



*Spett.le*

**A2A GENCOGAS S.p.A.**

**Centrale Termoelettrica di Chivasso**

Via Mezzano, 69

10034 - CHIVASSO (TO)

**c.a. Egr. Ing. Stefano Gentile**

*Cabiate, 07 Luglio 2022*

Facciamo riferimento agli accordi intercorsi, per trasmetterVi, in allegato, la relazione tecnica a seguito dell'indagine analitica all'emissione in atmosfera relativa agli impianti Turbogas TG12, TG13 e TG22 effettuata nel periodo 4÷12 Luglio 2022 presso la Vostra Centrale di Chivasso (TO).

Obiettivo principale dell'indagine è stato l'applicazione del procedimento "AST" dei sistemi di misura automatici delle Emissioni (SME) installati a presidio delle suddette emissioni in atmosfera, come descritto nella norma UNI EN 14181:2015.

A Vostra disposizione per ogni chiarimento e per quant'altro Vi potesse occorrere, cogliamo l'occasione per porgerVi i nostri migliori saluti.

IL TECNICO INCARICATO

Francesco Calò



**A2A GENCOGAS S.p.A.**  
**Centrale Termoelettrica di Chivasso (TO)**

**INDAGINE ANALITICA ALL'EMISSIONE  
IN ATMOSFERA DERIVANTI DA IMPIANTI  
TURBOGAS TG12, TG13 e TG22  
EFFETTUATA NEL PERIODO  
04 ÷ 12 LUGLIO 2022**

**TG12 – TG13 – TG22**

**TEST DI SORVEGLIANZA ANNUALE (AST)**

*Cabiate, 07.07.2022*



## I N D I C E

<b>1.0 GENERALITÀ</b>	<b>1</b>
<b>2.0 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO</b>	<b>2</b>
<b>3.0 CONDIZIONI OPERATIVE DELL'IMPIANTO</b>	<b>4</b>
<b>4.0 LABORATORIO DI PROVA E PERSONALE</b>	<b>4</b>
<b>5.0 SISTEMA DI MISURAZIONE AUTOMATICO (SME)</b>	<b>5</b>
<b>6.0 SISTEMA DI RIFERIMENTO (SRM)</b>	<b>7</b>
<b>7.0 AST - PROCEDURE DI CALCOLO :</b>	<b>10</b>
<b>PROVA DI VARIABILITA' - VALIDITA' DELLA FUNZIONE DI TARATURA</b>	<b>10</b>
8.1 PROVA DI VARIABILITA'	10
8.2 Validità della funzione di taratura	12
<b>9.0 REPORT TEST FUNZIONALE</b>	<b>13</b>
9.1 VERIFICA DEL SISTEMA DI CAMPIONAMENTO	13
9.2 FUNZIONALITÀ	13
9.3 TEST DI TENUTA	14
9.4 VERIFICA TEMPI DI RISPOSTA	14
9.5 TEST DELLO ZERO E DELLO SPAN	14
9.6 VERIFICA DELLE INTERFERENZE	15
9.7 VERIFICA DELLA LINEARITÀ STRUMENTALE	16
9.8 VERIFICA DELL'EFFICIENZA DEI CONVERTITORI CATALITICI NO <sub>2</sub> -NO	18
<b>10.0 RISULTATI : PROVA DI SORVEGLIANZA ANNUALE AST (TG12-TG13-TG22)</b>	<b>19</b>
10.1 PROVA QAL2: TEST DI VARIABILITA' – RISULTATI (TG12 - TG13 e TG22)	19
10.3 Verifica AST (TG22)	21
<b>10.0 VERIFICA DELL'INDICE DI ACCURATEZZA RELATIVO</b>	<b>23</b>

<i>Allegato 1:</i>	RAPPORTI DI PROVA N. 2201348-006 (TG12) - 2201348-019 (TG13) - 2201348-029 (TG22)
<i>Allegato 2:</i>	ELABORAZIONI AST
<i>Allegato 3:</i>	VERIFICHE DI LINEARITÀ STRUMENTALE – RAPPORTI DI PROVA N. 2201348-014 TG12 - 2201348-027 TG13 - 2201348-039 TG22
<i>Allegato 4:</i>	VERIFICHE DELL'INDICE DI ACCURATEZZA RELATIVO
<i>Allegato 5:</i>	DOCUMENTAZIONE DEL LABORATORIO DI PROVA



## 1.0 GENERALITÀ

Per incarico della Società “A2A Gencogas S.p.A.”, nel periodo 04 ÷ 12 Luglio 2022, è stata effettuata un'indagine analitica alle emissioni in atmosfera E1, E2 e E3 derivanti rispettivamente dagli impianti turbogas TG12, TG13 e TG22 operante nella Centrale termoelettrica di Chivasso.

Oggetto di prova sono stati gli analizzatori facenti parte dei **sistemi di misura automatici (SME)** posti a presidio delle tre suddette emissioni; la campagna ha avuto duplice scopo:

- effettuare il Test di Sorveglianza Annuale (prova **AST**) agli analizzatori SME TG22.  
Test eseguiti al fine di valutare, tramite una prova di variabilità, se i valori misurati dagli analizzatori SME soddisfino ancora i criteri di incertezza richiesti dalla legislazione (come dimostrato nella precedente prova QAL2 giugno-luglio 2021, oltre che verificare se le funzioni di taratura ottenute per ciascun analizzatore nella precedente prova QAL2 siano ancora valide.

A tal fine, alle emissioni sono state effettuate misure parallele a quelle effettuate dagli analizzatori SME; sono stati adottati **metodi di riferimento normalizzati (SRM)** ovvero metodi di campionamento in continuo (automatici) per gli ossidi di azoto ( $\text{NO}_x$ ), il monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ) e l'ossigeno libero nei fumi ( $\text{O}_2$ ).

Preliminarmente alle operazioni di misura è stata verificata la corretta messa in servizio del sistema di misura automatico, tramite l'esecuzione di una “Prova funzionale” mediante la quale sono stati verificati i requisiti per l'installazione e il sito di misurazione, è stato effettuato un esame visivo sul sistema di campionamento e ulteriori verifiche a livello documentale e strumentale, tra cui le verifiche di linearità e di efficienza del convertitore catalitico  $\text{NO}_2\text{-NO}$ .

