



Ricerca di Sistema elettrico

## Attività di sviluppo dell'assetto EGR in una micro-turbina a gas Turbec T100

G. Messina, C. Stringola, E. Giulietti, A. Assettati, R. Lo Presti, M. Nobili

## ATTIVITÀ DI SVILUPPO DELL'ASSETTO EGR IN UNA MICRO-TURBINA A GAS TURBEC T100

G. Messina, C. Stringola, E. Giulietti, A. Assettati, R. Lo Presti, M. Nobili

ENEA

Settembre 2017

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2016

Area: Generazione di energia elettrica a basse emissioni di carbonio

Progetto B.2 Polo Tecnologico del SULCIS: Tecnologie e Metodologie "Low Carbon" e Edifici a Energia Quasi Zero (nZEB)

Obiettivo: Parte A - a.1 Cicli turbogas EGR

Task a.1.1 - Implementazione dell'assetto EGR-STEP1 sull'impianto AGATUR

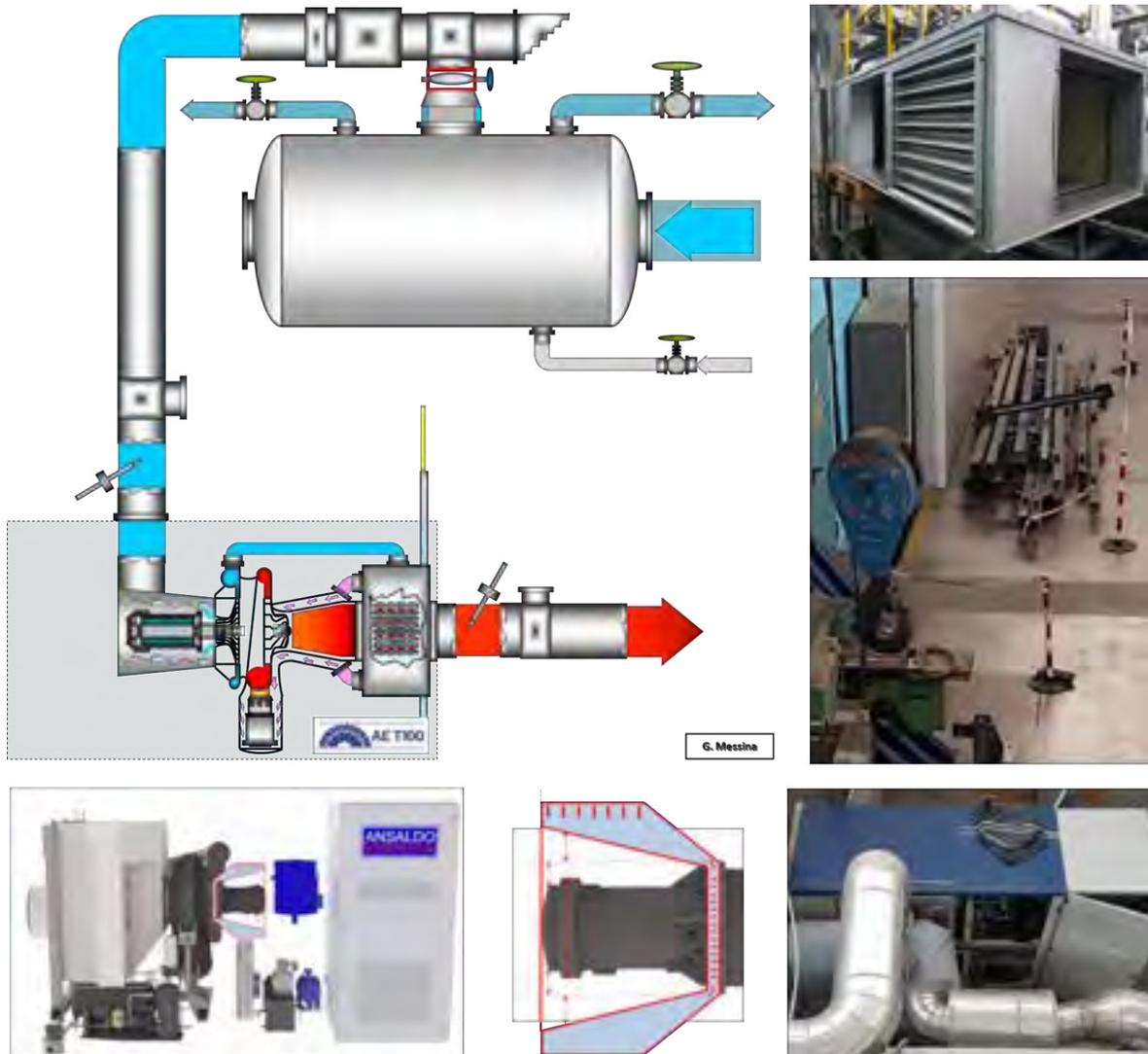
Responsabile del Progetto: Dott.ssa Franca Rita Picchia, ENEA

## Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 IMPLEMENTAZIONE DELL'ASSETTO EGR SULLA $\mu$ GT TURBEC T100.....	6
2.1 AIR INTAKE.....	7
2.2 TEE DI COLLEGAMENTO AL VESSEL.....	7
2.3 AIR/GAS DAMPER.....	7
2.4 AIR/GAS HEATER.....	8
2.5 ALLOGGIAMENTO PRE-FILTRO E PRE-FILTRO.....	9
2.6 ALLOGGIAMENTO FILTRO PRIMARIO E FILTRO PRIMARIO.....	10
2.7 TEE DI UNIONE CON LOOP EGR.....	11
2.8 BOCCELLO Sonda ANALISI "GAS INLET".....	12
2.9 COLLETTORE DI ASPIRAZIONE DELLA $\mu$ GT.....	12
2.10 BOCCELLO Sonda ANALISI "GAS OUTLET".....	14
3 PREDISPOSIZIONE DEL SITO DI INSTALLAZIONE E DELLA $\mu$ GT TURBEC T100.....	15
4 REVAMPING DEL SISTEMA DI CONTROLLO IN AMBIENTE EURO THERM.....	15
4.1 ALLINEAMENTO DEI TAG (PUNTI DI I/O DI IMPIANTO) TRA "LINTOOLS" E "PROJECT ORGANIZER".....	17
4.2 CONFIGURAZIONE E SVILUPPO MODBUS RTU/TCP CON L'AUSILIO DI PLC/PAC.....	17
4.3 IMPLEMENTAZIONE GRAFICA CON "WINDOWS MAKER" DELLA/E PAGINA/E MODBUS DELLA MICRO-TURBINA.....	21
5 CONCLUSIONI.....	22

## Sommario

L'impianto AGATUR in dotazione al laboratorio IPSE dell'ENEA è finalizzato alla dimostrazione delle potenzialità dei cicli turbogas in assetto EGR (Exhaust gas Recirculation). L'implementazione dell'assetto EGR sulla  $\mu$ GT Turbec T100 in dotazione, ha comportato la progettazione della linea di aspirazione in tutti i suoi componenti ed ha richiesto, tra l'altro, il re-design del collettore di aspirazione della  $\mu$ GT per la separazione del fluido di lavoro aspirato dalla macchina dal flusso di raffreddamento e il riposizionamento in linea delle sezioni di filtraggio. Sono state portate a termine le attività di predisposizione del sito d'installazione dei nuovi componenti e di recupero dei semilavorati di carpenteria metallica necessari alla realizzazione della struttura di supporto della linea di aspirazione. Quest'ultima attività ha comportato una sensibile riduzione dei materiali necessari al *commissioning* dell'impianto. Hanno avuto inizio le modifiche impiantistiche alla  $\mu$ GT, dalla quale è stata asportata la sezione di filtraggio standard per la successiva connessione diretta con linea di aspirazione in corso di realizzazione. La strategia di controllo per l'emulazione dell'assetto EGR è stata modellata mediante il simulatore dinamico della  $\mu$ GT Turbec T100 realizzato e validato nelle annualità precedenti. E' stata impostata l'architettura di controllo per la gestione delle linee di alimentazione dell'aria di processo e della CO<sub>2</sub> al vessel. A tal fine è in corso di implementazione il nuovo modello di controllo in ambiente Eurotherm, le cui sequenze gestiranno la composizione, la pressione e la portata massica della miscela aria/CO<sub>2</sub> in uscita dal vessel verso la  $\mu$ GT.



