



**STUDIO DI FATTIBILITÀ DI UN IMPIANTO PER
L'ABBATTIMENTO DEI COMPOSTI ORGANICI VOLATILI
PRESENTI NEGLI EFFLUENTI GASSOSI DELLA LINEA
DI COTTURA PER LA PRODUZIONE DI CLINKER**

GALATINA – ITALIA

**P21090211 – Rev. 0
21 Settembre 2021**

0. INDICE

A.	PREMESSA	3
B.	INFORMAZIONI GENERALI	6
C.	RELAZIONE TECNICO – ILLUSTRATIVA.....	7
1	Caratterizzazione chimico-fisica delle materie prime impiegate nel processo ed in particolare del COT in esse presenti	7
2	Descrizione del processo tecnologico e relativi parametri di processo.....	9
3	Analisi delle criticità di un impianto di abbattimento del COT in un forno per la produzione di clinker	16
4	Descrizione dell'impianto sia relativamente agli aspetti impiantistici che a quelli di processo.....	17
5	Cronoprogramma per la fase di studio, di ingegnerizzazione e di realizzazione dell'impianto	23
6	Misure e riscontri analitici.....	23
7	Stima sommaria dei lavori anche per l'aspetto economico.....	24
D.	ALLEGATI	

A. PREMESSA

Il presente studio di fattibilità è redatto al fine di valutare ed illustrare gli interventi necessari per la realizzazione di un impianto in grado di ridurre il contenuto dei composti organici volatili, espressi come Carbonio Organico Totale (COT), presenti nel punto di emissione in atmosfera (Camino E06) della linea di cottura del clinker dell'impianto Colacem di Galatina.

Premessa importante dello studio proposto è la considerazione che ad oggi non sono disponibili nel settore dell'industria del cemento, in Italia né tantomeno in Europa, applicazioni simili. In particolare lo studio si pone come obiettivo quello di trasferire sui forni da cemento la tecnologia dell'adsorbimento a carboni attivi già impiegata in altri settori industriali con differenti processi tecnologici sia per complessità che per dimensioni.

Vanno elencate quindi tutte le possibili problematiche relative alla sicurezza dell'esercizio dell'impianto: Infatti l'impiego dei carboni attivi è poco compatibile, per l'elevato rischio di esplosione, con i filtri elettrostatici che normalmente vengono impiegati nel ciclo tecnologico del cemento in virtù del loro alto rendimento così come avviene anche nell'impianto Colacem di Galatina; la presenza della sezione elettrostatica, con gli elevatissimi campi elettrici che induce, è sicuramente fonte di sorgenti di innesco. Come è chiaramente evidenziato nelle schede di sicurezza del carbone attivo, quest'ultimo è un prodotto classificato St1, cioè può dare origine ad atmosfere potenzialmente esplosive e quindi è necessario evitare di far entrare in contatto le polveri di carbone attivo con la sezione elettrostatica. Va inoltre valutata la possibile formazione di atmosfere potenzialmente esplosive in prossimità delle maniche della 2°, 3° e 4° sezione filtrante, durante le fasi di pulizia con aria in contropressione delle maniche stesse. Questa criticità andrà effettivamente verificata in fase sperimentale.

A fronte di quanto sopra esposto, è senz'altro necessaria una prima fase di test della tecnologia, per verificarne su scala ridotta sia la funzionalità effettiva sia la sicurezza dell'esercizio. A tale scopo verranno utilizzati i due filtri di test posti a valle del filtro principale dove verrà iniettato il carbone attivo in piccole quantità analizzando l'effetto sulle emissioni e gli eventuali accumuli di carbone sugli elementi filtranti in modo da verificare la formazione di concentrazioni

potenzialmente pericolose. Tale attività preliminare di test avrà una durata di circa 3-4 mesi e servirà per verificare la funzionalità dell'impianto proposto e validarne la soluzione tecnologica.