Contestualmente alle prove AST sono state effettuate le verifiche previste al punto 4 dell'allegato VI alla Parte Quinta del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i., ovvero l'Indice di Accuratezza Relativo (IAR); tale verifica ha riguardato anche i misuratori di umidità e di portata installati al camino.

## 2.0 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO

DATI GENERALI DELL'IMPIANTO	
Ragione Sociale	A2A GENCOGAS S.p.A.
Stabilimento	Centrale Termoelettrica di Chivasso
Indirizzo	Via Mezzano, 69 10034 Chivasso (TO)
Processo produttivo	Produzione di energia elettrica mediante due moduli a ciclo combinato: modulo 1 (2 TG, denominati TG12 e TG13, + 2 GVR + TV) modulo 2 (1 TG, denominato TG22, + 1 GVR + TV)
Combustibile utilizzato	Gas naturale
Condizioni operative	La potenzialità massima nominale di ciascuna turbina è di 253 MWe, con minimo tecnico pari a 91 MWe

La Centrale è soggetta alle prescrizioni dell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare prot. DVA-DEC-2010-000900 del 30/11/2010 e alle successive modifiche e integrazioni (D.M. 262 del 05/10/2016).

Per le emissioni in atmosfera, a partire dal 1° maggio 2014, risultano in vigore i seguenti limiti:

VALORI LIMITE DI EMISSIONE (ELV)
<b>Emissioni camini 1, 2 e 3 da impianti turbogas TG12-TG13-TG22 alimentati a gas naturale</b>

1) Per ciascun TG nel normale funzionamento  $\geq$  CMTA:

INQUINANTE	DESCRIZIONE	PERIODO	VALORE LIMITE
Ossidi di Azoto ( $\text{NO}_x$ espressi come Biossido di Azoto $\text{NO}_2$ )	(a) <u>Media giornaliera</u>	Giorno	30 $\text{mg}/\text{Nm}^3$
	(b) <u>95° percentile delle concentrazioni medie orarie</u>	Anno solare	35 $\text{mg}/\text{Nm}^3$

2) Sommatoria dei TG:

INQUINANTE	DESCRIZIONE	PERIODO	VALORE LIMITE
Ossidi di Azoto (NO <sub>x</sub> espressi come Biossido di Azoto NO <sub>2</sub> )	(c) <b>Media mobile trascinata</b> delle concentrazioni medie orarie.	Ultime 12000 ore	<b>25 mg/Nm<sup>3</sup></b>
	(d) <b>Flusso di massa trascinato</b> delle emissioni in normale funzionamento ed in transitorio	Ultimi 365 giorni	<b>1700 t/anno</b>

3) Per ciascun TG nel normale funzionamento ≥ CMTA:

INQUINANTE	DESCRIZIONE	PERIODO	VALORE LIMITE
Monossido di carbonio (CO)	(e) <b>Media oraria</b>	Ora	<b>30 mg/Nm<sup>3</sup></b>

DATI RELATIVI ALLE EMISSIONI E AL LUOGO DI CAMPIONAMENTO	
Punti di emissione oggetto della verifica	Camino n. 1 da turbogas TG12 Camino n. 2 da turbogas TG13 Camino n. 3 da turbogas TG22
Forma camini	Cilindrica
Diametro interno camino (al punto di prelievo)	6,7 m
Altezza da terra della bocca del camino	90 m
Altezza da terra della piattaforma di lavoro relativa alla sezione di campionamento	61 m
Quota di ingresso fumi dalla cappa di uscita del generatore di vapore	26 m
Accessibilità alla piattaforma di lavoro	Tramite ascensore fino a quota 30 metri, a seguire scala elicoidale fino alla piattaforma di lavoro. Presenza di paranco elettrico con portata massima di 500 kg utilizzato per il sollevamento delle attrezzature (da terra a quota 61).
Caratteristiche flange per misure di controllo	Disponibili n. 1 flangia per misure in contraddittorio e n. 4 prese per misure isocinetiche (tipo UNI 100 Din, disposte a 90° tra loro), di cui una occupata da sonda per misura di O <sub>2</sub> umido.

### 3.0 CONDIZIONI OPERATIVE DELL'IMPIANTO

I dati relativi alle condizioni operative degli impianti durante le prove (potenza elettrica generata in MWe), sono riportati puntualmente nelle tabelle nell'Allegato 2, onde permettere un'immediata correlazione con le concentrazioni misurate.

Tali dati sono riportati sotto forma di medie orarie calcolate a partire dai dati al minuto forniti dal Committente.

Si precisa che le condizioni operative realizzate rispecchiano la normale operatività dell'impianto; tali condizioni sono state variate in modo da indagare i livelli di emissione corrispondenti a carichi in prossimità del minimo tecnico, ai livelli intermedi, fino al massimo carico.

Per maggiori dettagli si rimanda ai dati in possesso della Centrale.

### 4.0 LABORATORIO DI PROVA E PERSONALE

DATI GENERALI DEL LABORATORIO	
Ragione sociale	TECNOLOGIE D'IMPRESA Srl
Indirizzo	Via Don Minzoni,15
CAP	22060
Località	Cabiate (CO)

PERSONALE TECNICO CHE HA ESEGUITO I TEST	
Tecnici incaricati dell'intervento	Diego Cipriani Saverio Torchia
Responsabile in campo	Diego Cipriani

## 5.0 SISTEMA DI MISURAZIONE AUTOMATICO (SME)

Riportiamo di seguito una descrizione della strumentazione a presidio delle emissioni degli impianto turbogas TG12, TG13 e TG22.

La documentazione inerente allo SME e al sito di misurazione (layout camini, schemi dei circuiti pneumatici e di calibrazione, certificati degli analizzatori) è disponibile presso il committente.