**Figura 1.** Sintesi grafica delle attività di progettazione e implementazione dell'assetto EGR sulla  $\mu$ GT Turbec T100 in dotazione all'ENEA.

## 1 Introduzione

L'impianto AGATUR in dotazione al laboratorio IPSE dell'ENEA è finalizzato alla dimostrazione delle potenzialità dei cicli turbogas in assetto EGR (Exhaust gas Recirculation). Per una maggiore aderenza alle strategie definite dal MiSE nel corso del piano triennale, successivamente delineate nel recente documento di consultazione della SEN<sup>1</sup>, sono state revisionate le specifiche di progettazione a livello di sistema, con un significativo mutamento del target operativo dell'impianto che risulta più decisamente orientato verso la dimostrazione della flessibilità operativa, pur mantenendo la sua vocazione "capture ready". L'assetto operativo individuato consentirà di valutare l'applicazione della tecnologia EGR ai turbogas in tutti i suoi aspetti, dalla riduzione delle emissioni di NOx all'incremento della flessibilità operativa ed alla riduzione del minimo tecnico ambientale. Alla luce delle nuove specifiche, nel corso dell'annualità è stata avviata la progettazione esecutiva per l'emulazione dell'assetto EGR, arrivando ad una prima definizione progettuale utile all'avvio dell'attività realizzativa prevista nella prossima annualità. Congiuntamente, sono state effettuate le lavorazioni per l'adeguamento del sito e della micro-turbina necessarie per l'installazione dei nuovi componenti di impianto. Sono inoltre iniziate le attività connesse con lo sviluppo del sistema di controllo per la gestione operativa della sezione di impianto necessaria all'emulazione dell'assetto EGR, iniziando con la revisione del sistema di controllo EURO THERM pre-esistente.

---

<sup>1</sup> Strategia Energetica Nazionale

## 2 Implementazione dell'assetto EGR sulla $\mu$ GT Turbec T100

L'implementazione dell'assetto EGR sull'impianto AGATUR, prevede la realizzazione di una nuova linea di aspirazione della  $\mu$ GT in grado di modificare l'involucro operativo della macchina ed emulare le condizioni termo-fluidodinamiche relative all'esercizio della turbina a gas in assetto EGR. La nuova linea di aspirazione consentirà di esercire la turbina a gas sia in condizioni operative standard sia, grazie alla connessione al vessel, in condizioni che emulano il ricircolo dei gas di scarico verso l'aspirazione. Nello specifico, il vessel verrà utilizzato per la creazione della miscela gassosa aria/CO<sub>2</sub> che riproduce la composizione degli esausti della turbina a gas riciclati verso l'aspirazione. Il vessel potrà essere isolato dalla linea di aspirazione mediante una specifica valvola (air/gas damper) e, in tal modo, consentire l'avviamento e l'esercizio standard della turbina a gas. Viceversa, quando il vessel e la linea di aspirazione saranno connessi, la graduale chiusura della serranda di aspirazione dell'aria ambiente consentirà l'alimentazione della  $\mu$ GT con una miscela gassosa di composizione controllata in grado di emulare diverse percentuali di ricircolo dei gas di scarico. Nelle pagine seguenti verranno descritte nel dettaglio le sezioni e i componenti della nuova linea di alimentazione secondo la numerazione di Figura 2.

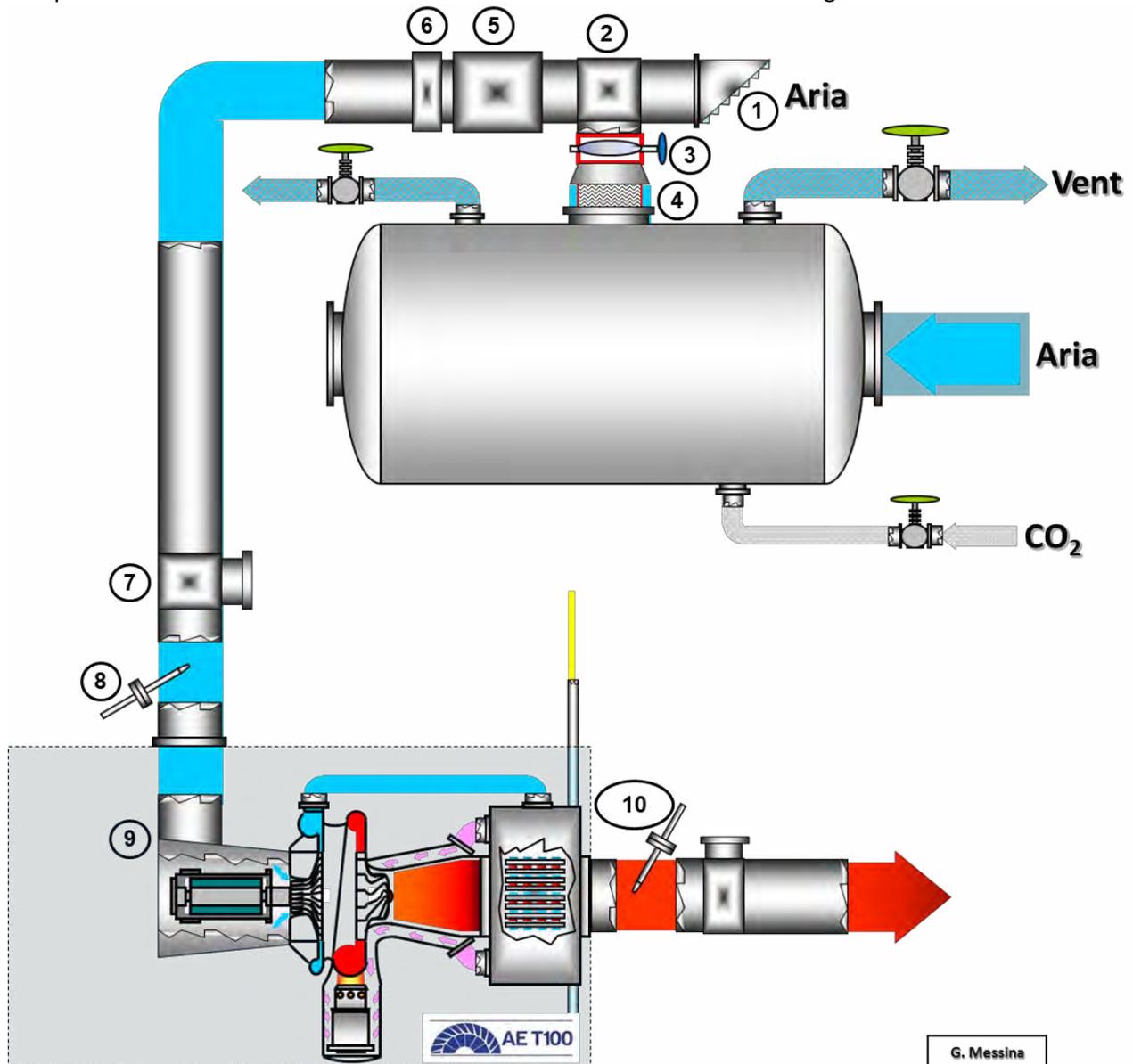


Figura 2. Layout dell'impianto AGATUR in assetto EGR.