La presente relazione tecnico-illustrativa contiene:

1. Caratterizzazione chimico-fisica delle materie prime impiegate nel processo ed in particolare del COT in esse presenti;
2. la descrizione del processo tecnologico con particolare riferimento alle macchine impiegate nell'impianto (torre di precalcinazione a 5 stadi di cicloni con camera e condotto calcinante, filtro ibrido per il trattamento dei gas, ecc.) e ai valori di riferimento dei parametri di processo (temperature, portate, pressioni, composizione chimica della miscela cruda di materie prime e dei gas in uscita) della linea di cottura del clinker in esame;
3. l'analisi delle criticità di un impianto di abbattimento del COT in un forno per la produzione di clinker;
4. la descrizione dell'impianto proposto sia relativamente agli aspetti impiantistici che a quelli di processo;
5. il cronoprogramma per la fase di studio, di ingegnerizzazione e di realizzazione dell'impianto;
6. una stima sommaria dei lavori anche per l'aspetto economico.

Alla luce di quanto evidenziato in merito all'aspetto sperimentale dello studio si fa presente che Redecam Group S.p.A. è una delle aziende leader nella tecnologia per la filtrazione di gas negli impianti di cementeria e si avvarrà della collaborazione di Colacem, utilizzando l'impianto di Galatina come laboratorio per la sperimentazione. Sarà possibile solo in un secondo tempo una corretta valutazione degli esiti di tali prove sperimentali: questo perché, trattandosi di una prima esperienza su un impianto da cemento, risulta difficile poter valutare in fase progettuale quale sarà il reale abbattimento del contenuto di COT dei gas emessi dal camino dell'impianto Colacem di Galatina.

La prevista fase di test, permetterà di effettuare una valutazione preliminare sull'efficienza e sulla sicurezza della soluzione, mentre l'effettiva funzionalità ed il reale grado di abbattimento del contenuto di COT sarà possibile solo dopo la realizzazione dell'impianto e la sua messa in esercizio.

B. INFORMAZIONI GENERALI

B.1 Dati di Impianto

impianto	:	Galatina	Italia	
altezza s.l.m.	:	75	m	
temperatura ambiente (min/max)	:	-5 ÷ +35	°C	
umidità	:	30 ÷ 95	%	(*)
tensione (bassa)	:	380	V	
tensione ausiliaria	:	220	V	
	:	24	VDC	
frequenza	:	50	Hz	
classe di protezione	:	IP 55		
classe di isolamento	:	F rif. B		

C. RELAZIONE TECNICO – ILLUSTRATIVA

1 **Caratterizzazione chimico-fisica delle materie prime impiegate nel processo ed in particolare del COT in esse presenti**

Calcare e argilla sono materie prime di origine naturale le quali costituiscono i componenti principali per la produzione del clinker da cemento ed in esse sono contenuti i quattro ossidi alla base della miscela cruda: ossido di calcio, ossido di silicio, ossido d'alluminio e ossido di ferro. Ovviamente il contenuto percentuale dei 4 ossidi nella miscela cruda di materie prime deve corrispondere a ristretti range secondo rapporti ben definiti. Quando ciò non risulta verificato dalla composizione naturale dell'argilla e del calcare impiegati, occorre procedere alla correzione della miscela con l'apporto di piccole percentuali di sabbie silicee, minerali di ferro o di alluminio. In definitiva per valutare la qualità del clinker è necessario conoscere i contenuti potenziali dei silicati di calcio, degli alluminati e del ferro alluminati di calcio determinabili attraverso la conoscenza dei 4 moduli del clinker che costituiscono la caratterizzazione chimico-fisica del clinker.

Nell'impianto Colacem di Galatina per la produzione del clinker vengono impiegati come minerali naturali calcare e argilla provenienti nella quota maggioritaria da cave sociali e per quella residuale da cave di fornitori esterni. La composizione media dei due minerali impiegati è la seguente:

CALCARE

CO ₂	41.2	%
SiO ₂	3.22	%
CaO	50.84	%
Al ₂ O ₃	0.36	%
Fe ₂ O ₃	0.56	%
K ₂ O	0.07	%
Na ₂ O	0.03	%
COT	0.09	%

ARGILLA

CO2	17.57	%
SIO2	44.32	%
CAO	18	%
AL2O3	9.35	%
FE2O3	3.67	%
K2O	1.59	%
NA2O	1.33	%
COT	0.23	%

Come evidenziato dalle analisi il COT (Carbonio Organico Totale) è presente se pur in piccole quantità sia nel calcare che, in misura maggiore, nell'argilla.