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI MISURA AUTOMATICO (SME) A PRESIDIO DELL'EMISSIONE DA TG12 – TG13 – TG22							
Misurando	Costruttore	Modello	Tipo di misura	Principio di misura	Certificazione (**)	Unità di misura	Campo scala
O <sub>2</sub>	SICK MAIHAK	UNOR S710	Estrattiva, diretta	Para-magnetico	QAL1	% (v/v)	0-25
NO LOW	SICK MAIHAK	UNOR S710	Estrattiva, diretta	NDIR	QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-30 (*)
NO HIGH	SICK MAIHAK	UNOR S710	Estrattiva, diretta	NDIR	QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-600
CO LOW	SICK MAIHAK	UNOR S710	Estrattiva, diretta	NDIR	QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-45 (*)
CO HIGH	SICK MAIHAK	UNOR S710	Estrattiva, diretta	NDIR	QAL1	mg/Nm <sup>3</sup>	0-3000

(\*) Campo scala “NO e CO LOW” impostato per le misure in condizioni di normale funzionamento d’impianto (condizione indagata durante le prove); gli strumenti con campo scala più ampio (“NO e CO HIGH”) sono adibiti al monitoraggio dei transitori.

(\*\*) Il calcolo dell’incertezza di misura degli analizzatori è effettuata dal costruttore in conformità alla EN ISO 14956 e alla EN 14181 (QAL1), come da Rapporti QAL1 riportati in Allegato 6.

Si precisa che la linearità strumentale è stata verificata per tutti i campi scala e su tutti gli analizzatori.

I sistemi di analisi sono corredati di convertitori catalitici NO<sub>2</sub>-NO, di cui è stata verificata l’efficienza.



CARATTERISTICHE DELLE CABINE DI ANALISI	
Presente/Assente	Presente
Quota di installazione	A terra
Sistema di condizionamento interno	Presente
Sistema di taratura	Erogazione gas standard all'ingresso strumenti
Sistema di calibrazione dinamica	Presente
Materiali di riferimento	Bombole in corso di validità presenti all'interno della cabina di analisi. Gas di span: 80% del fondo-scala Gas di zero: azoto

CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI	
Tipologia	Software Exa della ditta Progeco
Frequenza disponibilità dati	Dati elementari: medie al minuto (dati memorizzati negli ultimi 40 giorni)  Medie orarie: disponibili fino alla massima capacità di memoria del PC

## 6.0 SISTEMA DI RIFERIMENTO (SRM)

Per le sostanze determinate con metodi in continuo (automatici) nella fase di programmazione e realizzazione dell'indagine sono stati applicati i seguenti metodi standard di riferimento (SRM):

- UNI EN 14792:2017 *“Determinazione della concentrazione massica di ossidi di azoto - Metodo di riferimento normalizzato: chemiluminescenza”*;
- UNI EN 15058:2017 *“Determinazione della concentrazione massica di monossido di carbonio – Metodo di riferimento normalizzato: spettrometria ad infrarossi non dispersiva”*;
- UNI EN 14789:2017 *“Determinazione della concentrazione volumetrica di ossigeno. Metodo di riferimento normalizzato: Paramagnetismo”*.

Per le misure di portata degli effluenti gassosi e la determinazione dei parametri necessari a calcolare il peso molecolare del gas effluente, sono state seguite le indicazioni delle seguenti norme:

- UNI EN ISO 16911-1:2013 (sostituisce la UNI 10169:2001) *“Determinazione manuale della velocità e della portata di flussi in condotti”*;
- ISO 12039:2019 *“Stationary source emissions – Determination of the volumetric concentrations of CO, CO<sub>2</sub> and oxygen. Performance characteristics and calibration of an automated measuring system”*;
- UNI EN 14790:2017 *“Determinazione del vapore acqueo nei condotti”*.

Le misure del sistema di riferimento sono effettuate tramite analizzatori certificati, operanti in conformità alle suddette norme tecniche di riferimento per la misura di NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>2</sub>; essi sono alloggiati in laboratori mobili dotati di sistema di condizionamento, utile a garantire il mantenimento dell'intervallo di temperatura idoneo per il funzionamento ottimale degli analizzatori.

Gli analizzatori sono dotati di certificazione TÜV/QAL1.

I dati, nell'arco delle varie giornate di prova, sono acquisiti da specifico sistema di acquisizione dati con frequenza ogni 5 secondi; tali dati sono stati prima elaborati come medie al minuto, poi come medie orarie.

Nel rapporto di prova in Allegato 1 e nelle tabelle in Allegato 2 vengono riportati i valori medi orari calcolati sulla base di tali dati elementari.

Ai fini della taratura degli analizzatori SME, i rilievi effettuati tramite SRM sono espressi nelle medesime unità di misura utilizzate dallo SME.

Nelle tabelle sottostante vengono riportate le principali caratteristiche tecniche degli analizzatori utilizzati.

CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI MISURA DI RIFERIMENTO (SRM)							
Misurando coperto	Fornitore	Modello	Tipo di misura	Principio di misura	Certificazione (*)	Unità di misura	Campo scala
O <sub>2</sub>	SIEMENS	Oxymat 6	Estrattiva, diretta	Para-magnetico	TÜV	% (v/v)	0-25
CO	SIEMENS	Ultramat 6	Estrattiva, diretta	NDIR	TÜV/QAL1	ppm	0-50
NO	HORIBA	VA 3112	Estrattiva, diretta	Chemiluminescenza	TÜV/QAL1	ppm	0-50

(\*) Si rimanda alle copie dei certificati riportati in Allegato 5.

Il sistema di analisi è corredato di convertitore catalitico NO<sub>2</sub>-NO.

La strumentazione elencata viene controllata e tarata periodicamente in conformità allo schema di garanzia di qualità aziendale conforme alla UNI EN ISO 9001 e alla UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Le risposte strumentali degli analizzatori sopra citati, prima di iniziare i rilievi all'emissione, vengono verificate mediante l'utilizzo di miscele certificate a concentrazione nota; successivamente, durante la campagna analitica, tali verifiche avvengono con frequenza giornaliera. I controlli strumentali riguardano la lettura di zero tramite standard di azoto, la lettura di span (corrispondente all'incirca all'80 % del campo scala selezionato per le misure).

Le suddette verifiche strumentali sono state eseguite con i gas standard i cui certificati sono disponibili in copia in Allegato 5.