## 2.1 Air intake

L'air intake della turbina a gas sarà dotato di serranda regolabile fino a chiusura completa con azionamento manuale. La sezione di alloggiamento della serranda, usualmente rettangolare, sarà alloggiata in un componente di raccordo ben avviato con la sezione circolare del condotto di aspirazione.

**Tabella 1. Dati di riferimento Air intake.**

Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Potenza (kW) min - max	Coibentazione
Aria ambiente	0.35 - 0.80	15.00 - 40.00	1.00 - 1.10	N.D.	NO

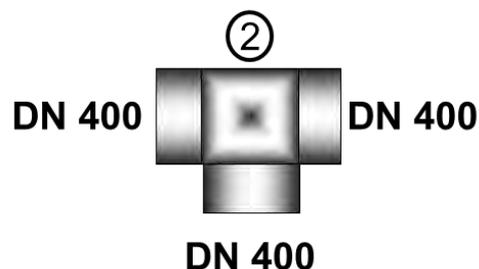


## 2.2 TEE di collegamento al vessel

Il TEE di collegamento al vessel agisce quale adduttore del fluido di lavoro della turbina a gas creato artificialmente nel vessel, verso il tronco del condotto di aspirazione che precede le camere filtri. La miscela gassosa proveniente dal vessel è composta essenzialmente da aria con proporzioni variabili di CO<sub>2</sub>.

**Tabella 2. Dati di riferimento TEE di collegamento al vessel.**

Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Potenza (kW) min - max	Coibentazione
Aria	0.35 - 0.80	15.00 - 70.00	1.00 - 1.10	N.D.	SI Spessore e materiale idoneo per evitare la formazione di condensa.
Aria + CO <sub>2</sub>	0.35 - 0.80				
CO <sub>2</sub>	0.00 - 0.10				



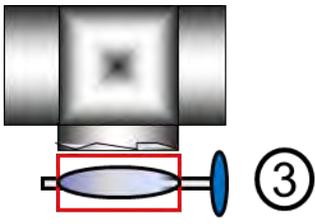
## 2.3 Air/gas damper

Il gas damper agisce come organo di disconnessione fluidodinamica tra il condotto di aspirazione della turbina a gas e il tronco di adduzione della miscela gassosa proveniente dal vessel. L'azionamento sarà remotizzato con funzionamento tipico di una valvola ON/OFF.

**Tabella 3. Dati di riferimento Air/gas damper.**

Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Potenza (kW) min - max	Coibentazione
Aria Aria + CO <sub>2</sub> Contenuto CO <sub>2</sub> nel MIX	0.35 - 0.80 0.35 - 0.80 0.00 - 0.10	15.00 – 70.00	1.00 – 1.10	N.D.	SI Spessore e materiale idoneo per evitare la formazione di condensa.



**DN 400**

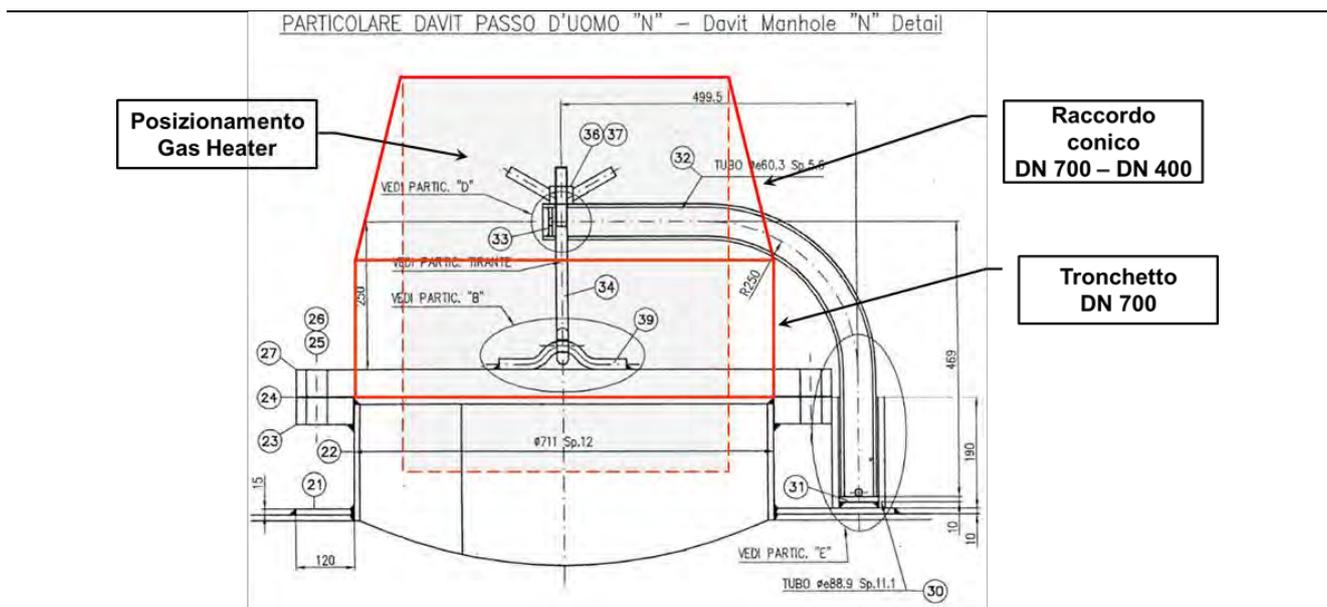
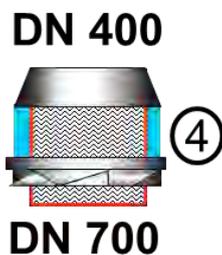


## 2.4 Air/gas heater

Il gas heater è finalizzato al riscaldamento del fluido di lavoro per valutare la performance della turbina a gas in condizioni di esercizio gravose. Il componente sarà costituito da una o più batterie elettriche scaldanti attraversate direttamente dall'aria/gas di processo e sarà in grado di creare un flusso a temperatura controllata. Di norma le batterie elettriche scaldanti possono essere realizzate ad elementi alettati, per favorire lo scambio termico, o ad elementi lisci, più adatti al trattamento di correnti con particelle in sospensione. Considerata la probabile formazione di polveri provenienti dall'intonaco coibente del vessel, sono state privilegiate le soluzioni progettuali ad elementi lisci. Il settaggio dei parametri di controllo sarà effettuato in remoto mediante protocollo di comunicazione Modbus. Per il posizionamento del gas heater sono state valutate soluzioni che prevedono l'alloggiamento del componente a ridosso della flangia di accoppiamento tra il vessel e il tronco di adduzione della miscela gassosa proveniente dal vessel verso la linea di aspirazione della turbina a gas. Nello specifico è stata valutata la possibilità di comporre il tronco di adduzione con un elemento rettilineo DN 700, seguito da un raccordo conico di avviamento al diametro DN 400. In tal modo il gas heater potrebbe essere collocato nel plenum formato dal tratto di condotto DN 700, orientando l'ingombro del componente verso la parte interna del vessel e supportandolo meccanicamente mediante una piastra imbullonata alla flangia del passo d'uomo. Sulla base di considerazioni volte a privilegiare il corretto passaggio del fluido attraverso le batterie scaldanti, la piastra di supporto del gas heater potrà essere realizzata come una corona circolare di spessore adeguato a supportare il peso del gas heater, con diametri interno ed esterno rispettivamente pari a DN 400 e DN 700. La corona circolare potrà essere forata per ricavare passaggi di dimensioni opportune e consentire il passaggio del flusso dal tronco rettilineo DN 700 al tronco conico. In alternativa la piastra potrebbe essere realizzata senza fori di passaggio. In questo ultimo caso potrebbe essere evitata l'installazione del raccordo conico e la stessa piastra agirebbe come elemento di riduzione del diametro. Dal confronto con il fornitore del componente scaturirà la soluzione progettuale più adatta tra quelle valutate.