I due minerali, con l'aggiunta di piccole percentuali di altre materie prime (ferrose, silicee, alluminose) per correggere i rapporti stechiometrici dei 4 ossidi base, sono solitamente miscelati nelle seguenti percentuali:

CALCARE	70	%
ARGILLA	29	%
ALTRE MATERIE PRIME	1	%

Il mix così costituito viene macinato ed essiccato in un molino verticale a pista e rulli sfruttando la totalità dei cascami termici provenienti dalla linea di cottura.

La miscela cruda a valle del processo di macinazione ed essiccazione presenta la seguente composizione:

Perdita al fuoco (*)	35.00	%
SIO2	13.79	%
CAO	42.58	%
AL2O3	3.37	%
FE2O3	2.37	%
K2O	0.54	%
NA2O	0.26	%
COT	0.12	%

(*) la perdita al fuoco rappresenta la perdita della fase gassosa costituita dalla CO2 proveniente dalla reazione di decarbonatazione del calcare, dall'acqua

contenuta nei composti dell'argilla ed altri elementi minori che volatilizzano alla temperatura di processo fra cui il COT

Questa miscela costituisce la miscela cruda che a valle di un processo di omogeneizzazione effettuato in un silo di stoccaggio viene alimentata al forno.

2 Descrizione del processo tecnologico e relativi parametri di processo

Il processo di trasformazione della miscela cruda in clinker è costituito da due fasi principali corrispondenti ai due range di temperatura a cui si sviluppa l'intero processo tecnologico:

FASE A

riscaldamento da 70°C a 870 °C (temperatura di decarbonatazione) effettuato nella torre a cicloni di precalcinazione

FASE B

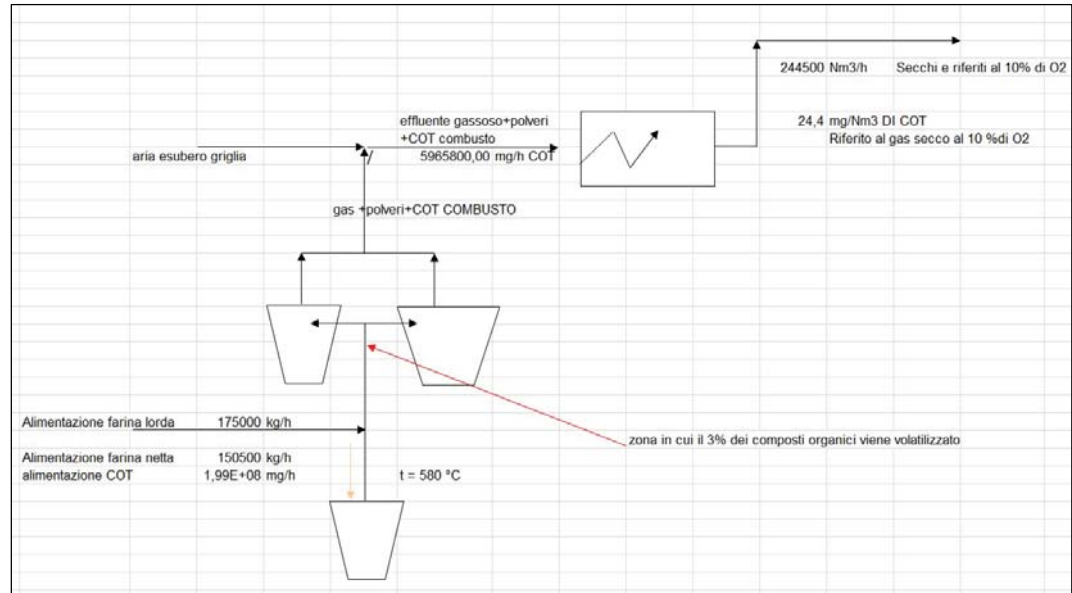
riscaldamento da 870 °C a 1450 °C (temperatura di clinkerizzazione) effettuato nel forno rotante di cottura del clinker

