



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 μ 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 μ GT.....	12
2.10 BOCCELLO Sonda ANALISI "GAS OUTLET".....	14
3 PREDISPOSIZIONE DEL SITO DI INSTALLAZIONE E DELLA μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 μ 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 CO₂ 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/CO₂ in uscita dal vessel verso la μ GT.

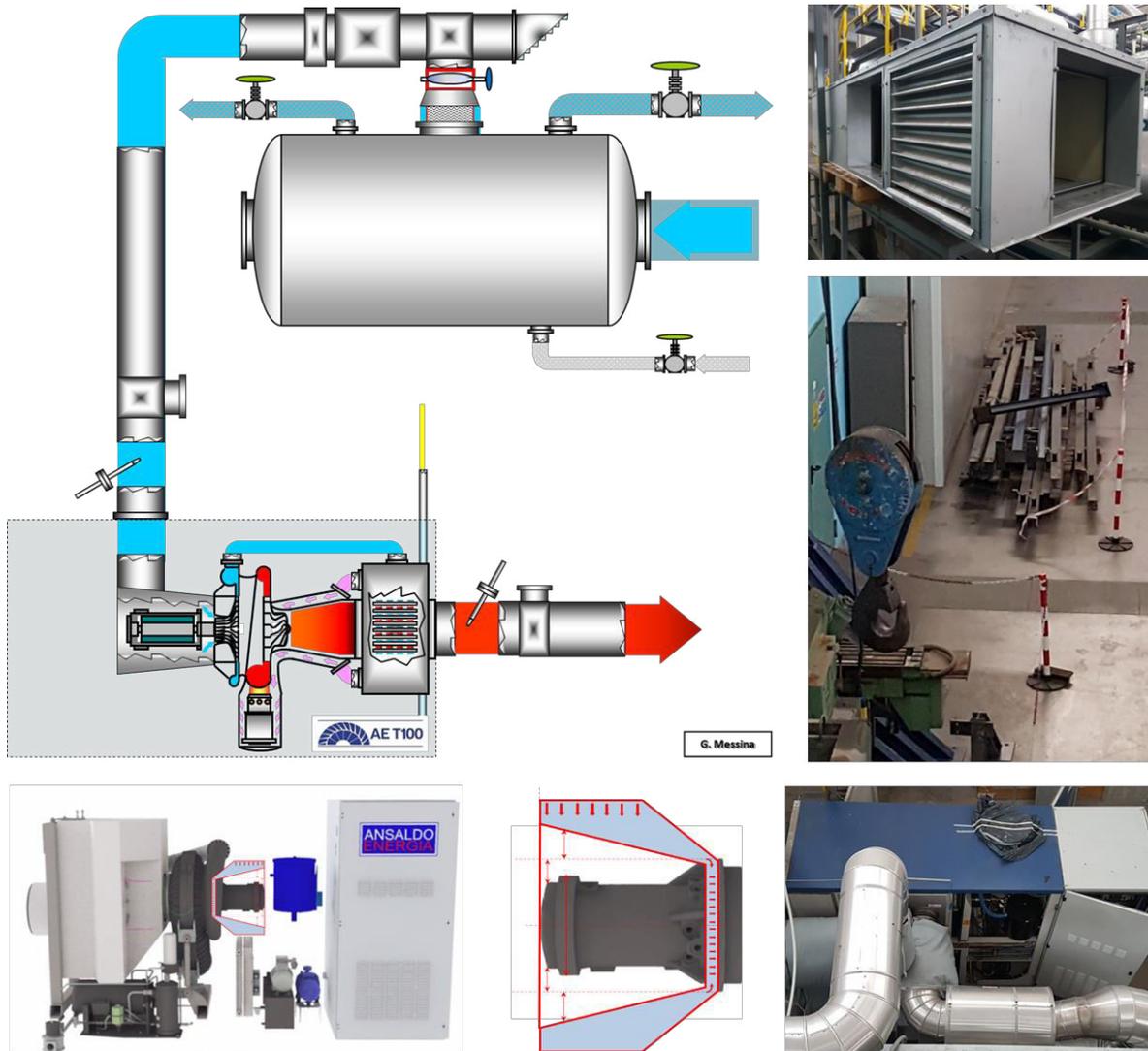


Figura 1. Sintesi grafica delle attività di progettazione e implementazione dell'assetto EGR sulla μ GT Turbec T100 in dotazione all'ENEA.

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 SEN¹, 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.

¹ Strategia Energetica Nazionale

2 Implementazione dell'assetto EGR sulla μ GT Turbec T100

L'implementazione dell'assetto EGR sull'impianto AGATUR, prevede la realizzazione di una nuova linea di aspirazione della μ 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/CO₂ 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 μ 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.