**Tabella 4.** Dati di riferimento Air/gas heater.

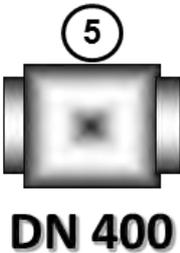
Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Potenza (kW) min - max	Coibentazione
Aria	0.35 - 0.80	15.00 – 70.00	1.00 – 1.10	0.00 – 10.00	SI
Aria + CO <sub>2</sub>	0.35 - 0.80				Spessore e materiale idoneo per evitare la formazione di condensa.
Contenuto CO <sub>2</sub> nel MIX	0.00 - 0.10				



## 2.5 Alloggiamento pre-filtro e pre-filtro

A seconda dell'utilizzo che ne viene fatto i filtri possono essere installati in banchi singoli oppure in banchi multipli in serie tra di loro. Quando i banchi in serie sono due o più di due costituiscono un treno filtrante. Questo tipo di installazione viene realizzato allo scopo di proteggere in modo adeguato il filtro a valle, generalmente più costoso, di quello che precede, in modo da garantirgli una maggiore vita operativa. Il pre-filtro ha la funzione di eseguire il filtraggio grossolano dell'aria aspirata dalla turbina a gas a protezione dei filtri installati a valle. L'alloggiamento del pre-filtro sarà realizzato con l'obiettivo primario di alloggiare gli elementi filtranti secondo le specifiche di questi ultimi privilegiando la soluzione progettuale che garantisce la facile rimozione e sostituzione degli stessi. L'alloggiamento del filtro sarà predisposto per l'installazione di sensore di misura della pressione differenziale finalizzato alla rilevazione della perdita di carico dell'elemento filtrante.

**Tabella 5. Dati di riferimento dell'alloggiamento del pre-filtro e del pre-filtro.**

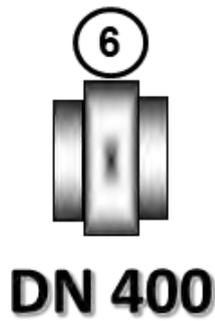
Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Classificazione filtro	Coibentazione
Aria Aria + CO <sub>2</sub> Contenuto CO <sub>2</sub> nel MIX	0.35 - 0.8 0.35 - 0.8 0.00 - 0.1	15.00 – 70.00	1.00 – 1.10	G3 Perdita di carico filtro pulito < 50 Pa Max Perdita di carico finale < 190 Pa Resistenza 100% umidità relativa	SI Spessore e materiale idoneo per evitare la formazione di condensa.
					

## 2.6 Alloggiamento filtro primario e filtro primario

Il filtro primario agisce come sezione finale di filtraggio e garantisce le condizioni di pulizia del fluido di lavoro richieste dalla turbina a gas. L'alloggiamento del filtro primario sarà realizzato con l'obiettivo primario di alloggiare gli elementi filtranti secondo le specifiche di questi ultimi privilegiando la soluzione progettuale che garantisce la facile rimozione e sostituzione degli stessi. L'alloggiamento del filtro sarà predisposto per l'installazione di sensore di misura della pressione differenziale finalizzato alla rilevazione della perdita di carico dell'elemento filtrante.

**Tabella 6. Dati di riferimento dell'alloggiamento del filtro primario e del filtro primario.**

Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Classificazione filtro	Coibentazione
Aria Aria + CO <sub>2</sub> Contenuto CO <sub>2</sub> nel MIX	0.35 - 0.8 0.35 - 0.8 0.00 - 0.1	15.00 – 70.00	1.00 – 1.10	F9 Perdita di carico filtro pulito < 120 Pa Max Perdita di carico finale < 450 Pa Resistenza 100% umidità relativa	SI Spessore e materiale idoneo per evitare la formazione di condensa.

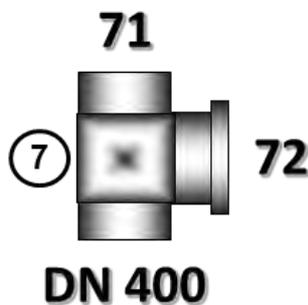


### 2.7 TEE di unione con loop EGR

Il TEE di unione con il loop EGR agisce quale adduttore della porzione dei gas di scarico della turbina a gas riciccolati verso l'aspirazione. L'installazione del componente in questa fase è da considerarsi come predisposizione alla successiva realizzazione del loop e sarà pertanto dotato di flangia cieca sul ramo di collegamento con il loop EGR.

**Tabella 7. Dati di riferimento del TEE di unione con loop EGR.**

Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Potenza (kW) min - max	Coibentazione
Ramo 71					SI Spessore e materiale idoneo per evitare la formazione di condensa.
Aria	0.35 - 0.80	15.00 - 70.00	1.00 - 1.10	N.D.	
Aria + CO <sub>2</sub> Contenuto CO <sub>2</sub> nel MIX	0.35 - 0.80 0.00 - 0.10				
Ramo 72					
Gas di scarico GT Contenuto CO <sub>2</sub> nel MIX	0.00 - 0.30 0.00 - 0.10	15.00 - 80.00	1.00 - 1.10	N.D.	



### 2.8 Bocchello sonda analisi "gas inlet"

Il tronco di tubazione della linea di aspirazione a ridosso della flangia di accoppiamento con la turbina a gas alloggerà il bocchello per l'installazione della sonda di analisi gas. Il bocchello sarà realizzato conformemente alle specifiche indicate dal fornitore del sistema di analisi gas.

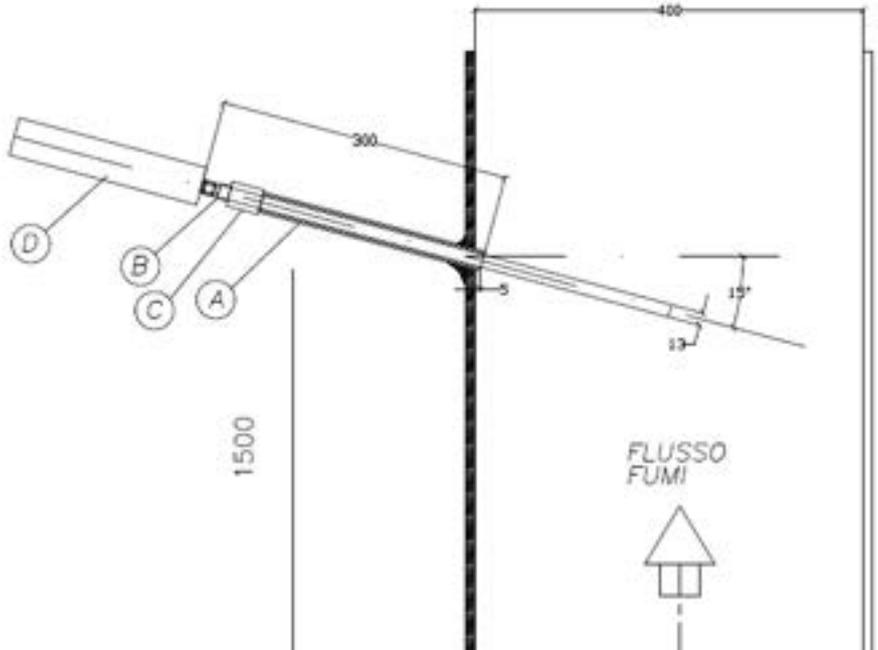
**Tabella 8.** Dati di riferimento del tronchetto con bocchello sonda analisi "gas inlet".

Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Potenza (kW) min - max	Coibentazione
Aria	0.35 - 0.80	15.00 – 75.00	1.00 – 1.10		
Aria + CO <sub>2</sub>	0.35 - 0.80				
CO <sub>2</sub>	0.00 - 0.10				



**DN 400**



*A: Tubo 1/2" sc40*  
*B: Raccordo passante 15mm"-1/2 NPT M*  
*C: Manicotto 1/2 NPT-F*  
*D: Sonda di prelievo-F*

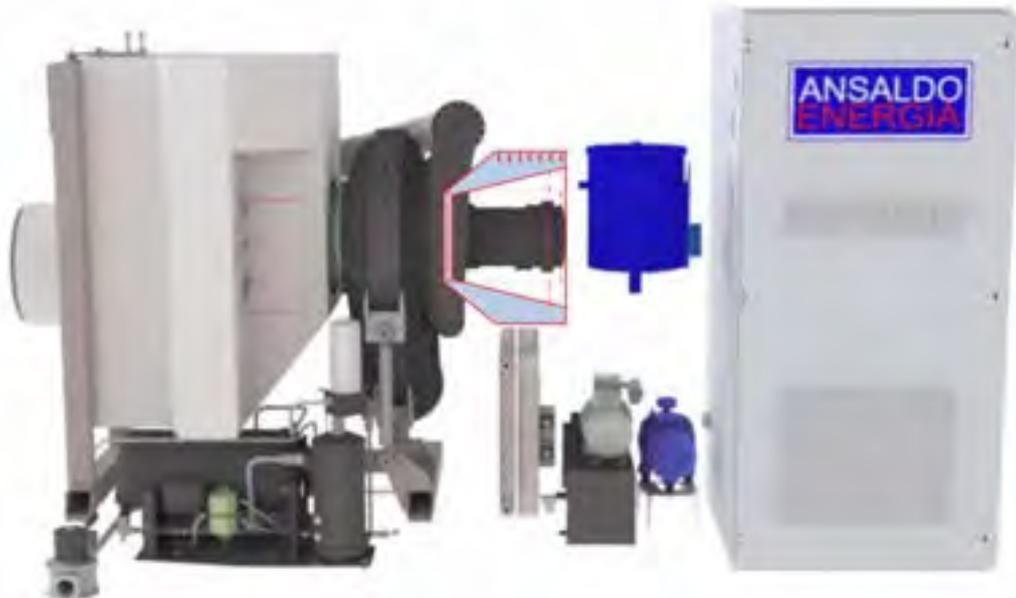
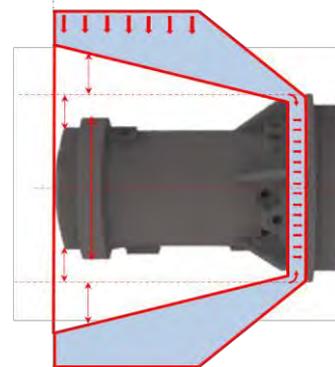
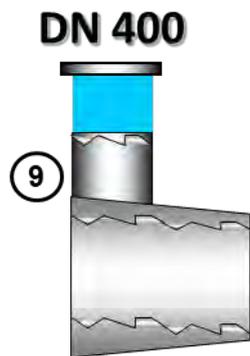
### 2.9 Collettore di aspirazione della $\mu$ GT

Nella configurazione standard della  $\mu$ GT Turbec T100, l'aspirazione del fluido di lavoro avviene direttamente dal cabinet a tenuta stagna che contiene l'intera macchina con tutti gli ausiliari, in quanto il fluido di lavoro (aria) è della stessa natura del fluido utilizzato per il raffreddamento degli ausiliari della  $\mu$ GT. L'implementazione dell'assetto EGR implica una diversa composizione chimica del fluido di lavoro rispetto al fluido di raffreddamento, pertanto, i due fluidi devono essere gestiti separatamente ciascuno per la sua funzione. Ciò implica la realizzazione di un collettore di aspirazione della  $\mu$ GT, con l'obiettivo di mantenere il fluido aspirato dal compressore stabilmente separato dal fluido di raffreddamento. Il collettore di aspirazione sarà realizzato in maniera tale da convogliare il fluido di lavoro verso la presa di aspirazione del compressore senza trafile e avrà una geometria in grado di conciliare i requisiti di buon avviamento fluidodinamico con gli ingombri dei numerosi componenti installati nella zona di

posizionamento del collettore. Le pareti del collettore saranno coibentate con uno spessore minimo di isolante ad alta efficienza.

**Tabella 9. Dati di riferimento collettore di aspirazione della  $\mu$ GT.**

Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar- a) min - max	Potenza (kW) min - max	Coibentazione
Aria	0.35 - 0.80	15.00 – 75.00	1.00 – 1.10		SI
Aria + CO <sub>2</sub>	0.35 - 0.80			N.D.	Materassino
CO <sub>2</sub>	0.00 - 0.10				Insulfrax 13 mm



### 2.10 Bocchello sonda analisi "gas outlet"

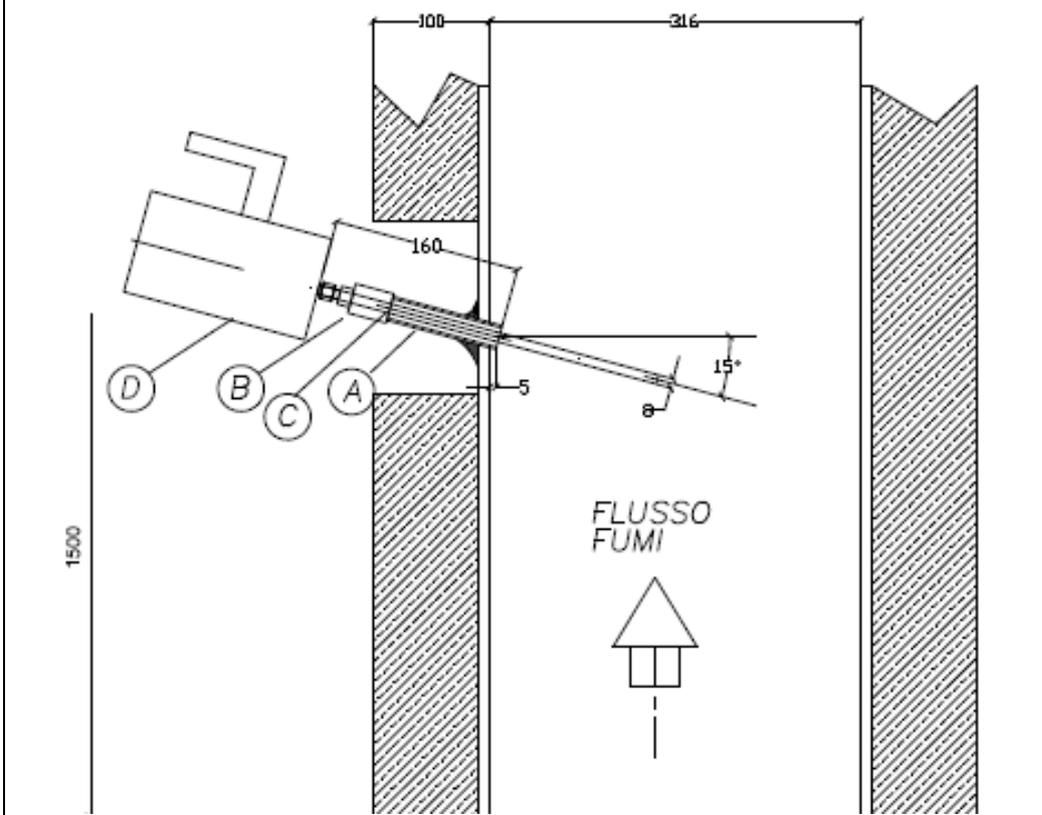
Il tronco di tubazione della linea di scarico a ridosso della flangia di accoppiamento con la turbina a gas alloggerà il bocchello per l'installazione della sonda di analisi gas. Il bocchello sarà realizzato conformemente alle specifiche indicate dal fornitore del sistema di analisi gas.

