

**PROGETTO DI RIPOSIZIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI RECUPERO
TOTALE DI RIFIUTI DI SAN ZENO, AREZZO**

**PROCEDURA APERTA PER L'AFFIDAMENTO DELL'APPALTO PER LA
PROGETTAZIONE ESECUTIVA E LA REALIZZAZIONE DEL SISTEMA
DI TRATTAMENTO RIFIUTI CON PRODUZIONE DI VAPORE DELLA
LINEA DI RECUPERO ENERGETICO L75 DELL'IMPIANTO DI SAN
ZENO, AREZZO**

- SPECIFICA TECNICA COLLAUDI PRESTAZIONALI -

Arezzo, Giugno 2023

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
2. TERMINI DI RIFERIMENTO CONTRATTUALI E GARANZIE	7
2.1. Documenti di riferimento.....	7
2.2. Prove di collaudo	7
2.4. Condizioni di riferimento.....	9
2.4.1. Condizioni di riferimento del combustibile solido rifiuto	9
2.4.2. Impiego del combustibile ausiliario	9
3. ATTIVITA' DI COLLAUDO PRESTAZIONALE.....	10
3.1. Operazioni preliminari	10
3.2. Periodo di stabilizzazione.....	11
3.3. Durata delle prove e condizioni di validità	13
3.4. Operazioni durante il collaudo.....	14
3.4.1. Campionamento ceneri e misura della temperatura ceneri	14
3.4.2. Raccolta dati.....	15
4. STRUMENTAZIONE E MISURE.....	15
4.1. Generalità.....	15
4.2. Misure per la determinazione del rendimento.....	16
4.3. Parametri calcolati per la determinazione del rendimento.....	16
5. CALCOLO DEL RENDIMENTO TERMICO.....	18
5.1. Rendimento termico del generatore	18
5.2. Analisi degli errori e fluttuazioni di processo	20
6. RAPPORTO DI COLLAUDO.....	21

1. INTRODUZIONE

La presente specifica illustra le modalità per verificare che le prestazioni del sistema di trattamento rifiuti con produzione di vapore della linea di recupero energetico L75, di cui l'Appaltatore dovrà realizzare, presso l'Impianto di San Zeno, il canale di carico, le camere di combustione e post-combustione, il generatore di vapore, i relativi sistemi di allontanamento delle scorie e parte del ciclo termico, presso l'Impianto di San Zeno, in modo che siano soddisfatti i requisiti richiesti dalle norme di riferimento e dalla documentazione di gara.

Nel presente documento si farà riferimento a:

- normativa ASME PTC 4.1 Ed. 1964;
- norma italiana CTI-UN 9246 riguardante i forni d'incenerimento dotati di recuperatori di calore per taluni aspetti particolari;
- "Metodo Indiretto" per il calcolo del rendimento termico.

Le fasi descritte nella seguente Specifica sono riassumibili nei seguenti macro-punti:

1) COMPLETAMENTO MECCANICO E COMMISSIONING A FREDDO – DURATA:
ALMENO 15 GIORNI

Una volta che l'appaltatore ha completato l'appalto per quanto riguarda la parte meccanica, strumentale ed elettrica la Stazione appaltante, in seguito ad approfondita ispezione visiva (interna ed esterna) e con misure non distruttive di quanto realizzato, presenta la lista delle non conformità e dà il tempo per la loro risoluzione, proporzionale all'entità delle non conformità (in ogni caso non inferiore a 15 giorni). In questa fase la stazione appaltante verifica anche:

- il corretto collegamento con tutte le altre strutture, macchine ed apparecchi costituenti l'intera linea L75 e non installate dall'appaltatore;
- il corretto funzionamento di tutte le valvole e strumenti;
- il corretto funzionamento di tutti i motori, ventilatori;
- la conclusione del software di gestione in distante del processo di funzionamento della L75.

L'appaltatore, entro il termine temporale dato dalla stazione appaltante, deve determinare e risolvere tutte le non conformità e deve effettuare anche tutte le prove a freddo necessarie per appurare che tutto è completo e realizzato come da progetto.

Durante il commissioning a freddo la L45 deve continuare a marciare regolarmente.