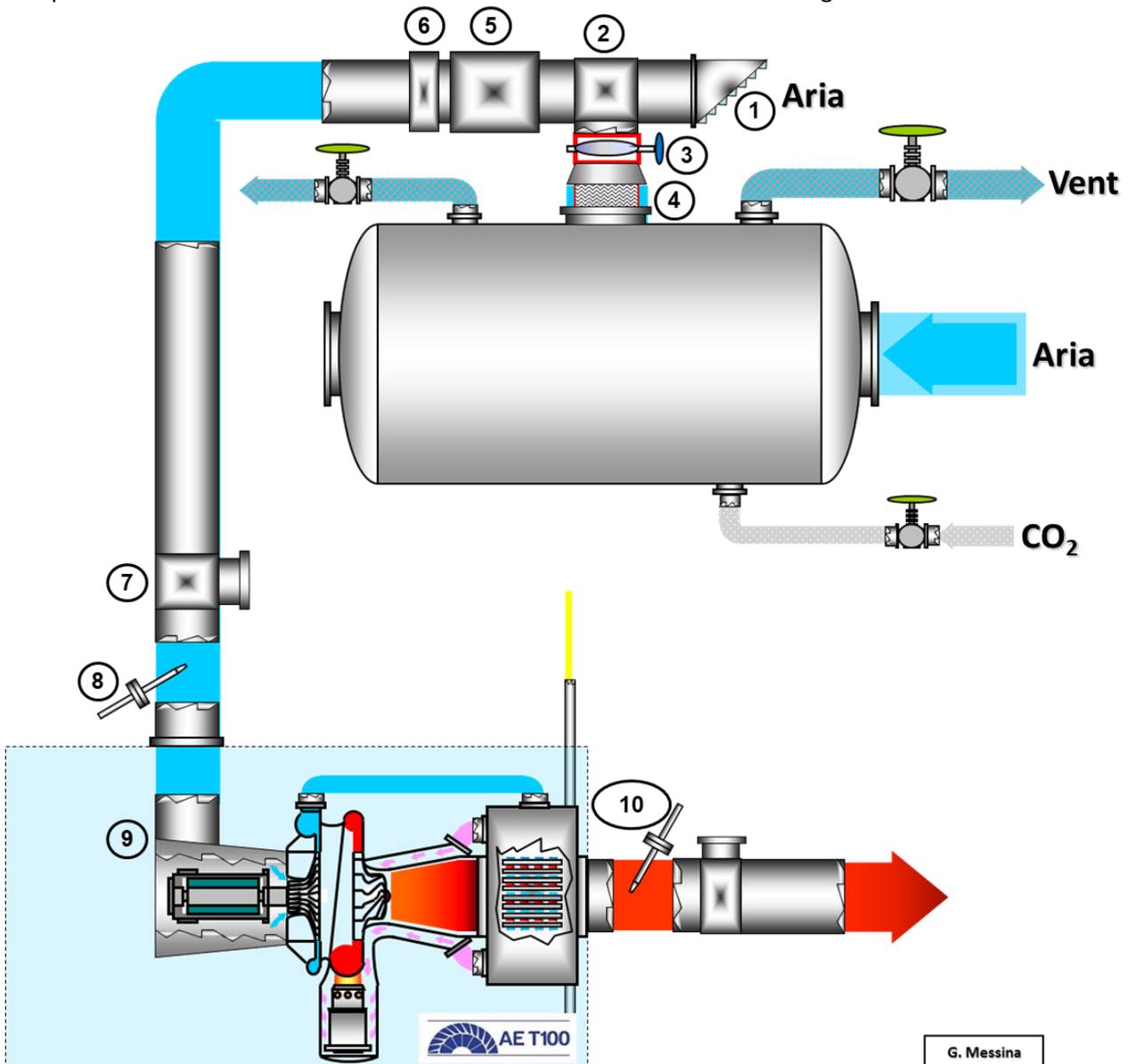


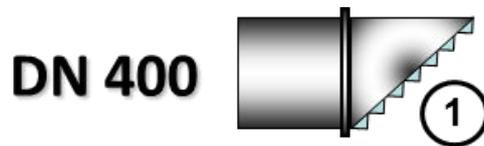
Figura 2. Layout dell'impianto AGATUR in assetto EGR.

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

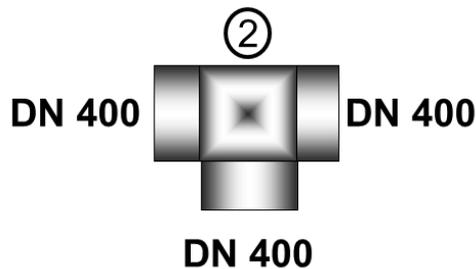


2.2 TEE di collegamento al vessel

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 CO₂.

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 ₂	0.35 - 0.80				
CO ₂	0.00 - 0.10				

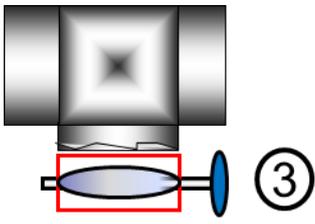


2.3 Air/gas damper

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 ₂ Contenuto CO ₂ 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

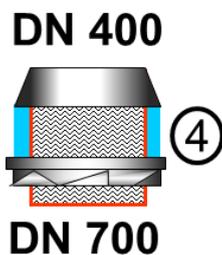


2.4 Air/gas heater

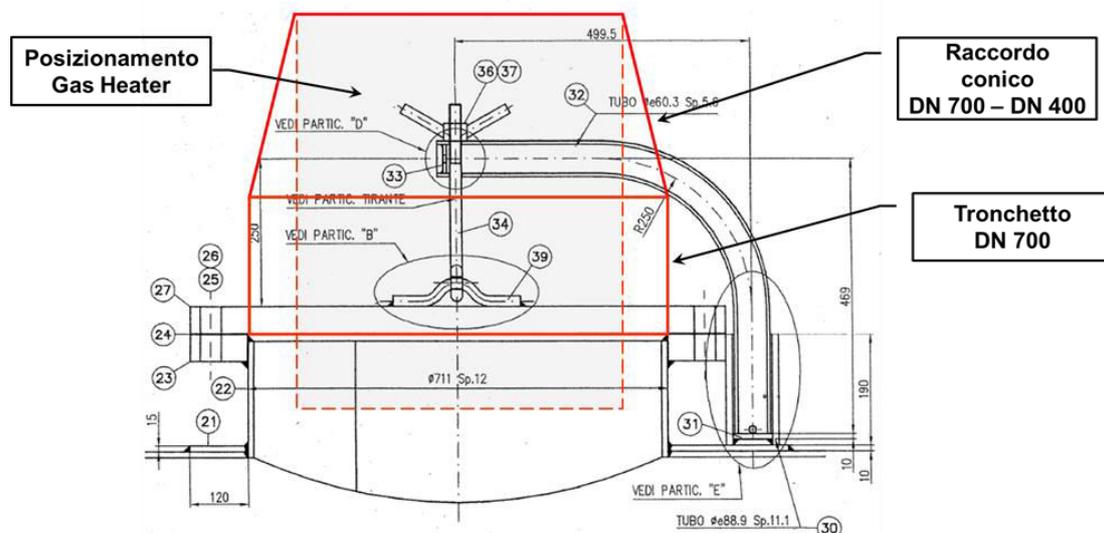
Il gas heater è finalizzato al riscaldamento del fluido di lavoro per valutare la performance della turbina a gas in condizioni di esercizio gravose. Il componente sarà costituito da una o più batterie elettriche scaldanti attraversate direttamente dall'aria/gas di processo e sarà in grado di creare 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 ₂	0.35 - 0.80				Spessore e materiale idoneo per evitare la formazione di condensa.
Contenuto CO ₂ nel MIX	0.00 - 0.10				



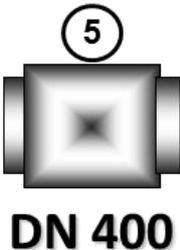
PARTICOLARE DAVIT PASSO D'UOMO "N" – Davit Manhole "N" Detail



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.

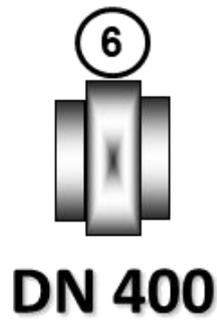
Fluido	Portata massica (kg/s) min - max	Temperatura (°C) min - max	Pressione (bar-a) min - max	Classificazione filtro	Coibentazione
Aria Aria + CO ₂ Contenuto CO ₂ nel MIX	0.35 - 0.8 0.35 - 0.8 0.00 - 0.1	15.00 – 70.00	1.00 – 1.10	G3 Perdita di carico filtro pulito < 50 Pa Max Perdita di carico finale < 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 ₂ Contenuto CO ₂ 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.