La linea di campionamento è costituita da:

- Sonda riscaldata, completa di filtro riscaldato per la rimozione del particolato eventualmente presente nell'emissione;
- Tubo termostato a 150 °C da 5 m;
- Frigorifero ad alta efficienza con temperatura in uscita inferiore a 4 °C;
- Linea di trasferimento campione in teflon collegata all'unità di condizionamento e trattamento campione.

L'acquisizione e registrazione dei dati del SRM avviene tramite software dedicato. Preliminarmente alle operazioni di misura viene annotata l'eventuale differenza di orario tra sistema di acquisizione e registrazione dati del SRM e il sistema di registrazione/archiviazione dati di Centrale.

Completate le acquisizioni giornaliere, nella successiva fase di valutazione ed elaborazione dei dati, i valori mediati al minuto del SRM vengono posti a confronto con i dati al minuto dello SME (forniti dal Committente) su file in formato Excel; in questa fase i dati del SRM vengono allineati all'ora SME annullando la differenza di orario eventualmente rilevata in fase di pre-campionamento.

Tali dati vengono inoltre confrontati in forma grafica, in modo da valutare gli andamenti nel tempo delle concentrazioni per ogni parametro misurato; questa operazione permette di osservare, soprattutto in presenza di variazioni o picchi di concentrazione, le eventuali differenze legate ai diversi tempi di risposta strumentale, oltre che segnalare eventuali anomalie non rilevate durante le prove.

Ai fini delle elaborazioni previste nella prova AST dai dati acquisiti sull'intero periodo vengono esclusi i periodi di stabilizzazione delle misure, le fasi transitorie e le fasi in cui sono stati effettuati i controlli di zero e span o ulteriori accertamenti strumentali.

## 7.0 AST - PROCEDURE DI CALCOLO : PROVA DI VARIABILITA' - VALIDITA' DELLA FUNZIONE DI TARATURA

### 7.1 PROVA DI VARIABILITA'

Si premette che lo scopo del test di variabilità nell'ambito della AST è quello di confermare l'idoneità degli analizzatori SME in prova, tarati secondo le funzioni identificate in QAL2, ad eseguire operazioni di misura utilizzabili per dimostrare la conformità al valore limite di emissione.

Per ogni serie di dati (minimo 5) per una determinata funzione di taratura, devono essere calcolati i seguenti parametri:

$$D_i = y_{i,s} - \hat{y}_{i,s}$$

dove:

$y_{i,s}$  è l' $i$ -esimo valore dell'SRM alle condizioni normalizzate;

$\hat{y}_{i,s}$  è l' $i$ -esimo valore dell'SME, tarato utilizzando la funzione di taratura calcolata in QAL2, calcolato dalle misure dell'SME  $x_i$  alle condizioni normalizzate.

Devono essere calcolati i seguenti valori:

$$\bar{D} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N D_i$$

$$s_D = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (D_i - \bar{D})^2}$$

Dove  $s_D$  è lo scarto tipo delle differenze  $D_i$  nelle misurazioni parallele e  $N$  è il numero di campioni accoppiati nelle misurazioni parallele.

La variabilità dei valori misurati dallo SME è accettata se si verifica che:

$$s_D \leq 1,5\sigma_o k_v$$

Dove  $\sigma_o = \frac{PE}{1,96}$  rappresenta la massima incertezza derivante da requisiti legali, espressa in termini di scarto

tipo assoluto, e 1,96 rappresenta il fattore di copertura nel caso l'incertezza sia espressa con un livello di



confidenza del 95 %.

I valori di  $k_v$  devono essere applicati in funzione del numero di misure parallele effettuate; essi sono i valori tabulati di un test statistico  $\chi^2$ , con un valore  $\beta$  del 50 %.

Il D.Lgs. 152/06 e s.m.i. definisce l'incertezza, in termini di massimo valore dell'intervallo di confidenza al 95 %, come percentuale del valore limite di emissione ELV (PE) per il parametro  $\text{NO}_x$  (oltre che per biossido di zolfo e polveri, non applicabili al caso in oggetto); il valore dell'intervallo di confidenza al 95 % per il parametro CO relativamente ai grandi impianti di combustione è definito dal D.Lgs. 46/2014.

I valori dell'intervallo di confidenza al 95 % (ovvero PE) per  $\text{NO}_x$  e CO sono:

- Biossido di azoto: 20 % ELV
- Monossido di carbonio: 10 % ELV

## 7.2 Validità della funzione di taratura

La taratura dello SME viene accettata se risulta soddisfatta la seguente ineguaglianza:

$$|\bar{D}| \leq t_{0,95}(N-1) \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_o$$

I valori di  $t_{0,95}(N-1)$  sono i valori tabulati di t di Student per un livello di fiducia del 95 % e per N-1 gradi di libertà che devono essere applicati in funzione del numero di misure parallele.

Di seguito sono riportati i valori di  $k_v$  e  $t_{0,95}(N-1)$  da applicare per l'esecuzione dei test di cui ai par. 7.1 e 7.2:

Numero di misure	$k_v$	$t_{0,95}(N-1)$
5	0,9161	2,132
6	0,9329	2,015
7	0,9441	1,943
8	0,9521	1,895
9	0,9581	1,860
10	0,9629	1,833
11	0,9665	1,812
12	0,9695	1,796
13	0,9721	1,782
14	0,9742	1,771
15	0,9761	1,761
16	0,9777	1,753
17	0,9791	1,746
18	0,9803	1,740
19	0,9814	1,734
20	0,9824	1,729
25	0,9861	1,711
30	0,9885	1,699

## 8.0 REPORT TEST FUNZIONALE

### 8.1 VERIFICA DEL SISTEMA DI CAMPIONAMENTO

È stato eseguito un esame visivo dei sistemi di campionamento, analizzando lo stato dei componenti installati:

Componente	Stato		
	A	B	C
Sonda di campionamento	X		
Sistema di condizionamento dei gas	X		
Pompe	X		
Conessioni	X		
Linee di campionamento	X		
Alimentazione	X		
Filtri	X		
Stato del componente: A Buono, B Sufficiente, C Insufficiente			

