa in funzione dell'impianto (fase di riscaldamento).

Questo circuito di by-pass permette, inoltre, di evitare un danneggiamento precoce degli scambiatori di calore provocato da uno shock termico. Il by-pass dell'ORC è realizzato tramite valvole ad azionamento automatico.

4. INTERFACCE

4.1. Interfacce di processo

Qui di seguito si riporta l'elenco dei principali punti d'interfaccia dell'impianto:

- Condotta in ingresso in cui viene convogliata la portata dai pozzi di produzione
- Condotta in cui viene convogliata la portata in uscita dall'impianto destinata ai pozzi di re-iniezione
- Interfaccia per connessione ADSL
- Interfaccia all'interruttore di media tensione presso il punto di prelievo alla sottostazione elettrica.

4.2. Interfacce elettriche

Nell'impianto in progetto esistono due tipi di interfacce elettriche: software e hardware. Le prime sono essenzialmente i segnali elettrici da e verso i PLC del turbogeneratore ORC; le seconde sono cavi e dispositivi per collegare i quadri dell'ORC con la rete elettrica e l'unità di controllo superiore.

I collegamenti dei cavi e l'elenco dei segnali verso/dal turbogeneratore saranno indicati in un'apposita specifica tecnica che sarà prodotta in fase di progettazione esecutiva.

5. BILANCI DI MASSA E DI ENERGIA

5.1. Bilanci energetici

(Int.ref 14-J-93-rev.1)

Potenza termica in ingresso	~ 64 MWt
Potenza elettrica ai morsetti del generatore	8.150 kWe
Potenza dissipata dal condensatore ad aria (ACC)	~ 56 MWt
Rendimento lordo	13,1 %
Rendimento netto (tenuto conto di pompe e autoconsumi)	7,8%

5.2. Fluido di lavoro

Il fluido di lavoro previsto è l'idrocarburo isobutano, di comprovata efficienza in applicazioni simili, scelto per le seguenti caratteristiche:

- Proprietà termodinamiche favorevoli, che consentono un elevato livello di efficienza del ciclo (immissione di calore alle temperature corrette, assenza di degradabilità ai livelli imposti di pressione e temperatura, espansione priva di condensa, adeguato salto entalpico della turbina)
- Eco-compatibilità, bassa tossicità.

In Allegato A è riportata la scheda di sicurezza dell'isobutano ("GE-B-A-62-rev.0 - Scheda sicurezza isobutano").

La quantità di fluido utilizzata in fase di esercizio è stimata pari a circa 110 m³ (volume del fluido quando stoccato nel serbatoio, ossia in condizione di saturazione a circa 20°C).

5.3. Rifiuti prodotti

Quantità e classi merceologiche dei rifiuti prodotti durante la normale attività dell'impianto sono indicati nell'Allegato C "15-A-107-rev.0 - Ciclo di vita dei rifiuti".

6. PRESTAZIONI AMBIENTALI

6.1. Emissioni sonore

Le sorgenti principali di emissioni sonore e i relativi livelli di potenza alla sorgente (PWL) emessi sono:

- turbina: 85dB;
- generatore: 85dB;
- condensatori ad aria: 105dB.

6.2. Emissioni in atmosfera

L'impianto non prevede alcuna emissione in atmosfera. E' inoltre garantita, come visto nel par.3.9, l'irrelevanza di eventuali emissioni fuggitive.

7. ASPETTI OPERATIVI

7.1. Cronoprogramma

Il tempo di produzione dell'impianto è stimato in circa 10 mesi. A tali tempi si aggiungono circa 7 mesi per la realizzazione e l'assemblaggio dell'impianto sul cantiere (opere civili escluse). Dopo 2 mesi di attività di commissioning (avviamento), la macchina sarà pronta a erogare energia elettrica in rete.

In allegato è riportato il cronoprogramma (Allegato B - "13-A-238-rev.1 - Gantt di progetto").

7.2. Cantiere

Durante tutto lo svolgimento del cantiere saranno operative le seguenti aree:

- Spazi di montaggio: oltre alla sala ORC ci sarà una zona di saldatura.
- Spazi per container uso ufficio: saranno presenti almeno un paio di container doppi per il personale Turboden.
- Spazi per magazzino e stoccaggio materiale: ci sarà un'area, facilmente raggiungibile dal cantiere, per lo stoccaggio del materiale (il materiale dovrà essere protetto dalle intemperie)

Le aree saranno servite da energia elettrica, acqua e collegamento internet.

Saranno anche presenti i seguenti mezzi:

- una gru da Min 200t - Max 250t per posizionamento ACC e scambiatori (dimensioni circa 10 m larghezza, 20 m lunghezza)
- 2 mezzi di sollevamento tipo muletto, con braccio telescopico.
- un paio di ceste elevabili ad un'altezza min di 10 mt.

7.3. Controllo e blocco dell'ORC

Il funzionamento dell'impianto ORC sarà controllato automaticamente mediante un PLC che adatta automaticamente il funzionamento del ciclo alle varie condizioni (eventuali cambiamenti di temperatura e/o portata dell'acqua geotermica e della temperatura ambiente).

Soggetto: Progetto pilota "Scarfoglio" - Relazione tecnica descrittiva impianto geotermoelettrico

I dati di funzionamento interni ed esterni saranno misurati e acquisiti in modo continuo. L'impianto sarà immediatamente e automaticamente bloccato quando i dati esterni (ad es. rete elettrica non disponibile, ecc.) o interni (ad es. alta pressione nei condensatori, eccesso di velocità della turbina, ecc.) si troveranno al di fuori dell'intervallo consentito.

Lo spegnimento automatico dell'impianto in caso di malfunzionamento sarà inoltre assicurato da un monitoraggio indipendente dei parametri pertinenti attraverso dei sistemi dedicati quali il Protex per la protezione della turbina (monitoraggio vibrazioni, sovra-velocità, etc.) e il sistema Pluto (Siemens) come protezione di tutto l'impianto (sovra-pressioni, sovra-temperature, errori nel posizionamento valvole, etc.). Il controllo macchina è quindi sempre garantito, anche in caso di malfunzionamento del PLC.

8. ALLEGATI

- Allegato A - "GE-B-A-62 – rev.0 - Scheda sicurezza isobutano"
- Allegato B - "13-A-238-rev.1 - Gantt di progetto"
- Allegato C - "15-A-107-rev.0 - Ciclo di vita dei rifiuti"

- Tavola 1 - "14-ENG.ILY-19-rev.2 - Layout ORC"
- Tavola 2 - "15-ENG.PPIS-2-rev.0 – Schema semplificato P&I"
- Tavola 3 - "15-ENG.ESLD-5-rev.0 – Schema unifilare"