2) FASE DI COMMISSIONING A CALDO SENZA RIFIUTI NEL FORNO – DURATA: 1 MESE

In questa fase – senza immissione di rifiuto in forno - si procede con la prima accensione della L75, con l'essiccamento dei refrattari, con la bollitura della caldaia (quest'ultima della durata di circa 1 settimana) e poi con la soffiatura del vapore (durata di 2/3 settimane). Si precisa che tale fase di prova della L75 avverrà con i bruciatori alimentati esclusivamente a metano (senza immissione di rifiuto nel forno), con la linea trattamento fumi composta da un solo filtro a maniche (filtro a maniche 1) e senza trattamento acidi e garantendo l'estrazione dei fumi mediante la canna fumaria non utilizzata (che sarà indicata nel prosieguo canna fumaria 2) e che sarà posta accanto a quella in uso alla L45 (che è indicata, nel prosieguo canna fumaria 1), tramite un estrattore fumi dedicato (il n. 4, che funzionerà in maniera indipendente rispetto a quello in uso per la linea L45). Per effettuare simili prove, la nuova linea L75 (composta da nuovi canale di carico, camere di combustione e post-combustione, generatore di vapore, ECO1, ECO2 ma senza aver installato ECO3) sarà collegata al filtro a maniche 1 ed alla tubazione di aspirazione del ventilatore n.4; la tubazione di mandata di quest'ultimo, a sua volta, verrà collegata alla canna fumaria 2 dedicata. La bollitura della caldaia consisterà nel mantenere il vapore, per circa una settimana, a 4-5 bar di pressione e verificando che non ci siano perdite o inconvenienti. Subito dopo, con la soffiatura del vapore, si procederà intercettando tutte le linee del vapore a monte della turbina ed inserendo in esse delle flange cieche in rame; portando poi il vapore a 15-20 bar di pressione, si verifica il funzionamento del sistema in transitorio, variando la velocità del vapore ed inducendo shock termici. Successivamente, di volta in volta, si rimuovono le piastrene e si controlla se ci sono testimoni e si ripete la procedura. Dopo circa due o tre settimane di tali prove di soffiatura, quando nei testimoni non vi sono più segni, si

può considerare completato il test e si può iniziare a mandare il vapore prodotto dalla L75 in turbina. Si conferma che, come anticipato, in tutta questa fase, si garantirà il fabbisogno termico esclusivamente mediante i bruciatori, alimentati a metano.

Durante la fase di cui al presente punto, la L45 deve continuare a marciare regolarmente.

3) SPEGNIMENTO DELLA L45 E SWITCH DELLA NUOVA L75 ALLA CANNA FUMARIA 1 ESISTENTE – DURATA: 10 GIORNI

Dopo lo spegnimento della L45 l'Appaltatore ha 10 (dieci) giorni naturali e consecutivi per inserire l'ECO3 (all'interno della tramoggia del SCR), collegare idraulicamente le linee di arrivo e ritorno allo scambiatore di cui sopra ed operare lo switch, della linea di recupero energetico L75 al sistema trattamento fumi completo di canna fumaria 1. In altri termini, verrà installato e collegato lo scambiatore ECO3 che non era stato installato nelle precedenti fasi (dato che la L45 era ancora attiva), verranno scollegati il ventilatore n. 4 e la canna fumaria 2 utilizzati per la bollitura e la soffiatura e, nella T (presente a valle del reattore della L45 ed a monte del filtro a maniche 1), verrà scollegato il condotto in uscita dal reattore a semisecco della L45 e verrà collegato invece quello in uscita dal reattore a calce. In questo modo, la nuova linea di recupero energetico L75 sarà collegata alla linea di trattamento fumi nella sua configurazione completa ed i fumi, estratti dall'estrattore di coda principale, verranno inviati alla canna fumaria 1.

4) FASE DI COMMISSIONING A CALDO CON RIFIUTI IN FORNO - DURATA MINIMA: 2 MESI

In questa fase, che avrà inizio alla conclusione di tutte le attività previste nella fase precedente, si accende la nuova L75 con il rifiuto presente nel forno; la nuova linea di recupero energetico risulterà collegata alla linea trattamento fumi composta da reattore a bicarbonato, filtro a maniche 1, reattore a calce e sistema di iniezione dei carboni attivi, filtro a maniche 2, SCR, canna fumaria 1. L'estrazione dei fumi di combustione sarà assicurata dall'elettroventilatore principale e, in condizioni di emergenza, dall'elettroventilatore di emergenza e dal motoventilatore esistenti. In questa fase il

monitoraggio delle emissioni in continuo sarà attivo. Finita questa fase di esercizio provvisorio della L75 che, complessivamente, durerà 3 mesi (composta da commissioning a caldo senza immissione di rifiuti, che dura 1 mese e commissioning a caldo con immissione di rifiuti che dura 2 mesi), si passa alla fase dei collaudi prestazionali veri e propri.