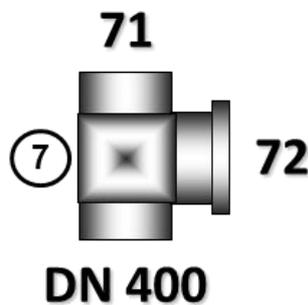


2.7 TEE di unione con loop EGR

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 ₂	0.35 - 0.80				
Contenuto CO ₂ nel MIX	0.00 - 0.10				
Ramo 72					
Gas di scarico GT	0.00 - 0.30	15.00 - 80.00	1.00 - 1.10	N.D.	
Contenuto CO ₂ nel MIX	0.00 - 0.10				



2.8 Bocchello sonda analisi "gas inlet"

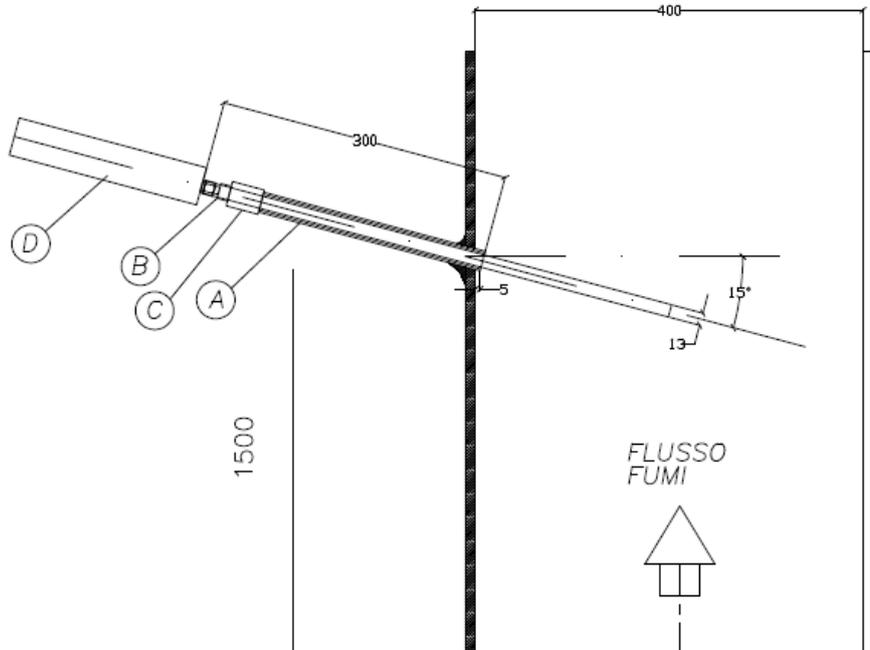
Il tronco di tubazione della linea di aspirazione a ridosso della flangia di accoppiamento con la turbina a gas alloggerà il bocchello per l'installazione della sonda di analisi gas. Il bocchello sarà realizzato conformemente alle specifiche indicate dal fornitore del sistema di analisi gas.

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 ₂	0.35 - 0.80				
CO ₂	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*

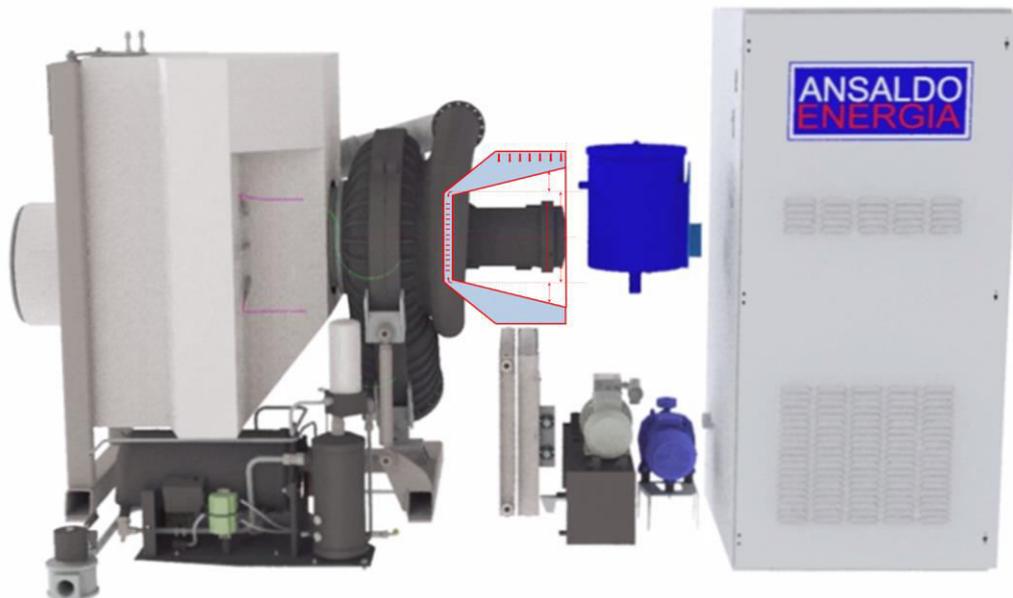
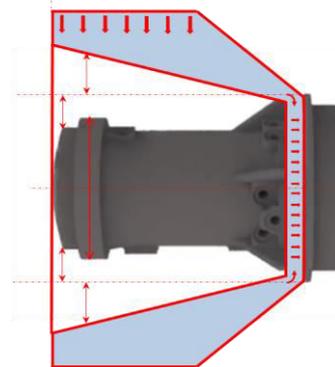
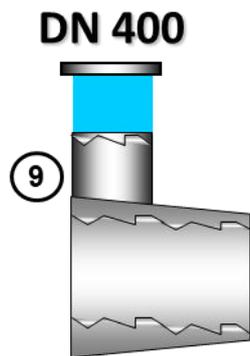
2.9 Collettore di aspirazione della μGT

Nella configurazione standard della μGT 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 μGT. 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 μGT, 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 μ 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 ₂	0.35 - 0.80			N.D.	Materassino
CO ₂	0.00 - 0.10				Insulfrax 13 mm