Le due fasi A e B nella realtà sono la successione di ben 11 fasi di trasformazione della miscela alimentata, così come descritto di seguito:

1. da 70 a 350 gradi riscaldamento della miscela.
2. da 350 a 400 gradi i componenti argillosi perdono l'acqua di cristallizzazione e la temperatura si stabilizza fino a completamento della reazione. la massa si riduce del 1-2% a causa della perdita dell'acqua combinata.
3. riscaldamento da 400 a 850 gradi. In questa fase si ha il rilascio di una piccola percentuale dei composti volatili organici presenti nella farina (COT). I Composti Organici Volatili, che costituiscono il COT, sono molecole organiche naturalmente presenti, in percentuale variabile, nelle materie prime naturali quali calcare d argilla. Questi COT derivano da materiale di origine vegetale e/o animale entrato a far parte dei sedimenti che milioni di anni fa si sono iniziati a formare e che si sono successivamente trasformati

nelle rocce sedimentarie che oggi conosciamo ed utilizziamo. Nel processo tecnologico del cemento in considerazione del tempo di permanenza in torre (circa 45 sec) e delle elevate temperature a cui la miscela cruda viene portata si verifica che dell'intero contenuto di COT presente, solo il 3% circa viene volatilizzato per effetto del progressivo riscaldamento, trascinato dall'effluente gassoso in uscita dalla torre di precalcinazione e successivamente emesso in atmosfera, mentre la restante parte viene ossidata e trasformata in prodotti di combustione (CO₂ e H₂O). Di seguito si riporta il bilancio del COT alle attuali condizioni di esercizio:

BILANCIO C.O.T. IN CIMINIERA			
Contenuto in % sui materiali che costituiscono la farina			
CALCARE	0,09	%	
ARGILLA	0,23	%	
Composizione % farina			
CALCARE	70	%	
ARGILLA	30	%	
Contenuto C.O.T. nella farina			
FARINA	0,13	%	
Alimentazione di farina al forno			
175000	kg/h		
% Recupero polveri elettrofiltro			
14	%		
Alimentazione di farina al forno netta			
150500	kg/h		
mg/h di C.O.T. alimentati al forno			
198660000	mg/h	198,66	kg/h
Portata di gas in ciminiera			
244500	Nm ³ /h	Secchi e riferiti al 10% di O ₂	