5) FASE DI COLLAUDO PRESTAZIONALE - DURATA MINIMA: 2 GIORNI

Tale parte del collaudo si compone delle seguenti due fasi:

- 12 ore di stabilizzazione della L75, nelle quali la linea opera in condizioni di funzionamento stabili;
- 12 ore di collaudo prestazionale, nel quale vengono raccolti tutti i dati necessari relativi al funzionamento della linea e al suo rendimento, nonché alla produzione di vapore ed alle emissioni al camino.

In caso di esito positivo dei collaudi di cui sopra, la Stazione appaltante prende finalmente in consegna la linea e da questo momento inizia il periodo di garanzia.

6) FASE DI CONTROLLO DOCUMENTALE

In questa fase la Stazione appaltante procede alla verifica di tutta la documentazione consegnata dall'Appaltatore. Nel fascicolo documentale, che dovrà essere consegnato in formato elettronico (PDF e DWG) ed in copia cartacea, devono essere presenti (in lingua italiana) almeno tutti i documenti riportati all'Art. 11 del Capitolato tecnico, oltre a tutta la documentazione prevista dalle normative vigenti ed al Certificato di collaudo.

Come anticipato, quindi, i principali requisiti per la collaudabilità della Linea L75 sono i seguenti:

- Montaggi meccanici completati;
- Commissioning a freddo eseguito;
- Commissioning a caldo e avviamento eseguiti;
- Prove funzionali di carico eseguite;
- Tutti i sistemi ausiliari funzionanti;
- Presenza di tutta la documentazione richiesta e prevista normative vigenti.

Si precisa che la Stazione appaltante metterà a disposizione il personale di esercizio necessario per l'esecuzione dei collaudi.

2. TERMINI DI RIFERIMENTO CONTRATTUALI E GARANZIE

2.1. Documenti di riferimento

Tra i documenti di riferimento sono i seguenti:

- Normativa ASME PTC 4.1 Ed. 64;
- PFD (Process Flow Diagram) facenti parte della progettazione esecutiva;
- P&ID (Process and Instrumentation Diagram) facenti parte della progettazione esecutiva.

2.2. Prove di collaudo

Durante il collaudo prestazionale, dopo aver accertato il corretto funzionamento del metodo indiretto per il calcolo del potere calorifico inferiore (c.d. PCI) verranno verificate le seguenti prestazioni:

- a) Rendimento: verrà confrontato il rendimento reale con quello dichiarato dall'appaltatore in fase di gara;
- b) Caratteristiche del vapore surriscaldato all'uscita dell'ultimo SH (portata, pressione, temperatura, ecc.) alle condizioni pari al 100 % ed al 110 % del carico nominale;
- c) Concentrazioni al camino di CO e NOx.

In merito al punto c) di cui sopra, si precisa che per la verifica delle concentrazioni di CO rispetto a quanto dichiarato in fase di gara, verranno effettuate da un laboratorio accreditato tramite strumentazione portatile calibrata. Si procederà allo stesso modo, per la verifica delle concentrazioni di NOx.

Il collaudo termico prestazionale non contempla la verifica della disponibilità di impianto (minimo di 7.800 ore di funzionamento annue, anche non continuative), che viene ovviamente verificato dopo 1 anno di marcia da parte della stazione appaltante.

Le verifiche di rendimento termico saranno eseguite nelle condizioni di alimentazione con rifiuto

come combustibile ed al carico di riferimento nominale (100%):

- Input termico da combustibile: 22,5 MWt
- Produzione di vapore surriscaldato alla presa: 25,4 t/h

Nel caso in cui l'appaltatore abbia dichiarato un rendimento termico anche nel caso di carico al 110% di quello nominale, il test verrà ripetuto anche per il 110% del carico nominale.

Nota: l'input termico alla griglia di combustione è definito come prodotto della portata di combustibile solido per il potere calorifico inferiore del rifiuto. La portata di combustibile viene misurata dal sistema di pesatura installato sul sistema di alimentazione della L75, regolarmente tarato dalla stazione appaltante. Il PCI viene misurato dal metodo indiretto.

Durante la prova di collaudo prestazionale non è prevista l'alimentazione con combustibile ausiliario (metano o gasolio) ed anche le verifiche delle emissioni saranno eseguite nelle condizioni di carico sopra citate.