**Tabella 10.** Dati di riferimento del tronchetto con bocchello sonda analisi "gas outlet".

Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Potenza (kW) min - max	Coibentazione
Aria	0.35 - 0.80	150.00 – 325.00	1.00 – 1.10	N.D.	As built
Aria + CO <sub>2</sub>	0.35 - 0.80				
CO <sub>2</sub>	0.00 - 0.10				



**Di 319**



A: tubo 1/2" sc40  
 B: Raccordo passante 8mm-1/2 NPT M  
 C: Manicotto 1/2 NPT-F  
 D: Sonda di prelievo

### 3 Predisposizione del sito di installazione e della $\mu$ GT Turbec T100

Sono state portate a termine le attività di predisposizione del sito d'installazione dei nuovi componenti e di recupero dei semilavorati di carpenteria metallica necessari alla realizzazione della struttura di supporto della linea di aspirazione. Nello specifico sono state smontate e recuperate le strutture di sostegno di un precedente impianto alloggiato nella hall tecnologica che interferiva con la movimentazione dei materiali previsti per l'implementazione dell'assetto EGR. Quest'ultima attività ha comportato una sensibile riduzione dei materiali necessari al *commissioning* dell'impianto. Hanno avuto inizio le modifiche impiantistiche alla  $\mu$ GT, dalla quale è stata asportata la sezione di filtraggio standard per la successiva connessione diretta con linea di aspirazione in corso di realizzazione.



Figura 3. La  $\mu$ GT privata della camera filtri.



Figura 4. Collocamento in sicurezza della camera filtri della  $\mu$ GT.



Figura



Figura

### 4 Revamping del sistema di controllo in ambiente Eurotherm

La strategia di controllo per l'emulazione dell'assetto EGR è stata modellata mediante il simulatore dinamico della  $\mu$ GT Turbec T100 realizzato e validato nelle annualità precedenti. E' stata impostata l'architettura di controllo per la gestione delle linee di alimentazione dell'aria di processo e della  $CO_2$  al vessel. A tal fine è in corso di implementazione il nuovo modello di controllo in ambiente Eurotherm, le cui

sequenze gestiranno la composizione, la pressione e la portata massica della miscela aria/CO<sub>2</sub> in uscita dal vessel verso la  $\mu$ GT. Nello specifico si è proseguito con l'aggiornamento dell'attuale applicazione del sistema di controllo basato sull'ambiente *Eurotherm*, che sarà progressivamente adattato ai nuovi vincoli operativi. L'architettura hardware del sistema di controllo è costituita da:

- 1 PC di sviluppo SRV2 (Server DS);
- 1 PC operatore SRV1 (Server OP);
- 4 PLC/PAC T2550: Eln 10 (20A1), Eln 14 (60A1), Eln 12 (40A1), Eln 16 (80A1).

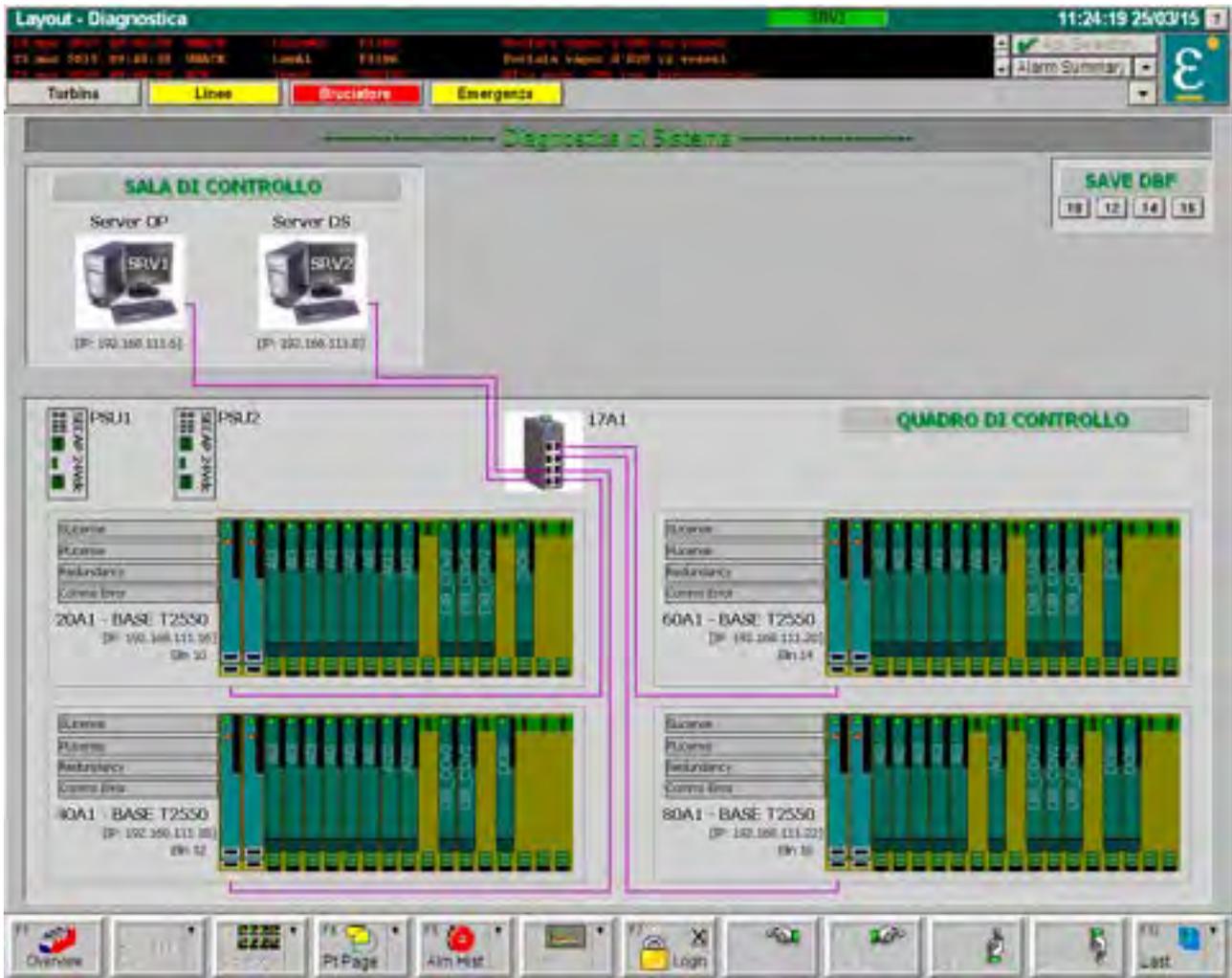


Figura 7: Configurazione della rete del sistema di controllo dell'impianto AGATUR.