2.10 Bocchello sonda analisi "gas outlet"

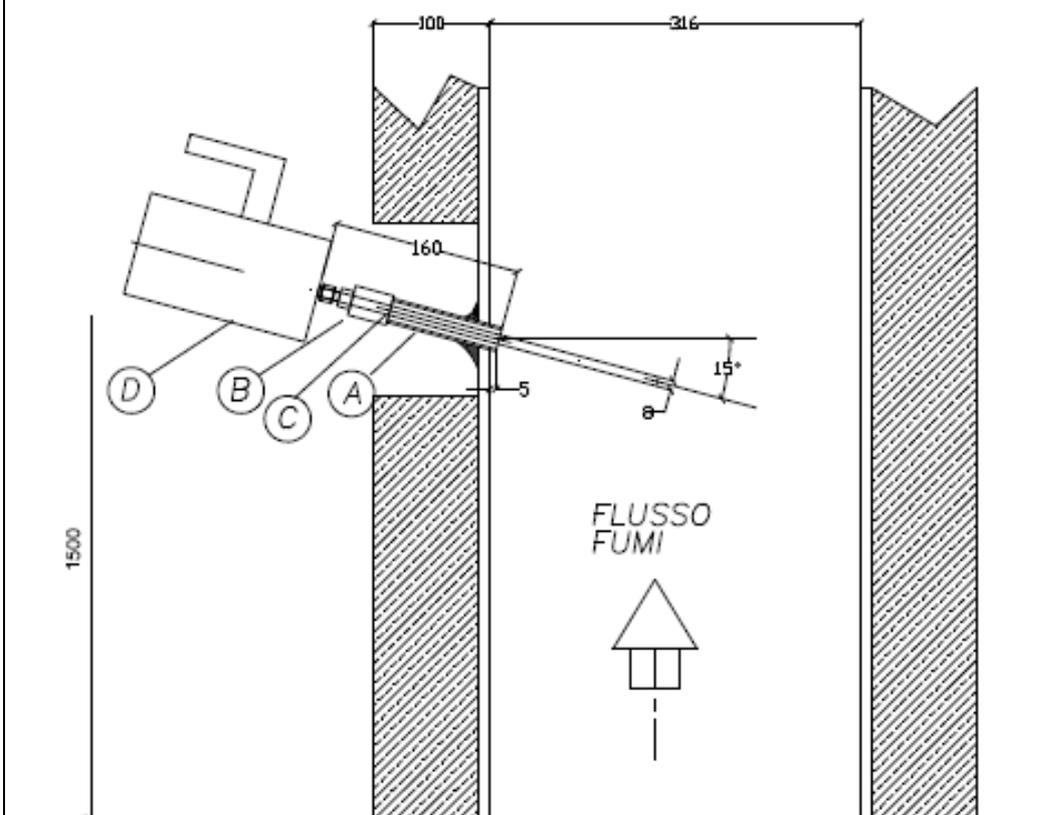
Il tronco di tubazione della linea di scarico a ridosso della flangia di accoppiamento con la turbina a gas alloggerà il bocchello per l'installazione della sonda di analisi gas. Il bocchello sarà realizzato conformemente alle specifiche indicate dal fornitore del sistema di analisi gas.

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 ₂	0.35 - 0.80				
CO ₂	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 μ 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 μ GT, dalla quale è stata asportata la sezione di filtraggio standard per la successiva connessione diretta con linea di aspirazione in corso di realizzazione.

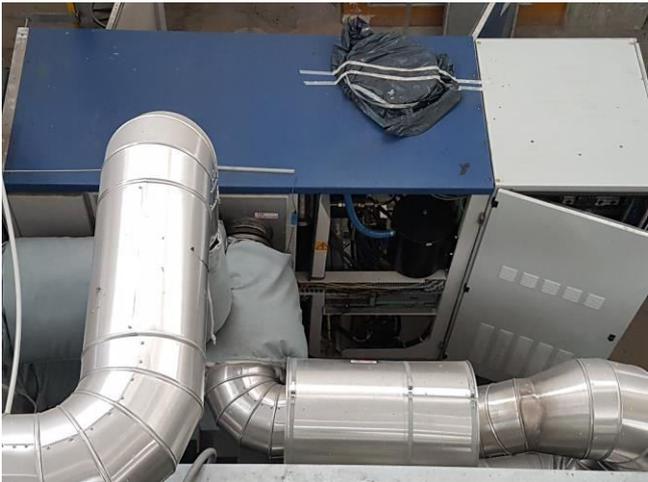


Figura 3. La μ GT privata della camera filtri.



Figura 4. Collocamento in sicurezza della camera filtri della μ 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 μ 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/CO₂ in uscita dal vessel verso la µGT. 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).