Il collaudo da eseguire è il seguente:

Carico nominale (22,5 MWt)

- Rendimento garantito: quello dichiarato dall'appaltatore in fase di gara;
- Temperatura vapore surriscaldato: 423 °C
- Pressione del vapore surriscaldato: 41 bar a
- Portata vapore SH (garantita): 24.500 kg/h
- Temperatura acqua alimento caldaia ECO1: 130-135 °C
- Ossigeno nei fumi (di riferimento): quello previsto nel PFD allegato al progetto esecutivo.
- Spurgo continuo: Aperto
- Sfiati e drenaggi: Chiusi
- Ricircolo fumi: in servizio
- Preriscaldatore aria primaria: in servizio (in funzione dei requisiti di combustione)
- Vapore servizi: chiuso (per il vapore di strippaggio al degasatore occorre utilizzare lo spillamento dalla turbina).

l'appaltatore potrà essere tutte le prove che ritiene utile per procedere al corretto allineamento del

processo prima di procedere al collaudo prestazionale.

2.4. Condizioni di riferimento

Di seguito si intende descrivere le condizioni di riferimento per l'esecuzione delle prove di collaudo.

2.4.1. Condizioni di riferimento del combustibile solido rifiuto

Per le tipologie di impianto come la presente, ai fini della verifica delle prestazioni, è di notevole importanza la natura e caratteristiche del combustibile, che avrà le caratteristiche previste nella documentazione tecnica di gara.

Il combustibile sarà ovviamente messo a disposizione a cura e spese della Stazione appaltante.

2.4.2. Impiego del combustibile ausiliario

I bruciatori a servizio della linea L75 possono essere alimentati con gasolio o con metano (la scelta della tipologia di combustibile utilizzata sarà a insindacabile giudizio della Stazione appaltante) e, sia la prima accensione che la fase di bollitura del GV, saranno svolte con i bruciatori alimentati esclusivamente a metano.

Si precisa che sarà impiegato metano per la fase di avviamento e riscaldamento della camera di combustione e della griglia utilizzando i bruciatori ausiliari posti sopra griglia e il bruciatore di postcombustione, in ottemperanza alle norme ambientali vigenti

Si conviene però che, qualora durante le fasi di collaudo, a causa del peggioramento delle caratteristiche del combustibile solido o per un qualunque inconveniente nella gestione della combustione, dovesse transitoriamente intervenire il combustibile ausiliario, la prova potrà continuare regolarmente e verrà considerata ugualmente valida

In caso di uso prolungato e continuato dei bruciatori (almeno 30 minuti senza interruzione) si dovrà calcolare l'apporto di energia da parte dei bruciatori.

3. ATTIVITÀ DI COLLAUDO PRESTAZIONALE

Di seguito vengono descritte le principali attività da eseguire durante la prova di prestazione, la quale si articola nei seguenti punti principali:

- operazioni preliminari di verifica;
- periodo di stabilizzazione;
- prova ufficiale di garanzia;
- raccolta dati.

3.1. Operazioni preliminari

Prima dell'inizio della prova sarà effettuata una riunione tra le Parti, in modo da finalizzare tutti i dettagli del collaudo stesso; base di discussione saranno i seguenti punti:

- Definizione team di collaudo e nomina del proprio responsabile;
- Definizione programma temporale di collaudo (nel rispetto dei precedenti paragrafi);
- Scelta laboratorio per l'analisi delle ceneri da parte della stazione appaltante. Sarà scelto un laboratorio nazionale certificato ACCREDIA.
- La stazione appaltante provvederà a proprie spese a far analizzare i campioni di ceneri prelevati durante il collaudo. I campioni verranno sempre prelevati in contraddittorio.
- Strumentazione a servizio della linea;
- Addestramento operatori dedicati alle misure;
- Definizione delle condizioni operative al contorno che dovranno essere create e mantenute durante i periodi di collaudo.

Per quanto riguarda la misura delle concentrazioni di CO e NOx, le misure verranno effettuate, da laboratorio accreditato, mediante strumentazione calibrata portatile.

Prima dell'inizio della prova di garanzia sarà effettuata una prova preliminare al fine di controllare che tutto sia in ordine, sia come assetto d'impianto che come correttezza e congruenza delle misure.

La durata del test preliminare, salvo diverso accordo tra le Parti, avrà la stessa durata delle prove ufficiali o di garanzia. Previo accordo tra le Parti, la prova preliminare può essere considerata prova di garanzia ufficiale.