Durante questa annualità è stato eseguito l'allineamento dei TAG di impianto (commenti, HR --> High Range, LR --> Low Range, etc) tra "LINTools" e "Project Organizer" che costituiscono i moduli software di sviluppo della suite Eurotherm. E' stata eseguita la configurazione e lo sviluppo del modulo Modbus<sup>2</sup> seriale RTU (Unità Terminale Remota) con l'ausilio di PLC/PAC (Programmable Logic Controller; Programmable Automation Controller). E' stata implementata con "Windows Maker" l'interfaccia grafica per la comunicazione Modbus e la gestione di base della  $\mu$ GT.

<sup>2</sup> Protocollo industriale di scambio dati.

#### 4.1 Allineamento dei TAG (punti di I/O di impianto) tra “LINtools” e “Project Organizer”

Sono state controllate e riallineate le impostazioni (tipo di segnale, range, etc.) dei TAG tra i moduli “LINtools” e “Project Organizer”. Le impostazioni effettuate su “LINtools” sono state successivamente verificate su “Project Organizer” allineando i commenti con le descrizioni.

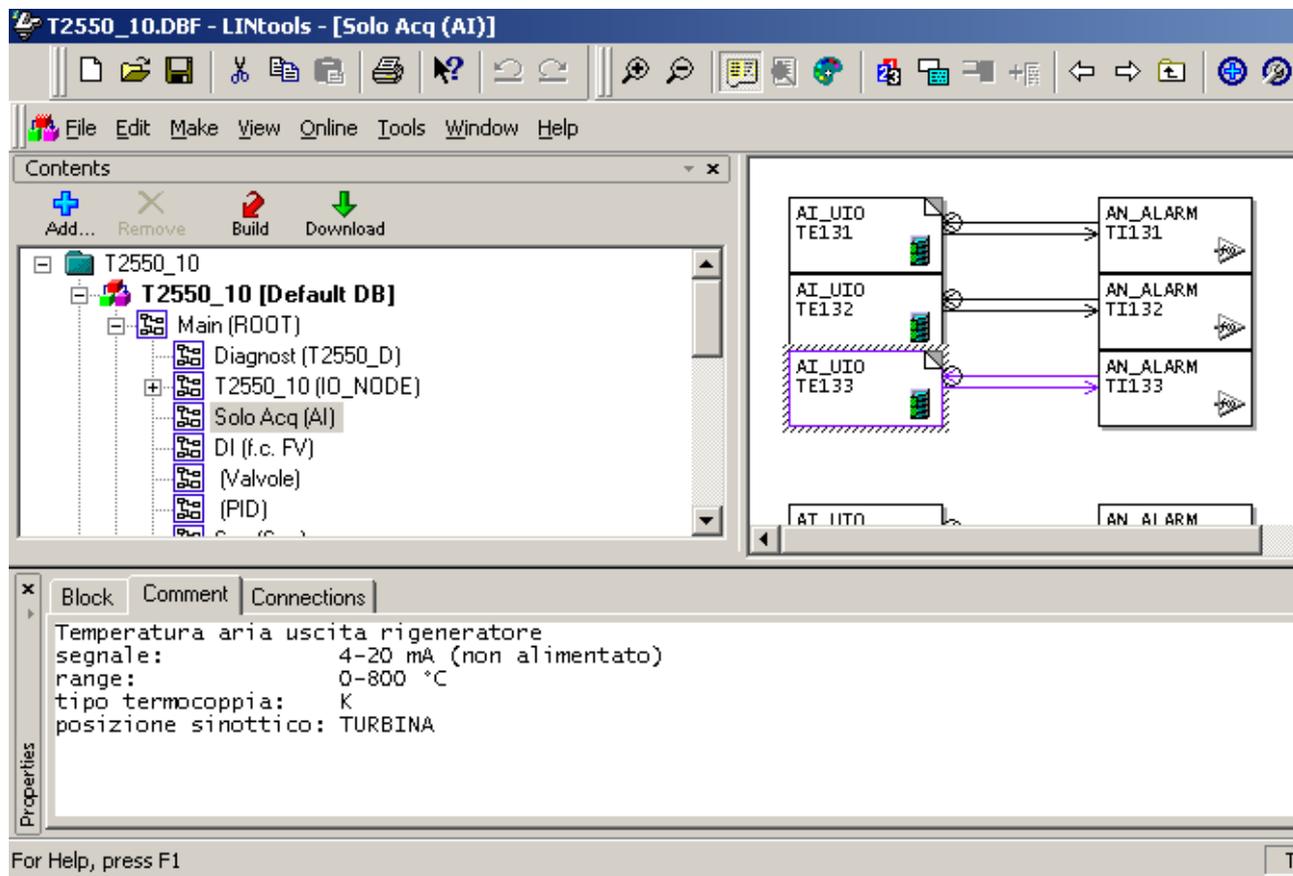


Figura 8: Impostazioni e commento dei TAG su “LINtools”.

#### 4.2 Configurazione e sviluppo Modbus RTU/TCP con l'ausilio di PLC/PAC

La configurazione precedente a questa revisione del sistema di controllo non prevedeva il collegamento Modbus tra un PLC/PAC e la  $\mu$ GT, pertanto si è provveduto alla realizzazione hardware e software dell'interfaccia di collegamento ed al relativo puntamento dei TAG di seguito indicati:

- inserimento dei Gateway MODBUS GW\_CON (Gateway per la connessione) e GW\_TBL (Gateway tabella TAG);
- realizzazione fisica del collegamento Modbus seriale, tra un PLC/PAC e la microturbina Turbec, Turbec T100, configurazione del software di collegamento e dei parametri e relativa verifica funzionale;
- puntamento delle variabili della  $\mu$ GT sui relativi registri Modbus, e loro scalatura DP (Decimal Point).

Una volta effettuato il collegamento fisico tra il PLC/PAC T2550\_10 e la turbina, è stato eseguito il collegamento SW e la relativa configurazione come in Figura 9.