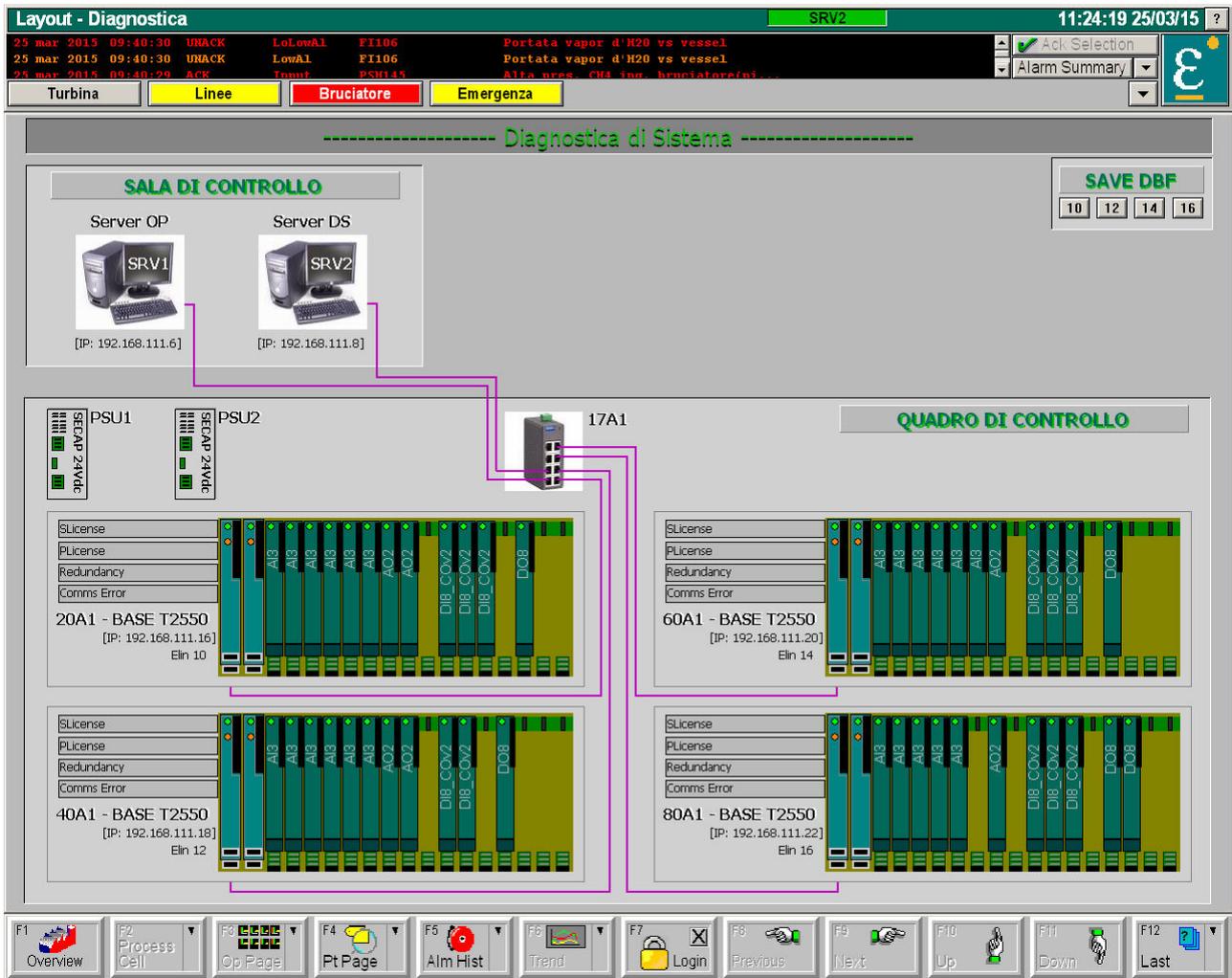


Figura 7: Configurazione della rete del sistema di controllo dell'impianto AGATUR.

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 Modbus² 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 µGT.

² 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.

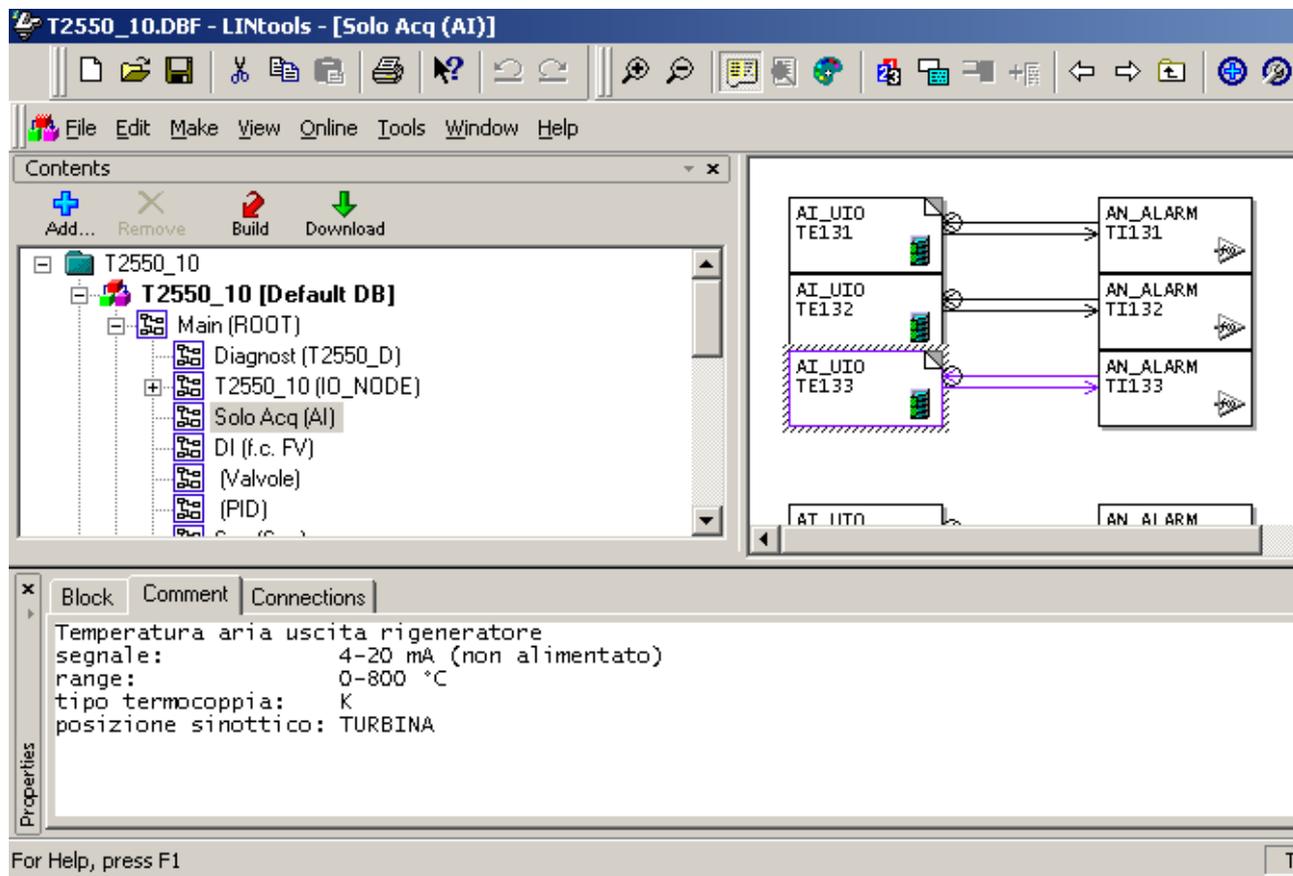


Figura 8: Impostazioni e commento dei TAG su “LINtools”.

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 μ 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 μ 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.