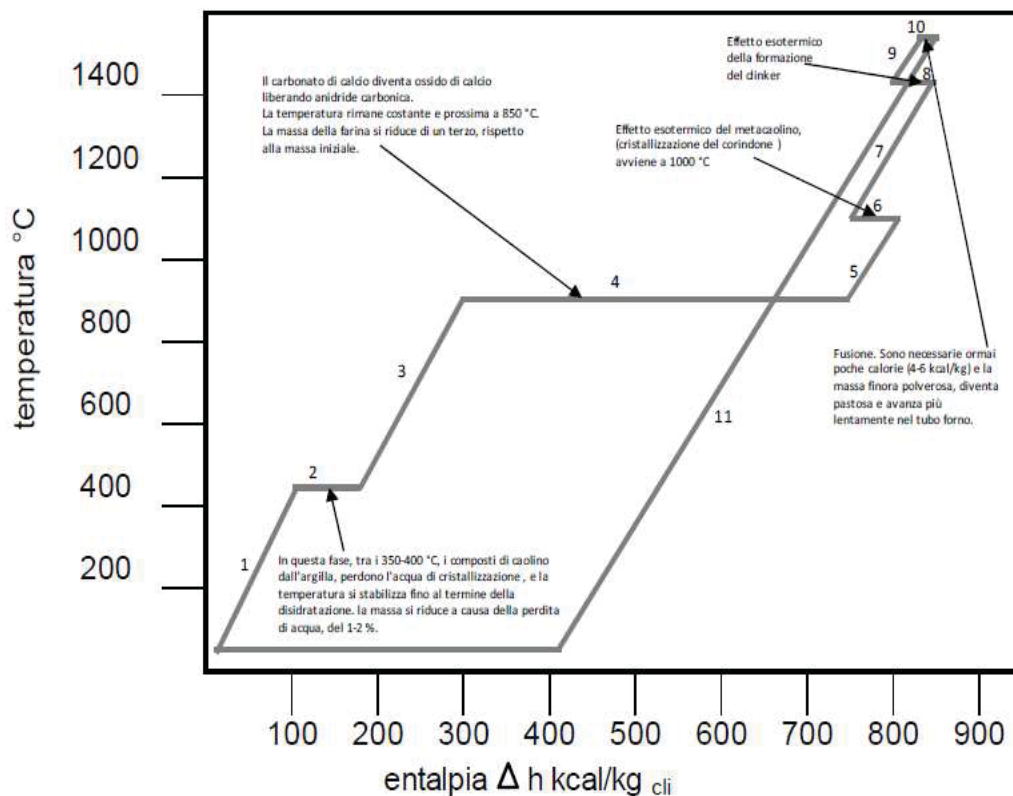


Da quanto verificato nel bilancio di massa della linea di cottura dell'impianto di Galatina l'ossidazione dei composti organici totali alla temperatura di alimentazione della miscela cruda si attesta a circa il 97% mentre il restante 3%, generalmente costituito dalla frazione più volatile, viene volatilizzato nei gas in uscita dalla torre di precalcinazione.

Di fatti nel processo dell'impianto di Galatina l'emissione specifica media di COT degli ultimi 3 anni è stata di 24,4 mg/Nm3, considerando che nello stesso periodo la portata volumetrica media dei fumi è risultata essere pari a 244500 Nm3/h il valore medio del flusso di massa di COT emesso in ciminiera è stato pari a 5.965.800,00 mg/h di COT corrisponde a circa il 3,0% del COT totale introdotto con le materie prime. Da considerare che i suddetti calcoli sono stati eseguiti su base triennale, mentre la concentrazione di COT nelle emissioni in atmosfera può subire oscillazioni significative nei brevi periodi, dovute alla elevata variabilità della presenza di sostanze organiche nelle materie prime.