### 8.2 FUNZIONALITÀ

Descrizione	Giudizio		
	A	B	C
Ambiente di lavoro sicuro e pulito con spazio sufficiente	X		
Ambiente di lavoro con coperture adeguate dalle intemperie	Non sono presenti coperture		
Accesso al sistema di misura facile e in condizioni di sicurezza	X		
Scorte adeguate di materiale di riferimento, attrezzature e parti di ricambio	X		
Stato del componente: A : adeguato; B : Sufficiente; C: Inadeguato			



### 8.3 TEST DI TENUTA

Descrizione	Esito del test
Il test di tenuta è stato effettuato su tutta la linea di campionamento, erogando gas standard (azoto). La linea viene comandata manualmente da una valvola; all'apertura della valvola viene erogato azoto in pressione in modo da generare un eccesso di flusso. Vengono quindi valutate le letture strumentali degli analizzatori una volta raggiunto un valore stabile.	Superato (misure prossime a zero)

### 8.4 VERIFICA TEMPI DI RISPOSTA

Descrizione
Il tempo di risposta degli analizzatori è stato valutato erogando agli strumenti gas standard a concentrazione nota per i singoli parametri (O <sub>2</sub> , CO, NO) e valutando i tempi necessari al raggiungimento di risposte strumentali corrispondenti al 90 % del valore certificato in bombola. Il tempo di risposta rilevato per i singoli analizzatori SME è risultato in tutti i casi inferiore a 110 secondi (requisito normativo < 200 secondi).

### 8.5 TEST DELLO ZERO E DELLO SPAN

Contestualmente alle verifiche di linearità strumentale, riportate in Allegato 3, sono state valutate le letture di zero e di span, sotto riepilogate.

Si precisa che i valori riportati si riferiscono agli analizzatori nel campo "LOW".

Parametro	Concentrazione di ZERO (N <sub>2</sub> ) (mg/Nm <sup>3</sup> )	TG12 Canalizzatore (mg/Nm <sup>3</sup> )	TG13 Canalizzatore (mg/Nm <sup>3</sup> )	TG22 Canalizzatore (mg/Nm <sup>3</sup> )
CO	0,0	1,3	0,2	0,9
NO (come NO)	0,0	-1.1	-1.1	-0,9
NO (come NO <sub>2</sub> )	0,0	-1,7	-1,7	-1,4

Parametro	Concentrazione di SPAN (mg/Nm <sup>3</sup> )	TG12 Canalizzatore (mg/Nm <sup>3</sup> )	TG13 Canalizzatore (mg/Nm <sup>3</sup> )	TG22 Canalizzatore (mg/Nm <sup>3</sup> )
CO	36,2	37,1	35,9	37,5
NO (come NO)	24,4	24,0	24,3	24,1
NO (come NO <sub>2</sub> )	37,4	36,7	37,2	36,9

## 8.6 VERIFICA DELLE INTERFERENZE

La verifica è stata effettuata erogando agli analizzatori miscele di gas potenzialmente interferenti (quali CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub> in azoto) e successivamente azoto, poi rilevando la risposta strumentale degli analizzatori in prova, come sotto riepilogato.

SME TG12			
Parametro interferente	C <sub>analizzatore CO</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>analizzatore NO</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>analizzatore O<sub>2</sub></sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
NH <sub>3</sub>	1,4	-1,2	-0,04
CO <sub>2</sub>	1,5	-1,2	-0,02
N <sub>2</sub>	1,3	-1,1	-0,04

SME TG13			
Parametro interferente	C <sub>analizzatore CO</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>analizzatore NO</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>analizzatore O<sub>2</sub></sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
NH <sub>3</sub>	0,1	-1,1	-0,04
CO <sub>2</sub>	0,3	-1,2	-0,05
N <sub>2</sub>	0,2	-1,1	-0,06

SME TG22			
Parametro interferente	C <sub>analizzatore CO</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>analizzatore NO</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	C <sub>analizzatore O<sub>2</sub></sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )
NH <sub>3</sub>	1,0	-0,9	0,02
CO <sub>2</sub>	1,0	-1,0	0,02
N <sub>2</sub>	0,9	-0,9	0,01

## 8.7 VERIFICA DELLA LINEARITÀ STRUMENTALE

Per le prove di linearità strumentale è stato utilizzato il diluatore SONIMIX della LNI SCHMIDLIN SA, s.n. 5349, costruito in accordo alla norma ISO 6145/6, certificato da laboratorio accreditato ISO 17025 dal centro SCS (Swiss Calibration Service). Il relativo certificato di taratura è riportato in Allegato 5.

Lo strumento è dotato di regolatori di pressione e di quattro capillari sonici in grado di generare 16 step di diluizione del gas standard in azoto, compresi tra 0 e 100 %. Sono state utilizzate miscele di gas standard i cui certificati del fornitore sono disponibili in Allegato 5.

Le verifiche di linearità per gli analizzatori di CO e NO sono state effettuate sia sul campo scala inferiore che sul campo scala superiore.

L'ingresso gas campione dell'analizzatore e l'uscita gas del diluatore sono stati collegati mediante raccordi in teflon e agli analizzatori sono state erogate, in 5 step, concentrazioni di gas corrispondenti a 0, 20, 40, 60 e 80 % circa del campo scala, per il parametro CO (low range) sono state verificate le concentrazioni in 10 step differenti equamente distribuiti nel campo di misura.

Il punto a concentrazione zero viene verificato a inizio e fine prova.

Ad ogni step di concentrazione sono state acquisite tre letture strumentali. Ad ogni variazione dello step di concentrazione la prima lettura dello strumento è stata acquisita dopo un periodo di 3 volte il tempo di risposta; le tre letture acquisite per ogni step sono state separate da almeno 4 volte il tempo di risposta strumentali. Le risposte strumentali degli analizzatori sono state acquisite direttamente dai display degli analizzatori in prova.

I dati ottenuti secondo quanto descritto sopra vengono trattati al fine di calcolare i residui relativi (errori di linearità). Il residuo relativo è calcolato ad ogni step di concentrazione generata, sul valore medio ricavato dalle tre misure eseguite su ognuno dei punti della scala di linearità.

Al fine del calcolo del residuo relativo (errore di linearità) viene preliminarmente calcolata una retta di regressione lineare tra i punti ( $x_i$ ) e tutte le misure  $y_{c,i}$ , dove:

$x_i$  = è il valore singolo della concentrazione del materiale di riferimento (standard);

$y_{c,i}$  = è il valore singolo rilevato dall'analizzatore al livello di concentrazione c.