Si dovrà verificare che:

- tutte le parti del generatore di vapore siano in un normale stato di pulizia;
- tutte le apparecchiature meccaniche ed elettriche siano efficienti ed in ottime condizioni;
- sia disponibile un sistema efficiente di segnalazione e comunicazione interna, per indicare l'inizio e la fine delle prove ed eventualmente i vari intervalli durante i quali verranno effettuate le prove;
- sia disponibile un sistema d'illuminazione delle stazioni di lettura;
- sia disponibile personale in numero adeguato alla lettura ed al corretto uso degli strumenti. Il personale dedicato alle letture, se occorre, dovrà essere addestrato prima dell'inizio della prova ufficiale;
- il serbatoio soluzione di urea contenga una quantità sufficiente di soluzione in modo da soddisfare la richiesta di iniezione nel sistema di abbattimento degli NOx della L75;
- il silo raccolta ceneri abbia volume sufficiente per raccogliere le ceneri prodotte durante il periodo di collaudo;
- i serbatoi dei condizionanti chimici contengano una quantità di soluzione sufficiente per coprire il fabbisogno della L75 durante il collaudo.

3.2. Periodo di stabilizzazione

Prima dell'inizio del periodo di stabilizzazione si dovranno eseguire le seguenti operazioni:

- montaggio e controllo di tutta la strumentazione speciale usata per il collaudo (se necessario);
- controllo dell'operatività di tutta la strumentazione in campo;
- verifica disponibilità certificati di taratura;
- controllo generale della L75 e delle apparecchiature installate;
- devono essere regolarmente funzionanti i seguenti sistemi:
 - dosaggio soluzione urea;
 - trasporto ceneri;
 - dosaggio e condizionamento dell'acqua di alimento;

- trasporto combustibile solido;
- verificare assenza di perdite;
- verifica rientrate d'aria;
- chiusura di tutti gli sfiati e drenaggi;
- verifica dei set-points impostati;
- messa a punto dei parametri operativi e verifica preliminare dei fumi in uscita;
- allineamento dell'alimentazione del combustibile (con un PCI il più possibile simile a quello riportato nella documentazione di gara), in modo da raggiungere le condizioni di vapore prossime alle condizioni di riferimento (portata vapore, pressione, temperatura).
- le condizioni di assetto del generatore devono essere le più vicine possibili a quelle di riferimento.

Non appena viene raggiunto il carico relativo al test da effettuare, si può dare inizio al periodo di stabilizzazione della L75; si precisa che, indicativamente, per queste tipologie di impianti, il periodo di stabilizzazione ha durata di 12 ore.

Durante tale periodo si dovrà perseguire la stabilizzazione della L75

Resta inteso che, se le condizioni d'impianto fossero stazionarie e si dimostrassero affidabili, il periodo di stabilizzazione potrà essere di durata più breve di 12 ore, previo accordo tra le Parti.

Durante il periodo di stabilizzazione devono essere verificate, con continuità, le seguenti condizioni:

- mantenimento della portata di alimentazione del combustibile solido prossima al valore di riferimento, e comunque ad un valore tale da mantenere stabile il valore della portata vapore;
- mantenimento della temperatura del vapore surriscaldato al valore di riferimento;
- regolazione ossigeno nei fumi per ottenere il valore di riferimento mediante eventuali aggiustamenti della portata aria e/o del ricircolo fumi, controllando contestualmente il tenore di CO nei fumi;
- controllare le emissioni al camino ed eventualmente portare aggiustamenti ai vari additivi per il controllo delle emissioni;

- appostamento del set-point di regolazione temperatura acqua ingresso degasatore, al valore tale da avere la temperatura acqua alimento più vicina possibile al valore riportato nella documentazione tecnica.

Si precisa che le operazioni citate saranno svolte, di norma, dal sistema di controllo automatico del DCS.

In ogni caso, in sede di collaudo, per ottenere condizioni ottimali di stabilità e condizioni dei parametri di processo, il più vicino possibile a quelle di riferimento, potranno essere eseguite operazioni in "modalità manuale".

3.3. Durata delle prove e condizioni di validità

La prova di collaudo sarà condotta secondo le seguenti modalità e tempistiche, salvo diverso accordo fra le Parti in sede di riunione preliminare:

- Raggiungimento carico termico;
- Periodo di stabilizzazione (12 ore);
- Collaudo ufficiale.

Il collaudo avrà preferibilmente una durata di 24 ore. Durante le prove di collaudo saranno individuate delle "finestre di esercizio", della durata di 4 ore a carico stabile.

Per quanto riguarda la verifica del rendimento termico, la finestra di esercizio avrà una durata non inferiore alle 72 ore consecutive.

Nelle "finestre di esercizio", le fluttuazioni dei parametri controllati non dovranno eccedere il 10 % rispetto al valore di riferimento. Sarà sufficiente avere una finestra di servizio utile per considerare valido il collaudo.