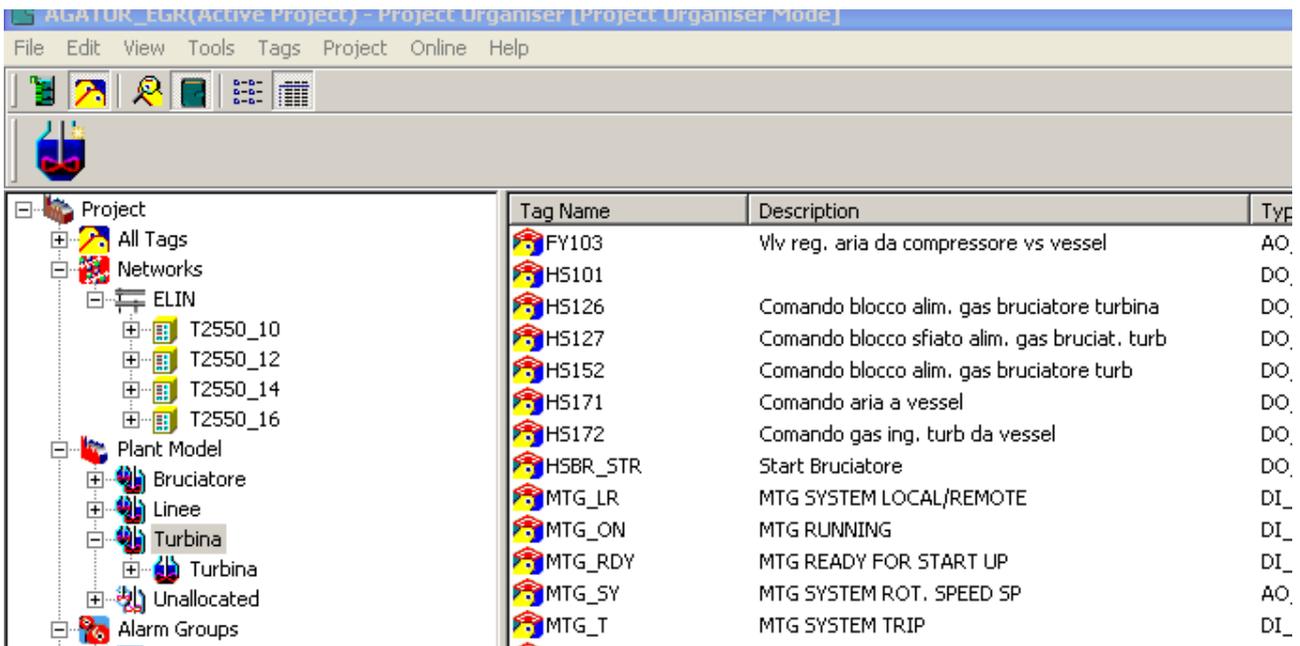


Figura 9: Impostazioni dei TAG su “Project Organiser”.

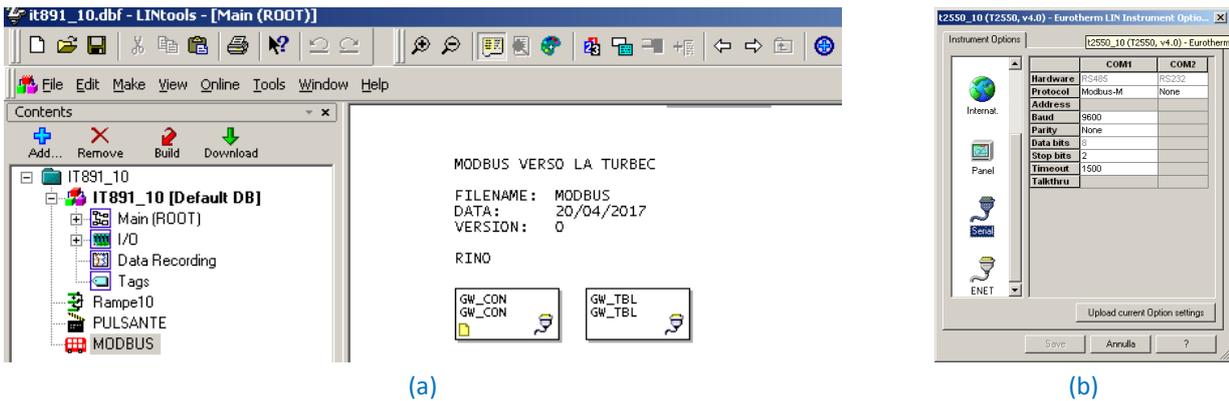


Figura 10: Configurazione dei Gateway GW_CON e GW_TBL (a) e dei parametri di comunicazione (b).

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.