4. decarbonatazione del carbonato di calcio che diventa ossido di calcio liberando anidride carbonica. la temperatura rimane costante fino a completamento della reazione e la massa si riduce di un terzo rispetto a la massa iniziale

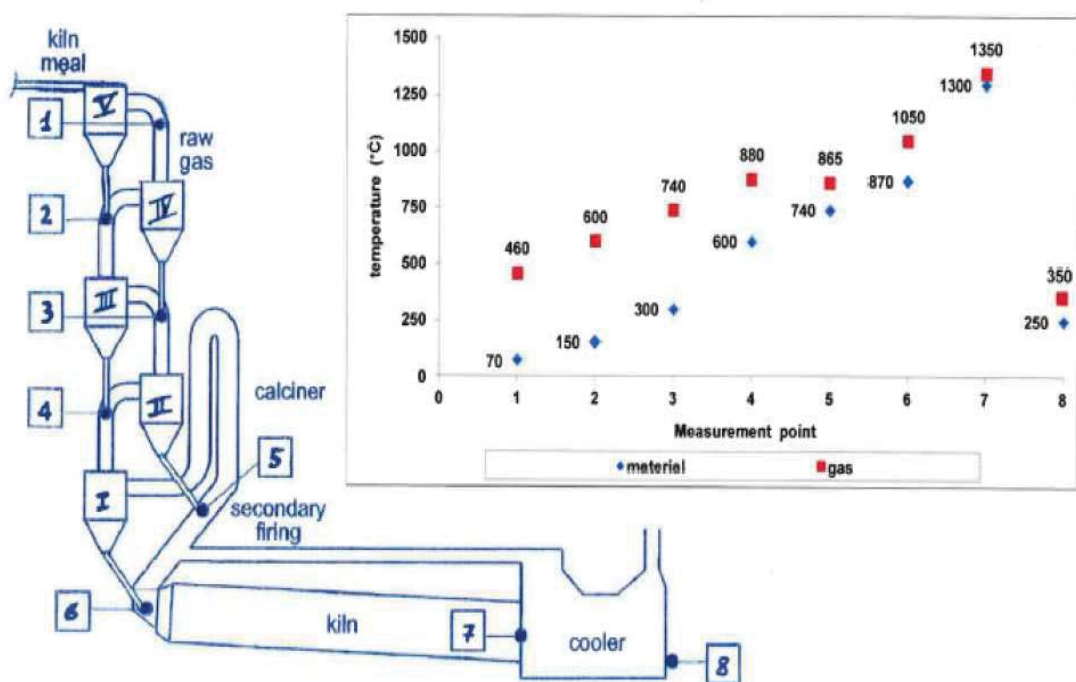
5. riscaldamento da 850 a 1000 gradi
6. cristallizzazione dell'ossido alluminio (corindone), la temperatura si mantiene costante fino a completamento della trasformazione
7. riscaldamento da 1000 gradi a 1400 gradi
8. effetto esotermico della formazione dei minerali del clinker
9. la temperatura per effetto delle reazioni esotermiche precedenti sale fino a 1450-1500 gradi
10. la massa finora polverosa diventa pastosa per la presenza della massa fusa costituita da alluminati e ferro-alluminati che permettono la sinterizzazione e la formazione dei silicati di calcio
11. raffreddamento dalla temperatura di clinkerizzazione a circa 100 gradi.