I parametri la cui fluttuazione deve essere limitata riguarderanno, in particolare, i gruppi:

- Circuito acqua - vapore di caldaia;
- Sistema acqua alimento.

Se necessario la durata della prova sarà prolungata.

Fluttuazioni momentanee possono essere tollerate purché non sussistano dubbi nel ritenere che le fluttuazioni stesse non abbiano perturbato apprezzabilmente l'equilibrio di funzionamento del generatore ed influenzato il risultato delle prove.

Qualora si dovessero riscontrare delle letture errate di strumentazione durante l'esecuzione del collaudo, lo stesso non verrà sospeso, previo accordo fra le Parti sui seguenti punti:

- i dati errati possono essere valutati o con il calcolo o attraverso altre modalità di misura;
- la totale indisponibilità di una certa misura non pregiudica la continuazione del test e la determinazione del rendimento termico.

In caso di condizioni meteorologiche particolarmente avverse, le prove di collaudo, su consenso da entrambe le Parti, potranno essere sospese.

3.4. Operazioni durante il collaudo

3.4.1. Campionamento ceneri e misura della temperatura ceneri

Per il campionamento ceneri si considerano due punti di prelievo.

- Scorie (o ceneri pesanti) scarico griglia e prelevate allo scarico trasportatore a bagno d'acqua;
- Ceneri leggere prelevate allo scarico trasportatore raccolta tramogge canale convettivo.

Il punto di prelievo sarà identificato in posizione significativa e comunque da verificare e concordare sul posto; a tal proposito, sarà utilizzato un contenitore di almeno 1 litro in plastica.

Ogni 2 ore sarà effettuato un prelievo per ogni tipologia che dovrà essere opportunamente identificato.

Il contenuto dei contenitori prelevati nelle ore coincidenti con le "finestre temporali" scelte per il collaudo, sarà utilizzato per comporre il campione medio.

I contenitori contenenti i campioni medi saranno opportunamente sigillati ed identificati con data, ora e tipo di collaudo.

Nel punto di prelievo delle ceneri si effettuerà, inoltre, a intervalli di 2 ore, una misura della temperatura delle ceneri mediante una sonda di temperatura portatile a lettura diretta per le ceneri raccolta convettiva. Per le ceneri scaricate dalla griglia, la misura di temperatura sarà eseguita sul condotto di scarico griglia al trasportatore a bagno d'acqua.

3.4.2. Raccolta dati

Il numero, la frequenza e il tipo di letture da effettuare saranno concordare tra le parti; tutte le misure dovranno essere prese simultaneamente, da diverse persone, nei differenti punti di misura previsti, nel caso in cui non si voglia fare uso della strumentazione in campo

Tutte le grandezze disponibili a DCS saranno registrate nel periodo di collaudo, oltre a quelle di cui sopra.

Per le registrazioni a DCS saranno sufficienti i tabulati di stampa del sistema; ogni 30 minuti saranno stampate anche tutte le pagine grafiche del DCS.

Inconsistenza palese dei dati. Se si rileveranno serie inconsistenze nei dati osservati durante la prova o durante il computo dei dati acquisiti, il collaudo dovrà essere ripetuto. Previo accordo fra le Parti, se la prova di collaudo consente di ritagliare una finestra temporale significativa per quanto concerne i dati rilevati, il collaudo potrà essere ritenuto valido.

Raccolta dati. Al termine di ogni prova di collaudo tutti i fogli contenenti i risultati delle letture (compresi i tabulati DCS) verranno raccolti per essere contestualmente firmati dai rappresentanti delle due Parti e quindi immediatamente riprodotti e distribuiti. Sarà poi compilato un verbale di prova che sarà controfirmato dai Responsabili di collaudo e distribuito in copia alla Parti.

4. STRUMENTAZIONE E MISURE

4.1. Generalità

- L'elenco dei parametri da misurare e la relativa strumentazione di campo da utilizzare, verranno concordati tra le parti;
- Tutti gli strumenti utilizzati per il collaudo, le cui misure hanno rilevanza ufficiale, devono essere calibrati e deve essere disponibile il relativo certificato;
- Previo accordo tra le Parti, possono essere utilizzati gli strumenti in campo in linea;
- Per ogni strumento dovranno essere disponibili tutte le caratteristiche (tipo, range, precisione, nome costruttore, ecc.);
- Per le misure di portata dovranno essere verificate le formule di compensazione a DCS;
- Poiché la misura della portata acqua alimento e vapore surriscaldato non saranno coincidenti

(anche se lo spurgo continuo è chiuso), come portata di fluido secondario si assumerà la media aritmetica delle due.