La retta di regressione lineare ottenuta, la cui equazione è del tipo  $y = ax + b$ , viene impiegata per calcolare, noti i valori di A (pendenza), B (intercetta) e x (concentrazione standard generata ad ogni step di diluizione), i valori teorici di concentrazione  $x_i$  (corretti) per ciascuno step di diluizione.



Sono questi valori teorici di concentrazione  $x_1, \dots, x_n$  corretti (pari al numero di step di diluizione realizzati, comprese le concentrazioni di zero ripetuto due volte e span), derivanti dalla retta di regressione lineare, ad essere confrontati con la media delle singole concentrazioni rilevate dall'analizzatore ad ogni step di diluizione, al fine di calcolare il residuo, espresso nella medesima unità di misura, mediante la formula:

$$d_c = \bar{y}_c - (x_i \text{ corretti})$$

dove:

$d_c$  è il residuo per ogni media di concentrazione rilevata dall'analizzatore;

$\bar{y}_c$  è il valore di concentrazione  $y$  medio rilevato dall'analizzatore al livello di concentrazione  $c$ .

Il valore del residuo  $d_c$  viene poi convertito in unità di concentrazione relativa  $d_{c,rel}$  dividendo  $d_c$  per il limite superiore dell'intervallo di misurazione ( $C_u$ ), mediante la formula:

$$d_{c,rel} = d_c / C_u * 100$$

La prova, secondo l'allegato B della norma UNI EN 14181, ha esito positivo se i valori  $d_{c,rel}$  (residui relativi) risultano compresi nell'intervallo  $\pm 5\%$ .

Nel caso in esame, le prove (riportate in Allegato 3) per gli analizzatori SME TG12, TG13 e TG22 hanno avuto esito positivo, in quanto i residui risultanti sono non solo ampiamente compresi in tale intervallo, ma entro al  $\pm 2\%$ .

## 8.8 VERIFICA DELL'EFFICIENZA DEI CONVERTITORI CATALITICI NO<sub>2</sub>-NO

La verifica dell'efficienza del convertitore catalitico NO<sub>2</sub>-NO è stata realizzata utilizzando un generatore di ossidi di azoto della LNI operante sul principio della titolazione in fase gassosa di una concentrazione nota di monossido di azoto tramite ozono.

Il sistema consente di generare concentrazioni di ozono variabili; fornendo parallelamente uno standard contenente NO in azoto diluito in aria gas-cromatografica si generano, dalla reazione con ozono, proporzionali concentrazioni di NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>).

La verifica avviene per step successivi: il gas in uscita dal generatore viene fornito direttamente all'inlet dello strumento del quale vengono registrate le risposte.

I passaggi sono di seguito descritti; i primi due avvengono con generatore spento:

- viene fornita la miscela di riferimento di solo NO; viene quindi registrata la concentrazione di NO misurata dall'analizzatore a convertitore escluso (fase P1);
- viene fornita la stessa miscela di riferimento di solo NO; viene quindi registrata la concentrazione di NO<sub>x</sub> misurata dall'analizzatore a convertitore inserito (fase R1).

Successivamente si aziona il generatore e si opera attraverso ulteriori passaggi:

- fornendo la stessa miscela di cui sopra e variando la concentrazione di ozono generata, vengono create concentrazioni crescenti della miscela di NO + NO<sub>2</sub>; viene quindi registrata la concentrazione di NO misurata dall'analizzatore a convertitore escluso (fase P2);
- fornendo la stessa miscela di cui sopra e variando la concentrazione di ozono generata, vengono create concentrazioni crescenti della miscela di NO + NO<sub>2</sub>; viene quindi registrata la concentrazione di NO<sub>x</sub> misurata dall'analizzatore a convertitore inserito (fase R2).

Infine, per ognuna delle fasi a generatore acceso, la concentrazione di NO<sub>2</sub> convertito e misurato dallo strumento si ottiene per differenza R2-P2.

L'efficienza del convertitore viene calcolata in termini percentuali tramite la seguente formula:

$$\text{Conv. Eff. (\%)} = (((R2-P2)-(R1-P1))/(P1-P2))*100$$

La prova, secondo il paragrafo 6.2 della norma UNI EN 14792, ha esito ottimale se l'efficienza di conversione risulta almeno pari al 95 %; nel caso specifico, la verifica dell'efficienza del convertitore, riportata in Allegato 3, è risultata ottimale.

## 9.0 RISULTATI : PROVA DI SORVEGLIANZA ANNUALE AST (TG12-TG13-TG22)

I risultati analitici relativi ai rilievi in continuo eseguiti, tramite sistema di riferimento (SRM), alle emissioni E1, E2 e E3 (da Turbogas TG12, TG13 e TG22) sono riportati nei rapporti di prova in Allegato 1, ove vengono dettagliate le date e gli orari di prova.

Nei rapporti di prova le concentrazioni di CO e NO<sub>x</sub> misurate dal SRM sono espresse sia in ppm, sia in mg/Nm<sup>3</sup>, con e senza riferimento al tenore di ossigeno del 15 %; le concentrazioni di O<sub>2</sub> sono espresse in %v/v; le concentrazioni non riferite al tenore di ossigeno rappresentano le misure strumentali ("valori tal quale") utilizzate come dati di partenza per le elaborazioni AST riportate in Allegato 2.

Nelle elaborazioni presentate nell'allegato 2 sono riportate le seguenti informazioni:

- data, ora, durata delle misure eseguite in parallelo dal sistema di riferimento (SRM) e dal sistema di misura automatico (SME);
- i dati relativi alle condizioni operative ("Condizioni Impianto": valori medi della produzione in MWe);

### 9.1 PROVA AST: TEST DI VARIABILITA' – RISULTATI (TG12 - TG13 e TG22)

Rimandando al paragrafo 7.1 della presente relazione per i dettagli relativi ai criteri di calcolo e alle tabelle in Allegato 2 per i valori utilizzati nei calcoli, nelle tabelle che seguono vengono sintetizzati i risultati conseguiti.