Il fabbisogno termico dell'impianto viene suddiviso fra bruciatore principale (testata forno) e bruciatore secondario (posto alla base della torre), solitamente la quantità di combustibile è suddivisa al 50%

Il massimo consumo termico si ha nella reazione di decarbonatazione, a questa seguono reazioni chimiche esotermiche che non richiedono ulteriore apporto di calore.

L'andamento delle temperature e dei tempi di permanenza dei gas esausti nel forno di cottura clinker dipendono dalla fluidodinamica degli effluenti lungo la torre a cicloni e dalla caratterizzazione delle velocità di risalita e dei tempi di permanenza nel processo di combustione. Di seguito si riporta una schematizzazione dell'andamento delle temperature dei gas e del materiale nell'impianto.



Il forno con preriscaldatore a cicloni sovrapposti, rappresenta un vero e proprio scambiatore termico, in cui i gas caldi provenienti dal forno rotante, riscaldano in controcorrente la farina cruda in alimentazione. L'energia termica necessaria è fornita sia dal bruciatore principale, posto all'estremità del forno rotante (lato

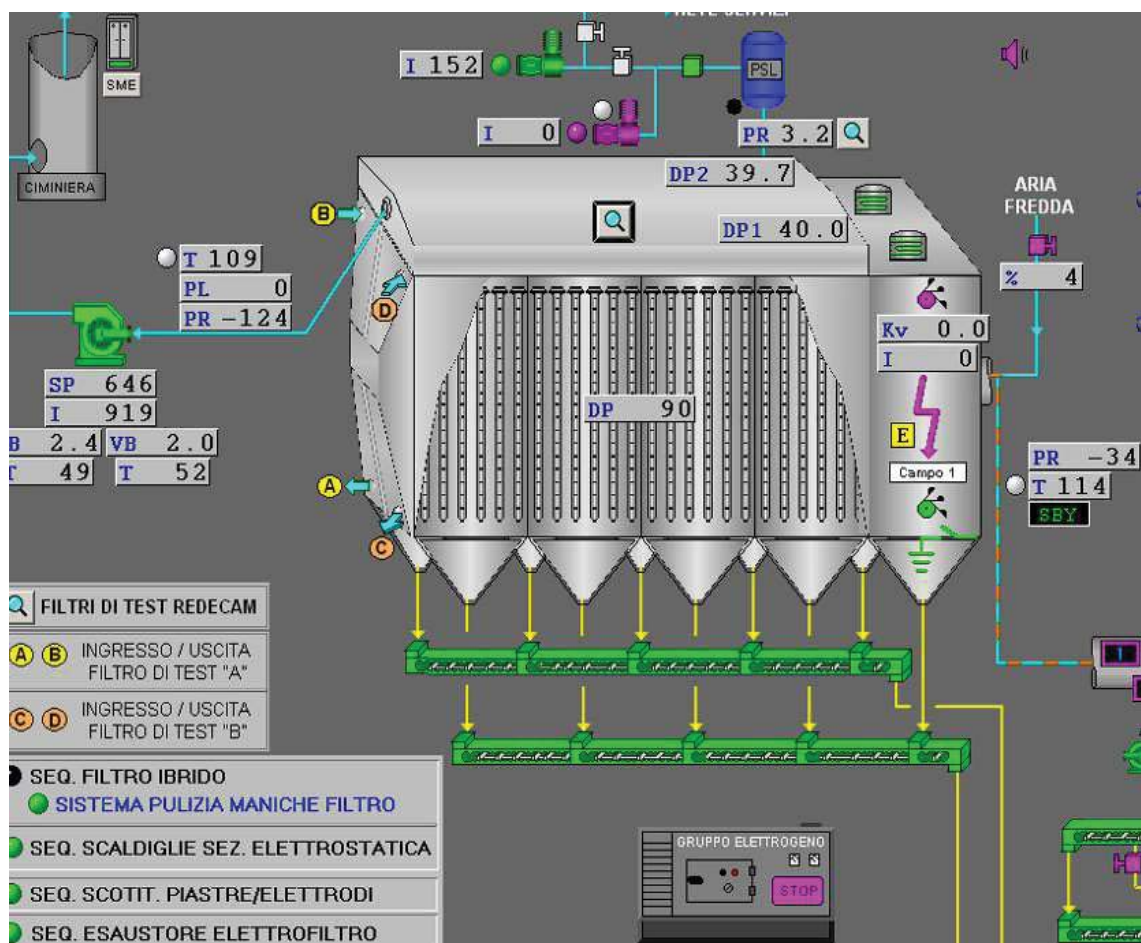
scarico clinker), sia dai bruciatori secondari posti alla base dello scambiatore a cicloni.

Lo scambiatore a cicloni è costituito da 5 stadi e da una camera calcinante in cui la farina, in movimento verso il basso, incontra in controcorrente i gas caldi provenienti dal forno e aspirati da ventilatori ad alta prevalenza posti a valle della torre e dell'unità filtrante. Nei cicloni avviene lo scambio termico fra i gas caldi e la farina in sospensione che si riscalda fino a raggiungere la temperatura di decarbonatazione con formazione di CO₂ gas e CaO attivo solido che andrà successivamente a reagire con gli altri ossidi all'interno del forno rotante. Il tempo di permanenza dei gas, dalla base della torre all'estremità alta è di circa 15 sec, mentre la farina, dall'alto all'ingresso del forno rotante ci impiega circa 45 sec. La seconda parte dell'impianto è costituita dal forno rotante, dove viene immesso il combustibile che fornisce il calore necessario alle reazioni di clinkerizzazione. Nella zona di sinterizzazione il materiale raggiunge una temperatura di 1450 gradi mentre i gas combusti raggiungono temperature prossime ai 1800 gradi.

Tutto l'impianto di cottura lavora in condizioni di depressione rispetto all'ambiente esterno per consentire ai gas caldi un flusso in controcorrente rispetto a quello della farina e allo stesso tempo evitare fuoriuscite di materiale verso l'esterno. L'elevata velocità dei gas caldi nel loro moto in controcorrente a quello della farina, nonostante l'impiego di cicloni ad alta efficienza, fa sì che parte della farina alimentata venga da questi trascinata verso il filtro riducendone di fatto la reale portata di alimentazione. Il volume di farina sottratto al processo nell'impianto di Galatina è stimato pari al 14%. Questa farina ovviamente viene recuperata dall'impianto di filtrazione, posto a valle dell'intera linea di cottura e rimessa nel ciclo.