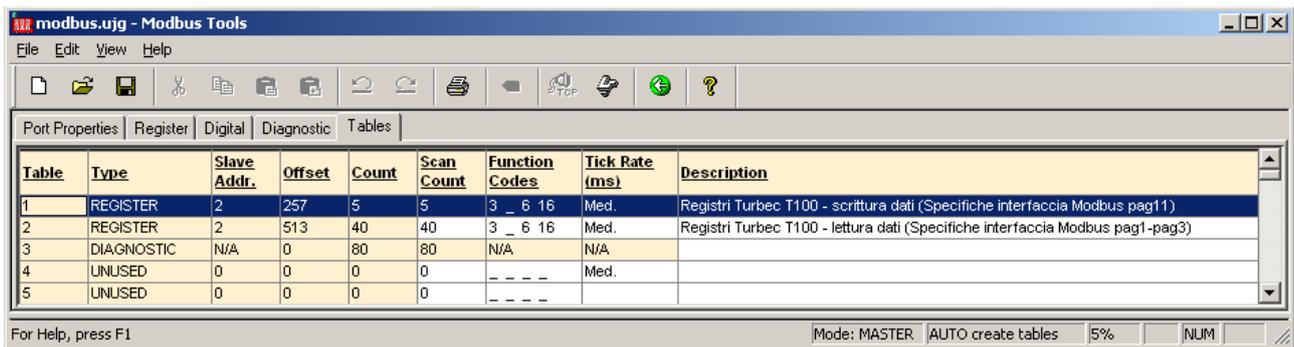


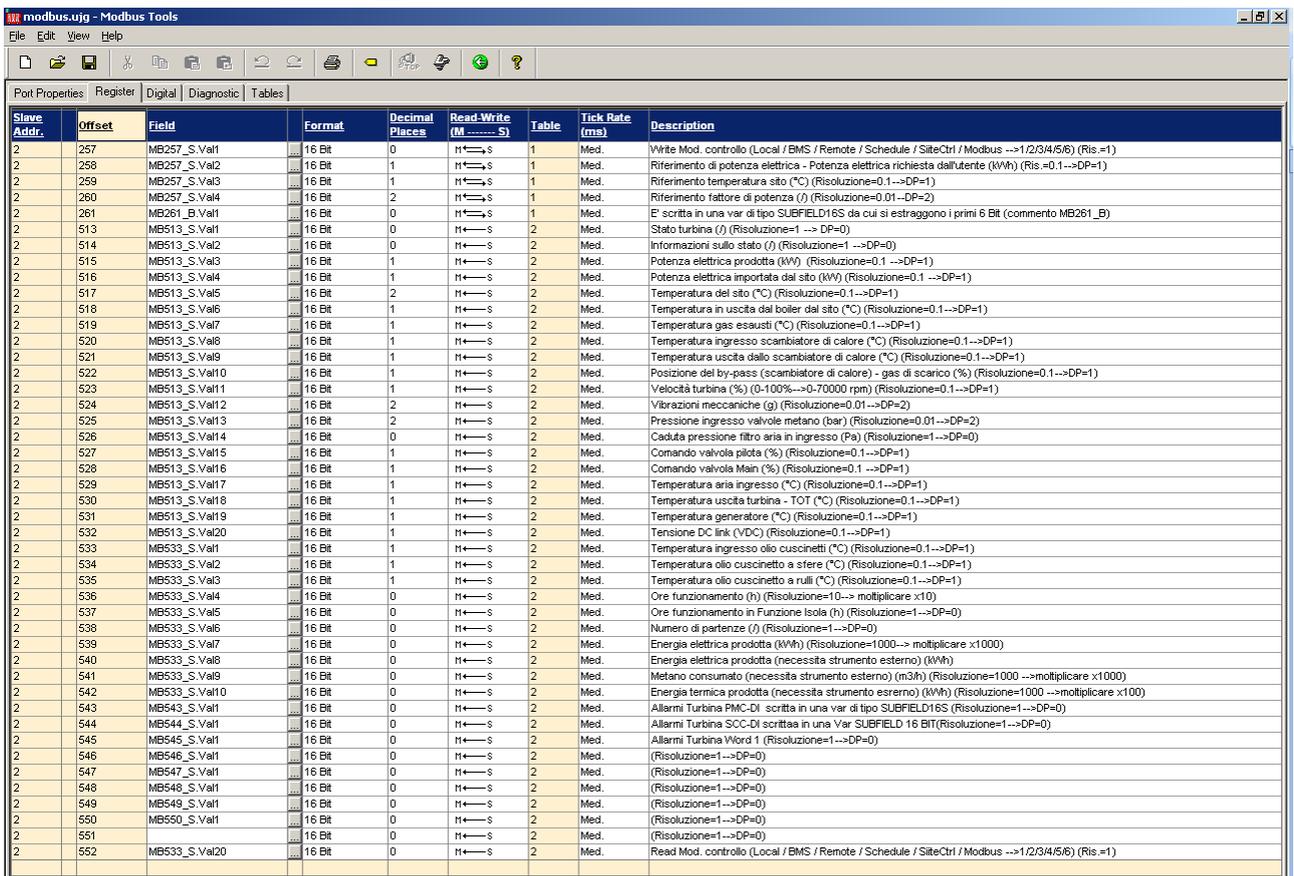
Table	Type	Slave Addr.	Offset	Count	Scan Count	Function Codes	Tick Rate (ms)	Description
1	REGISTER	2	257	5	5	3 _ 6 16	Med.	Registri Turbec T100 - scrittura dati (Specifiche interfaccia Modbus pag11)
2	REGISTER	2	513	40	40	3 _ 6 16	Med.	Registri Turbec T100 - lettura dati (Specifiche interfaccia Modbus pag1-pag3)
3	DIAGNOSTIC	N/A	0	80	80	N/A	N/A	
4	UNUSED	0	0	0	0	-- -- --	Med.	
5	UNUSED	0	0	0	0	-- -- --		

Figura 11: Modbus e tipologie di registri.

In Figura 12 è riportato il dettaglio dei registri configurati e relativa descrizione:

- in lettura/scrittura dal 257 al 261;
- il lettura dal 513 al 552.

Dal registro 261 vanno estratti 6 Bit come da Tabella 11.



Slave Addr.	Offset	Field	Format	Decimal Places	Read-Write (M -> S)	Table	Tick Rate (ms)	Description
2	257	MB257_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	1	Med.	Write Mod. controllo (Local / BMS / Remote / Schedule / SiteCtrl / Modbus ->1/2/3/4/5/6) (Ris =1)
2	258	MB257_S.Val2	16 Bit	1	H -> S	1	Med.	Riferimento di potenza elettrica - Potenza elettrica richiesta dall'utente (kW) (Ris =0.1->DP=1)
2	259	MB257_S.Val3	16 Bit	1	H -> S	1	Med.	Riferimento temperatura sito (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	260	MB257_S.Val4	16 Bit	2	H -> S	1	Med.	Riferimento fattore di potenza (f) (Risoluzione=0.01->DP=2)
2	261	MB261_B.Val1	16 Bit	0	H -> S	1	Med.	E' scritta in una var di tipo SUBFIELD16S da cui si estraggono i primi 6 Bit (commento MB261_B)
2	513	MB513_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Stato turbina (j) (Risoluzione=1 -> DP=0)
2	514	MB513_S.Val2	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Informazioni sullo stato (j) (Risoluzione=1 ->DP=0)
2	515	MB513_S.Val3	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Potenza elettrica prodotta (kW) (Risoluzione=0.1 ->DP=1)
2	516	MB513_S.Val4	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Potenza elettrica importata dal sito (kW) (Risoluzione=0.1 ->DP=1)
2	517	MB513_S.Val5	16 Bit	2	H -> S	2	Med.	Temperatura del sito (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	518	MB513_S.Val6	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura in uscita dal boiler dal sito (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	519	MB513_S.Val7	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura gas esausti (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	520	MB513_S.Val8	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura ingresso scambiatore di calore (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	521	MB513_S.Val9	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura uscita dallo scambiatore di calore (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	522	MB513_S.Val10	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Posizione del by-pass (scambiatore di calore) - gas di scarico (%) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	523	MB513_S.Val11	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Velocità turbina (%) (0-100%-->0-70000 rpm) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	524	MB513_S.Val12	16 Bit	2	H -> S	2	Med.	Vibrazioni meccaniche (g) (Risoluzione=0.01->DP=2)
2	525	MB513_S.Val13	16 Bit	2	H -> S	2	Med.	Pressione ingresso valvole metano (bar) (Risoluzione=0.01->DP=2)
2	526	MB513_S.Val14	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Caduta pressione filtro aria in ingresso (Pa) (Risoluzione=1->DP=0)
2	527	MB513_S.Val15	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Comando valvola pilota (%) (Risoluzione=0.1 ->DP=1)
2	528	MB513_S.Val16	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Comando valvola Main (%) (Risoluzione=0.1 ->DP=1)
2	529	MB513_S.Val17	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura aria ingresso (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	530	MB513_S.Val18	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura uscita turbina - TOT (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	531	MB513_S.Val19	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura generatore (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	532	MB513_S.Val20	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Tensione DC link (VDC) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	533	MB533_S.Val1	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura ingresso olio cuscinetti (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	534	MB533_S.Val2	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura olio cuscinetto a sfere (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	535	MB533_S.Val3	16 Bit	1	H -> S	2	Med.	Temperatura olio cuscinetto a rulli (°C) (Risoluzione=0.1->DP=1)
2	536	MB533_S.Val4	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Ore funzionamento (h) (Risoluzione=10-> moltiplicare x10)
2	537	MB533_S.Val5	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Ore funzionamento in Funzione Isola (h) (Risoluzione=1->DP=0)
2	538	MB533_S.Val6	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Numero di partenze (j) (Risoluzione=1->DP=0)
2	539	MB533_S.Val7	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Energia elettrica prodotta (kWh) (Risoluzione=1000-> moltiplicare x1000)
2	540	MB533_S.Val8	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Energia elettrica prodotta (necessita strumento esterno) (kWh)
2	541	MB533_S.Val9	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Metano consumato (necessita strumento esterno) (m3h) (Risoluzione=1000 ->moltiplicare x1000)
2	542	MB533_S.Val10	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Energia termica prodotta (necessita strumento esterno) (kWh) (Risoluzione=1000 ->moltiplicare x1000)
2	543	MB543_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Allarmi Turbina PMC-DI scritta in una var di tipo SUBFIELD16S (Risoluzione=1->DP=0)
2	544	MB544_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Allarmi Turbina SCC-DI scritta in una Var SUBFIELD 16 BIT(Risoluzione=1 ->DP=0)
2	545	MB545_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Allarmi Turbina Word 1 (Risoluzione=1->DP=0)
2	546	MB546_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	(Risoluzione=1 ->DP=0)
2	547	MB547_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	(Risoluzione=1 ->DP=0)
2	548	MB548_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	(Risoluzione=1 ->DP=0)
2	549	MB549_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	(Risoluzione=1 ->DP=0)
2	550	MB550_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	(Risoluzione=1 ->DP=0)
2	551	MB551_S.Val1	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	(Risoluzione=1 ->DP=0)
2	552	MB533_S.Val20	16 Bit	0	H -> S	2	Med.	Read Mod. controllo (Local / BMS / Remote / Schedule / SiteCtrl / Modbus ->1/2/3/4/5/6) (Ris =1)