	SME TG12		
	PARAMETRO CO	PARAMETRO NO <sub>x</sub>	PARAMETRO O <sub>2</sub>
$N$ (numero di campioni accoppiati nelle misurazioni parallele)	25	25	25
$S_D$ (scarto tipo degli scostamenti $D_i$ nelle misurazioni parallele)	<b>0,13</b>	<b>0,18</b>	<b>0,05</b>
$k_v$ (valori tabulati di una prova $\chi^2$ con un valore $\beta$ del 50%)	0,9861		
$\sigma_0$ (incertezza fornita dal legislatore) (1)	1,53	3,06	1,07
$\sigma_0 \times k_v$	1,51	3,03	1,06
TEST DI VARIABILITA'	$S_D < \sigma_0 \times k_v$ <b>Prova di variabilità con esito positivo</b>		

	SME TG13		
	PARAMETRO CO	PARAMETRO NO <sub>x</sub>	PARAMETRO O <sub>2</sub>
<i>N</i> (numero di campioni accoppiati nelle misurazioni parallele)	32	32	32
<i>S<sub>D</sub></i> (scarto tipo degli scostamenti <i>D<sub>i</sub></i> nelle misurazioni parallele)	<b>0,18</b>	<b>0,12</b>	<b>0,04</b>
<i>k<sub>v</sub></i> (valori tabulati di una prova $\chi^2$ con un valore $\beta$ del 50%)	0,9861		
$\sigma_0$ (incertezza fornita dal legislatore) <sup>(1)</sup>	1,53	3,06	1,07
$\sigma_0 \times k_v$	1,51	3,03	1,06
TEST DI VARIABILITA'	$S_D < \sigma_0 \times k_v$ <b>Prova di variabilità con esito positivo</b>		

	SME TG22		
	PARAMETRO CO	PARAMETRO NO <sub>x</sub>	PARAMETRO O <sub>2</sub>
<i>N</i> (numero di campioni accoppiati nelle misurazioni parallele)	25	25	25
<i>S<sub>D</sub></i> (scarto tipo degli scostamenti <i>D<sub>i</sub></i> nelle misurazioni parallele)	<b>0,08</b>	<b>0,14</b>	<b>0,02</b>
<i>k<sub>v</sub></i> (valori tabulati di una prova $\chi^2$ con un valore $\beta$ del 50%)	0,9861		
$\sigma_0$ (incertezza fornita dal legislatore) <sup>(1)</sup>	1,53	3,06	1,07
$\sigma_0 \times k_v$	1,51	3,03	1,06
TEST DI VARIABILITA'	$S_D < \sigma_0 \times k_v$ <b>Prova di variabilità con esito positivo</b>		

<sup>(1)</sup> Espressa come percentuale del valore limite di emissione (PE) con fattore di copertura  $K=1,96$  corrispondente ad un livello di fiducia del 95%; PE = 20% per il parametro NO<sub>x</sub>, PE = 10% per il parametro CO, PE = 10% per il parametro O<sub>2</sub> (dato tratto da Manuale 87/2013).

## 9.2 Verifica AST

Elaborazioni e risultati AST presentate in Allegato 2

- valori “tal quale” misurati parallelamente da SRM e SME. Nel caso specifico si tratta delle concentrazioni sui fumi secchi, espresse in  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  e, per gli ossidi di azoto, espresse come biossido di azoto. Sono questi dati di concentrazione (evidenziati in grassetto nelle tabelle in Allegato 2B) ad essere utilizzati per il calcolo della funzione di taratura;
- valori misurati parallelamente da SRM e SME necessari per riportare le concentrazioni “tal quale” (descritte sopra) alle condizioni di riferimento ovvero al 15 % di ossigeno; nella fattispecie il solo parametro coinvolto è il tenore di ossigeno misurato nei fumi secchi;
- i risultati della prova di variabilità dei valori misurati dallo SME e della verifica della validità della funzione di taratura determinata in QAL2.

Per una valutazione dei risultati delle prove di sorveglianza annuale AST eseguite sul sistema di monitoraggio delle emissioni (SME), si rimanda ai dati di dettaglio riportati nelle tabelle in Allegato 2 da cui si evince che:

- per tutti i parametri misurati dagli analizzatori SME posti a presidio del TG22, il test di variabilità ha avuto esito positivo in quanto è risultata soddisfatta la condizione:

$$s_D \leq 1,5\sigma_o k_v$$

in tutti i casi è risultata soddisfatta la disuguaglianza:

$$\left| \bar{D} \right| \leq t_{0,95}(N-1) \frac{S_D}{\sqrt{N}} + \sigma_o$$

Verificate entrambe le suddette condizioni, è possibile confermare che gli analizzatori SME in prova, tarati secondo le funzioni di taratura identificate in QAL2 e riepilogate nella seguente tabella, sono idonei ad eseguire operazioni di misura utilizzabili per dimostrare la conformità al valore limite di emissione.



Si verifica infine che i valori misurati dagli analizzatori SME rientrano negli intervalli di taratura validi, sotto riportati, ottenuti in QAL2, che vengono pertanto confermati.

<b>SME TG12 (QAL2 Giugno-Luglio 2021)</b>			
<b>Parametro</b>	<b>Funzione di taratura</b>		<b>Intervallo di validità della funzione di taratura</b>
	Pendenza	Intercetta	
NO <sub>x</sub>	1,005	0,368	0 – 28,88 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15% O <sub>2</sub>
CO	0,988	0,266	0 – 6,00 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15% O <sub>2</sub>

<b>SME TG13 (QAL2 Giugno-Luglio 2021)</b>			
<b>Parametro</b>	<b>Funzione di taratura</b>		<b>Intervallo di validità della funzione di taratura</b>
	Pendenza	Intercetta	
NO <sub>x</sub>	0,969	0,517	0 – 29,55 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15% O <sub>2</sub>
CO	0,964	0,309	0 – 6,14 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15% O <sub>2</sub>

<b>SME TG22 (QAL2 Luglio 2021)</b>			
<b>Parametro</b>	<b>Funzione di taratura</b>		<b>Intervallo di validità della funzione di taratura</b>
	Pendenza	Intercetta	
NO <sub>x</sub>	0,969	0,420	0 – 23,96 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15% O <sub>2</sub>
CO	1,014	0,320	0 – 14,21 mg/Nm <sup>3</sup> rif. 15% O <sub>2</sub>

## 10.0 VERIFICA DELL'INDICE DI ACCURATEZZA RELATIVO

Le misure parallele effettuate per la verifica AST sono state utilizzate anche per verificare l'Indice di Accuratezza Relativo (IAR) dello SME secondo quanto previsto al punto "4.4" dell'allegato VI alla Parte Quinta del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i.