4.2. Misure per la determinazione del rendimento

- **Analisi dei gas combustibili**

Gli analizzatori devono essere connessi al condotto dei fumi, in posizione accessibile.

Ai fini della valutazione del rendimento, risultano di interesse seguenti parametri:

- concentrazione di H_2O ;
- concentrazione di O_2 sul secco;
- concentrazione di CO_2 sul secco;
- concentrazione di N_2 sul secco.

- **Temperatura dei fumi**

La temperatura dei fumi verrà rilevata all'uscita del volume di controllo considerato (punto di misura in uscita filtro a maniche a valle della presa di ricircolo fumi). I valori rilevati saranno inoltre verificati con PT 100 calibrata (o con TC calibrata), e se la misura in linea risulta allineata, si potrà procedere all'utilizzo dei trasmettitori di temperatura in campo.

- **Ceneri (pesanti e leggere)**

Per le ceneri saranno eseguiti i prelievi come descritto precedentemente. Ogni campione medio delle ceneri sarà sottoposto ad analisi da parte di un laboratorio nazionale certificato ACCREDIA stabilito dalla stazione appaltante. L'analisi dovrà determinare:

- l'umidità;
- contenuto di incombusti;
- densità.

4.3. Parametri calcolati per la determinazione del rendimento

La procedura di calcolo viene esposta al successivo paragrafo 6. Alcune grandezze, necessarie per il

calcolo del rendimento, saranno valutate tramite procedimento analitico non essendo possibile o praticabile la determinazione per via diretta. Le proprietà fisiche dei materiali e fluidi saranno valutate tramite correlazioni o tabelle.

- **Calcolo perdite per irraggiamento**

Per il calcolo delle perdite per irraggiamento e convezione, sarà necessario disporre delle temperature delle pareti del forno e della caldaia. Le temperature del lamierino del casing saranno acquisite tramite termometro a contatto portatile a lettura diretta o pirometro ottico, almeno una volta durante il collaudo.

Una volta nota la mappa delle temperature di ogni parete, si procederà al calcolo della potenza termica dispersa come descritto nel successivo paragrafo 6.

- **Proprietà fisiche acqua, fumi, combustibile aria**

Le proprietà del vapore e dell'acqua saranno determinate tramite le tabelle acqua e vapore VDI.

Le proprietà dei fumi, combustibili e aria saranno ricavate dalle curve o tabelle riportate nelle ASME PTC 4.1.

Nel caso in cui le tabelle previste dalle normative fossero inapplicabili, per la valutazione delle proprietà suddette si potrà fare ricorso ad altre norme o a correlazioni riportate in letteratura.

5. CALCOLO DEL RENDIMENTO TERMICO

5.1. Rendimento termico del generatore

Durante l'esecuzione del collaudo prestazionale verrà anche verificato il rendimento termico reale del sistema forno caldaia rispetto a quanto dichiarato in sede di gara. Considerata la forte variabilità del potere calorifico inferiore (PCI) del rifiuto, il valore del rendimento è da intendersi quale valore medio calcolato nella finestra di esercizio pari a 72 ore consecutive.

CALCOLO DEL RENDIMENTO

Per il calcolo del rendimento medio si utilizzerà la procedura indicata nel "MANUALE DI GESTIONE DEL SISTEMA DI CALCOLO CON METODO INDIRETTO DEL PCI DEI RIFIUTI AVVIATI ALLA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI RECUPERO INTEGRALE DEI RIFIUTI DI SAN ZENO, AREZZO" Rev. 02 del 20/02/2019 previsto dal D.D. n°10857 del 25/07/2017 della Direzione Ambiente ed Energia, Settore Bonifiche e autorizzazioni rifiuti, della Regione Toscana prot. A000E.RT – 0372821-2017.07.26.

Il rendimento medio del sistema forno caldaia η_{fc} è definito come riportato nella seguente formula:

$$\eta_{fc} = 100 - 100 \times P_p / (M_R \times PCI_R + B) (\%)$$

Dove:

$$P_p = E_{irr} + E_{inc} + E_{cen} + Q_{fu} \cdot H_{fu} + Q_{A2} \cdot H_{A2} \text{ (kW)}$$

$$B = M_A \cdot CSP_A \cdot (T_A - T_0) + M_{H_2O} \cdot H_{H_2O} + M_{As} \cdot CSP_{As} \cdot (T_{As} - T_0) \text{ (kW)}$$

Il significato dei termini delle precedenti equazioni è illustrato nella legenda di seguito riportata e sono da intendersi quali valori medi calcolati nella finestra di esercizio di 72 ore consecutive. La quantificazione delle grandezze misurabili in continuo verrà effettuata sia con gli strumenti di misura già presenti (per esempio cella di carico del carroponte, sistema di misura composizione

fumi SME) sia con quelli installati sulla nuova fornitura con le caratteristiche riportate nei capitolati tecnici relativi alla presente procedura di gara.