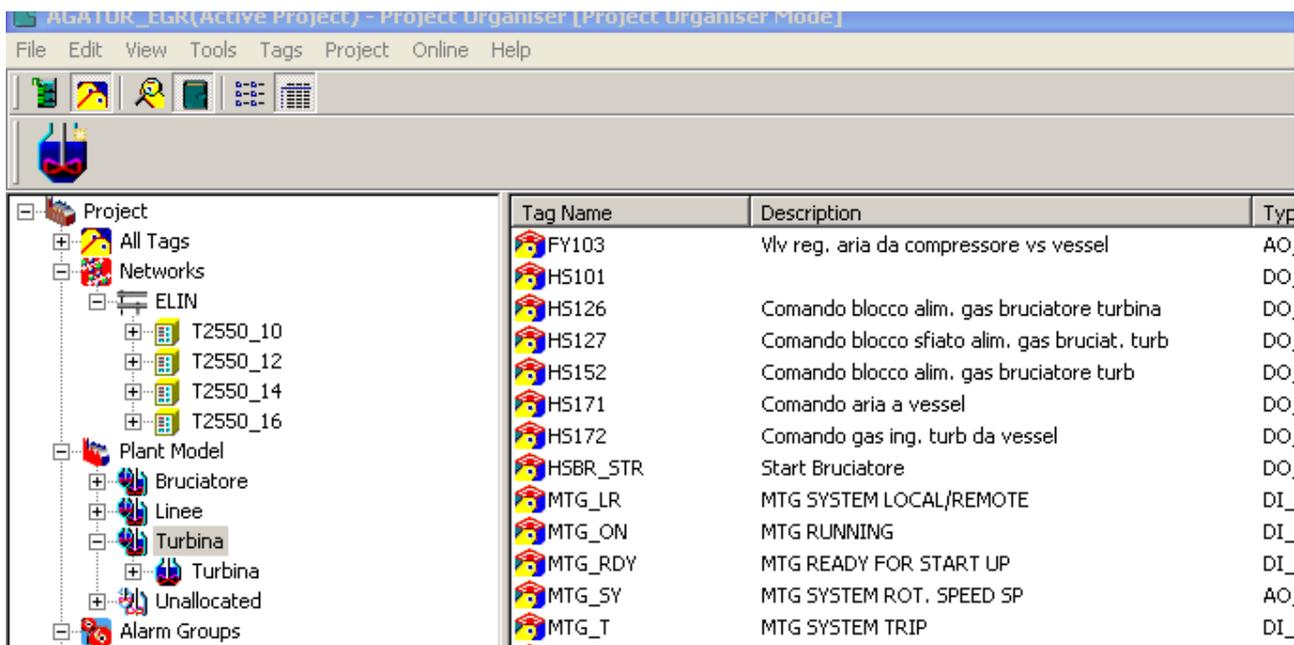


Figura 9: Impostazioni dei TAG su “Project Organiser”.

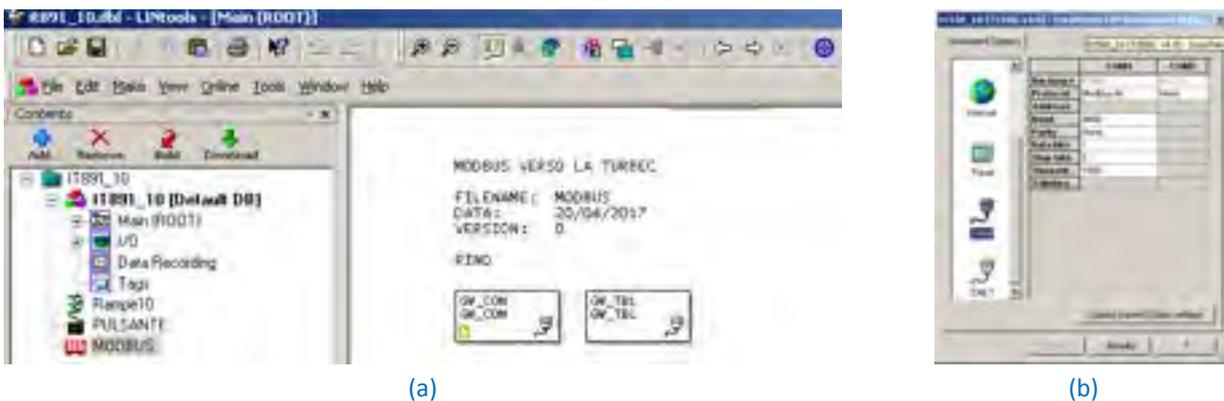


Figura 10: Configurazione dei Gateway GW\_CON e GW\_TBL (a) e dei parametri di comunicazione (b).

Successivamente, come da specifiche dell’interfaccia Modbus, sono stati individuati i registri di interesse, la tipologia numerica del dato, l’unità di misura, la risoluzione, etc, da configurare nel modulo LINTools dell’ambiente Eurotherm. E’ stata configurata una tabella per i due registri (specificati in indirizzo decimale):

- registro con offset 257 in lettura/scrittura di cui è stata specificata la lunghezza (count) pari a 5;
- registro con offset 513 solo in lettura di cui è stata specificata la lunghezza (count) pari a 40.



Tabella 11. Elenco dei registri in lettura/scrittura dalle specifiche Modbus della Turbec.

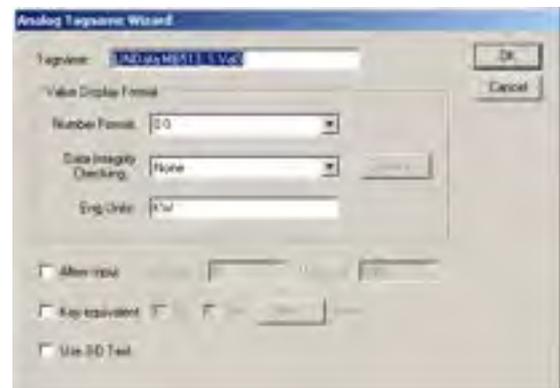
	Signal	Comment	Descrizione	Risoluzione	Unità di misura	Indirizzo esadecimale	Indirizzo Decimale	
1	Modalità di controllo	Local / BMS / Remote / Schedule / SiteCtrl / Modbus	Inserimento della modalità di controllo della turbine	1		0101	257	INT
2	Riferimento di potenza elettrica		Potenza elettrica richiesta dall' utente	0.1	kW	0102	258	INT
3	Riferimento temperatura sito		Temperatura del sito richiesta dall' utente	0.1	deg C	0103	259	INT
4	Riferimento fattore di potenza		Fattore di Potenza richiesto dal' utente	0.01		0104	260	INT
5.1	Scrittura modalità di controllo da Modbus	Trasferimento del controllo dal registro modbus alla memoria.	Consente di impostare la modalità di controllo tramite modbus (sul fronte positivo di questo segnale)			0105.1	261.1	UINT
5.2	Segnale di avviamento		Richiesta di funzionamento dell' utente			0105.2	261.2	
5.3	Segnale di reset allarmi		Reset degli allarmi dell' utente			0105.3	261.3	
5.4	Fattore di potenza(lead/lag)		lead/lag - 0 / 1			0105.4	261.4	
5.5	Abilitazione funz in rete		Abilita il funz quando collegato alla rete			0105.5	261.5	
5.6	Abilitazione funz in isola		Abilita il funz in isola ( se è presente l' hardware necessario)			0105.6	261.6	
5.7	Non utilizzato					0105.7	261.7	

### 4.3 Implementazione grafica con "Windows Maker" della/e pagina/e Modbus della micro-turbina

E' stata predisposta la pagina di gestione della turbina, come illustrato in Figura 13a. Di seguito sono riportati due esempi di puntamento ai TAG Modbus della Turbec, il primo è relativo alla lettura della "Potenza elettrica in Uscita" (Figura 13b) dal registro 516 (MB513\_S.Val3), mentre il secondo è relativo ad un controllo digitale ON/OFF (Figura 13c) dal registro 261.



(a)



(b)



(c)

**Figura 13:** Pagina di gestione della turbina (a) e due esempi di TAG Modbus: potenza elettrica in Uscita (b) e controllo digitale ON/OFF (c).

## 5 Conclusioni

Le attività portate a termine costituiscono un passo importante verso la fase realizzativa prevista nella successiva annualità. Le attività di progettazione fin qui realizzate sono state caratterizzate dal continuo confronto tra i vincoli emersi “sul campo”, i vincoli operativi del sistema, le soluzioni esecutive ipotizzate e, non ultimo, ulteriormente complicate dall’esigenza di utilizzare materiali di recupero, secondo il classico processo a spirale per affinamenti successivi. La definizione dell’architettura di controllo e le modifiche hardware e software fin qui svolte unitamente alla definizione dello stato dimensionale della  $\mu$ GT in assetto EGR consentiranno l’implementazione delle sequenze di controllo necessarie alla gestione dei componenti dedicati all’emulazione del ricircolo dei gas di scarico.