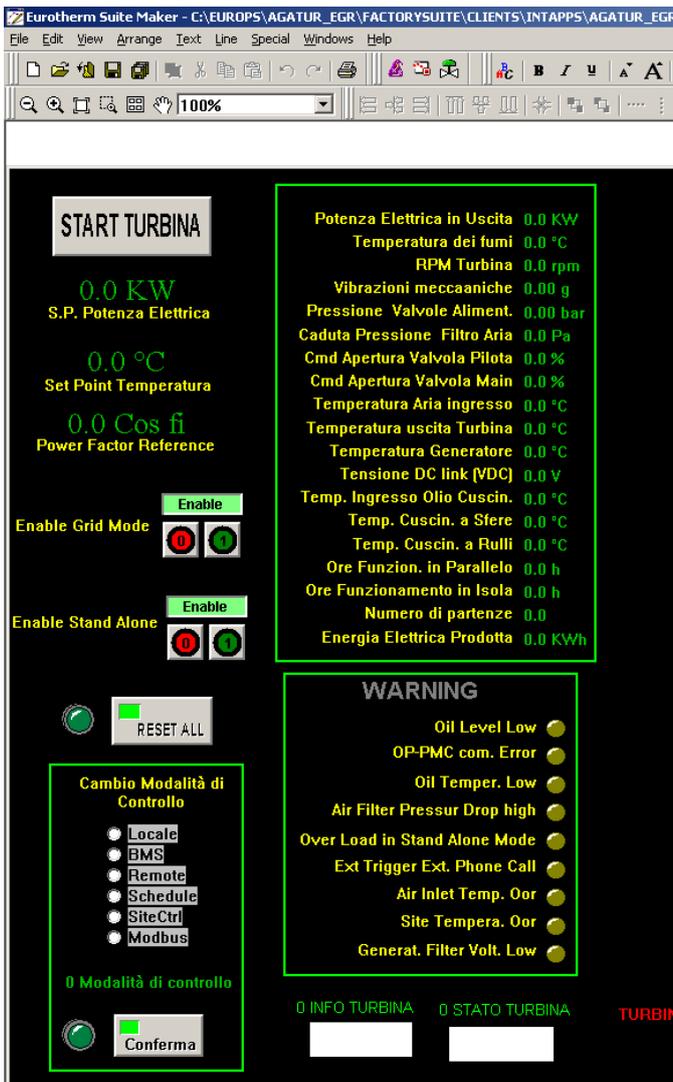
Figura 12: Registri con relativa descrizione.

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

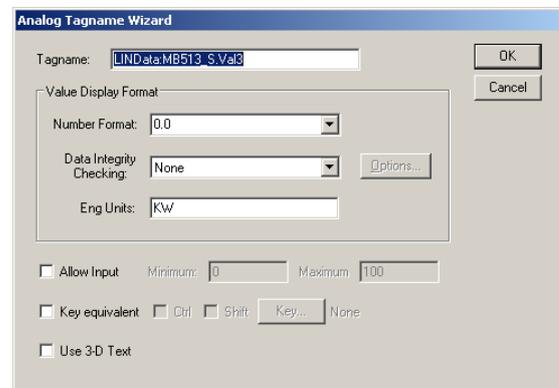
	Signal	Comment	Descrizione	Risoluzione	Unità di misura	Indirizzo esadecimale	Indirizzo Decimale	
1	Modalità di controllo	Local / BMS / Remote / Schedule / SiteCtrl / Modbus	Inserimento della modalità di controllo della turbine	1		0101	257	INT
2	Riferimento di potenza elettrica		Potenza elettrica richiesta 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

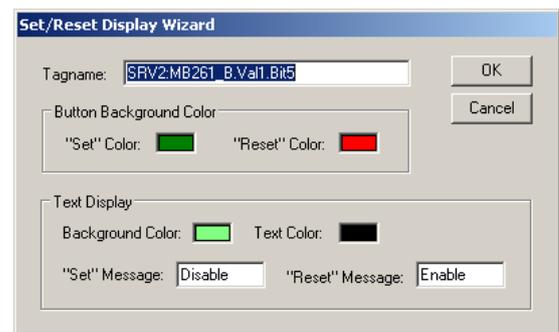
E' stata predisposta la pagina di gestione della turbina, come illustrato in Figura 13a. Di seguito sono riportati due esempi di puntamento ai TAG Modbus della Turbec, il primo è relativo alla lettura della "Potenza elettrica in Uscita" (Figura 13b) dal registro 516 (MB513_S.Val3), mentre il secondo 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 μ 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.