Occorre premettere che nel caso dei grandi impianti di combustione le procedure di garanzia di qualità dei sistemi di monitoraggio delle emissioni per i parametri NO<sub>x</sub>, CO e O<sub>2</sub> sono soggette alla norma UNI EN 14181:2015, pertanto non si applicano le verifiche di cui al paragrafo "4" dell'allegato VI alla Parte Quinta del D.Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. (Rif. D.Lgs. 183/2017).

Il calcolo dello IAR per tali parametri è stato comunque eseguito a titolo conoscitivo, oltre che per continuità rispetto a quanto svolto negli anni precedenti.

La verifica è stata effettuata anche per i misuratori di portata e di umidità installati, utilizzando i risultati di una serie di cinque misure effettuate al camino del turbogas.

In tale decreto viene previsto il calcolo dello IAR (indice di accuratezza relativo) calcolato secondo la seguente formula:

$$IAR = 100 * \left[ 1 - \frac{M + I_c}{M_r} \right]$$

dove:

$M$  : rappresenta la media aritmetica degli  $N$  valori  $X_i$ ;

$X_i$  : rappresenta il valore assoluto della differenza delle concentrazioni misurate dai due sistemi di misura (analizzatore fisso "SME" e analizzatore di riferimento "SRM");

$M_r$  : rappresenta la media dei valori delle concentrazioni rilevate dal sistema di riferimento;

$I_c$  : rappresenta il valore assoluto dell'intervallo di confidenza calcolato per la media degli  $N$  valori  $X_i$ ;

$$\text{ossia } I_c = t_n \frac{S}{\sqrt{N}}$$

$N$  : numero delle misure effettuate;

$t_n$  : rappresenta il t di Student calcolato per il livello di fiducia del 95% e per (n) gradi di libertà pari a (N-1);

$S$  : rappresenta la deviazione standard dei valori  $X_i$ .

La verifica ha esito positivo se il valore di IAR risulta essere superiore a 80 %.

Il confronto tra dati SRM-SME e le elaborazioni sono riportate in Allegato 4; si precisa che i dati SME utilizzati per la verifica di IAR sono i dati strumentali tarati attraverso le funzioni di taratura ottenute dalla prova QAL2.

Di seguito vengono riepilogati i valori di IAR ottenuti:

Analizzatore	TG12 IAR (%)	TG13 IAR (%)	TG22 IAR (%)
NO <sub>x</sub>	97,6	98,1	98,1
CO	83,8	n.c.	88,7
O <sub>2</sub>	99,4	99,2	99,5
Portata	95,0	89,4	93,2
Umidità	88,5	91,6	93,0

Sulla base dei dati sopra riportati è possibile evidenziare che gli analizzatori possiedono un grado di accuratezza soddisfacente in quanto superiore alla soglia del 80 % prevista dalla normativa vigente.

Per quanto riguarda l'analizzatore di monossido di carbonio, il calcolo dello IAR per TG13 non è stato effettuato, in quanto le concentrazioni misurate dai sistemi di analisi SRM/SME sono risultate estremamente contenute (inferiori a 3 mg/Nm<sup>3</sup>) in tutto il periodo di monitoraggio.

Per il calcolo dello IAR degli SME TG12 e TG22, sono state considerate valide n.3 coppie di misure per il calcolo dello IAR (n. minimo 3 coppie di misure).

Occorre considerare a questo proposito che l'applicazione dell'indice statistico IAR (come riportato nella Linea Guida 87/2013 "Guida tecnica per i gestori dei Sistemi di Monitoraggio in continuo delle Emissioni in atmosfera (SME)" emessa dal Gruppo interagenziale n. 1.1 "Ispezioni e Controlli" composto dalle Agenzie Ambientali ARPA e coordinato da ISPRA), è considerato inefficace per concentrazioni inferiori o prossime al limite di rivelabilità strumentale e, in generale, all'intervallo di fiducia ammesso per singolo composto.

In questi casi, per accertare che lo SME sia in grado di effettuare correttamente le operazioni di misura, è considerato valido il superamento di una verifica di linearità eseguita su 10 punti distribuiti uniformemente sulla scala di misura dell'analizzatore, come eseguito con esito positivo nella campagna analitica in oggetto.

Cabiate 07.07.2022

**TECNOLOGIE D'IMPRESA SRL a socio unico**

GESTIONE EMISSIONI:  
(Relatore)

Francesco Calò



REFERENTE EMISSIONI IN ATMOSFERA:

Marco Pelozzi



DIREZIONE:

Giorgio Penati





# **A2A GENCOGAS S.p.A.**

**Centrale di Chivasso (TO)**

## **ALLEGATO N. 1**

### **RAPPORTI DI PROVA N.**

**2201348-006 TG12**

**2201348-019 TG13**

**2201348-029 TG22**



**A2A GENCOGAS S.p.A.**

**Centrale di Chivasso (TO)**

**ALLEGATO N. 2**

**ELABORAZIONI AST**



**A2A GENCOGAS S.p.A.**

**Centrale di Chivasso (TO)**

## **ALLEGATO N. 3**

### **VERIFICHE DI LINEARITA' STRUMENTALE**

#### **RAPPORTI DI PROVA N.**

**2201348-014 TG12**

**2201348-027 TG13**

**2201348-039 TG22**



**A2A GENCOGAS S.p.A.**

**Centrale di Chivasso (TO)**

## **ALLEGATO N. 4**

### **VERIFICHE DELL'INDICE DI ACCURATEZZA RELATIVO**



**A2A GENCOGAS S.p.A.**

**Centrale di Chivasso (TO)**

**ALLEGATO N. 5**

**DOCUMENTAZIONE DEL  
LABORATORIO DI PROVA**