Ad eccezione delle perdite per irraggiamento (E_{irr}) che dovranno essere assunte nelle verifiche pari al 2%, per quanto riguarda le grandezze non misurabili in continuo o non misurabili, si rimanda a quanto riportato nel “MANUALE DI GESTIONE DEL SISTEMA DI CALCOLO CON METODO INDIRETTO DEL PCI DEI RIFIUTI AVVIATI ALLA LINEA DI TERMOVALORIZZAZIONE DELL’IMPIANTO DI RECUPERO INTEGRALE DEI RIFIUTI DI SAN ZENO, AREZZO” Rev. 02 del 20/02/2019 previsto dal D.D. n°10857 del 25/07/2017 della Direzione Ambiente ed Energia, Settore Bonifiche e autorizzazioni rifiuti, della Regione Toscana prot. A000E.RT – 0372821-2017.07.26.

Legenda

M_R = massa di rifiuto in ingresso al sistema;

PCI_R = potere calorifico inferiore medio del rifiuto (calcolato con il metodo indiretto come valore medio del PCI del rifiuto trattato durante le 72 ore consecutive della finestra di esercizio);

M_A = massa di aria in ingresso al sistema;

CSP_A = calore specifico dell’aria, calcolato dalla legge dei gas perfetti;

T_A = temperatura dell’aria in ingresso al sistema;

T_0 = temperatura di riferimento, assunta pari a 298.15 K;

M_{H_2O} = massa di acqua immessa nel sistema;

H_{H_2O} = entalpia dell’acqua;

M_{As} = massa aria secondaria e di fumi di ricircolo in ingresso al sistema;

CSP_{As} = calore specifico dell’aria secondaria, calcolato dalla legge dei gas perfetti;

T_{As} = temperatura aria secondaria e di fumi di ricircolo in ingresso al sistema;

M_v = Massa del vapore surriscaldato prodotto;

H_v = Entalpia del vapore surriscaldato;

$E_{irr} = 2\%$;

E_{inc} = energia dispersa per incombusti, calcolata sulla base di misure da laboratorio;

E_{cen} = energia dispersa nelle ceneri pesanti e leggere;

Q_{fu} = portata dei fumi, calcolata dal bilancio all'economizzatore;

H_{fu} = entalpia di fumi;

T_{fu} = temperatura dei fumi;

Q_{A2} = portata di acqua in uscita dal riscaldatore aria vapore;

H_{A2} = entalpia dell'acqua in uscita dal riscaldatore aria vapore.

5.2. Analisi degli errori e fluttuazioni di processo

Il valore del rendimento medio del sistema forno caldaia è affetto da un errore dato soprattutto dai seguenti contributi:

- errore sulla determinazione del potere calorifico inferiore con il metodo indiretto. L'errore in parola è frutto della combinazione di tutti gli errori degli strumenti che verranno installati, come da specifiche tecniche, nella fornitura oggetto della presente procedura di gara. Per tale ragione, una volta noti gli errori di tali strumenti si procederà a calcolare l'incertezza composita secondo quanto previsto dalle seguenti norme tecniche: **UNI CEI 70098:2016 “Guida all'espressione dell'incertezza di misura”**; **SINAI DT-0002, 2000 “Guida per la valutazione e la espressione dell'incertezza nelle misurazioni”**.
- errore dovuto alla determinazione della temperatura uscita fumi. Tale valore verrà assunto essere pari all'errore di misura della sonda di temperatura a tale scopo utilizzata.

L'errore composito dovuto ai due precedenti errori verrà calcolato mediante la seguente formula:

$$\delta\eta = \sqrt{\sum (\varepsilon_i^2)}$$

dove ε_i sono le incertezze/errori sul rendimento dovuto al contributo della generica variabile i -esima.

Ai fini della garanzia il rendimento calcolato/corretto sarà determinato a meno di un $\pm \delta\eta$ e pertanto il collaudo si riterrà superato se:

$\eta_{fc} + \delta\eta > \eta$ garantito.

6. RAPPORTO DI COLLAUDO

Al termine della serie di prove previste per il collaudo, si redigerà il certificato di collaudo.