All'altra estremità dell'impianto (scarico forno), il clinker dal tubo rotante e alla temperatura di 1450 gradi viene scaricato nella griglia di raffreddamento dove subisce un brusco calo termico fino a raggiungere la temperatura di circa 100 gradi. Tale raffreddamento viene effettuato insufflando aria a temperatura ambiente sotto una superficie di piastre forate che con il loro movimento longitudinale permettono l'avanzamento del materiale fino allo scarico dell'impianto. L'aria necessaria al processo viene recuperata in parte come comburente ed in parte come aria calda in esubero da utilizzare per l'essiccazione della materia prima e del combustibile.

Il trattamento dei gas prima dell'emissione in atmosfera è effettuato da un filtro ibrido costituito da uno stadio elettrostatico e da uno a maniche filtranti. In questo secondo stadio la filtrazione avviene attraverso 4200 maniche in fibra di vetro con membrana microporosa in PTFE da 750 g/m². Lo stadio elettrostatico consente un recupero del 85%-88% delle polveri mentre in quello a maniche il processo di filtrazione dell'effluente gassoso viene completato garantendo un residuo di polveri < a 1 mg/Nm³.



3 Analisi delle criticità di un impianto di abbattimento del COT in un forno per la produzione di clinker

In ambito industriale ed in specie sugli impianti di incenerimento di rifiuti solidi, caratterizzati da gas di combustione con presenza di alti contenuti di COT è impiegata la tecnologia della cattura del COT mediante il processo di adsorbimento su polveri di carboni attivi effettuato nell'effluente gassoso della combustione.

Obiettivo dello studio è quello di verificare la possibilità di estendere questa tecnologia sui gas di combustione di un forno da cemento superando le criticità che derivano sia dalle peculiarità del processo di cottura del clinker che dalle caratteristiche delle macchine impiegate in questo processo.

In un moderno forno da clinker per via secca il processo di clinkerizzazione è preceduto, come descritto nel paragrafo precedente, da un processo di preriscaldamento della farina e decarbonatazione del carbonato di calcio contenuto nella miscela cruda in alimentazione al forno ad opera di un riscaldamento della stessa in controcorrente con i gas caldi provenienti dal forno. Questa fase di riscaldamento della miscela cruda comporta un fenomeno di parziale volatilizzazione delle sostanze organiche in essa presenti prima che possa raggiungere le alte temperature a cui questi elementi sarebbero distrutti. Questi composti organici vanno a confluire, insieme all'effluente gassoso, nell'impianto di filtraggio prima della loro emissione in atmosfera.

Negli impianti da cemento, a differenza di quanto avviene negli inceneritori, queste sostanze oltre ad essere in composizione percentuale molto piccola risultano distribuite in flussi gassosi con portate enormemente maggiori e ciò determina una importante criticità nella fase di cattura ed abbattimento. Infatti i deboli legami elettrostatici (forze di Van der Waals) che si creano tra il carbone attivo e il composto organico volatile non consentono il loro recupero dai filtri nella farina da alimentare al forno perché in questo caso, rialimentati in torre di preriscaldamento, già al primo stadio verrebbero surriscaldati a 300-350 °C e tornerebbero ad essere volatilizzati dando origine ad un ricircolo di COT via via crescente nell'effluente gassoso in uscita dalla torre, rendendo inefficace l'adsorbimento dei carboni attivi. D'altro canto anche il recupero delle polveri di farina e carboni attivi tramite l'alimentazione al calcinatore, in una zona in cui la temperatura dei gas superiore a 900 °C possa garantire la loro completa

distruzione, non è praticabile in quanto il considerevole quantitativo di polveri (circa 25 ton/h) determinerebbe un incremento non sostenibile del consumo specifico termico della linea di cottura dovuto al fatto che tali polveri non prendono parte al preriscaldamento termico nei vari stadi di cicloni. Potrebbero oltre insorgere problemi di incrostazione anomala nel forno rotante dovuti allo scarso grado di calcinazione che subirebbero tali polveri.

Infine l'impiego dei carboni attivi è poco compatibile, per l'elevato rischio di esplosione, con i filtri elettrostatici che normalmente vengono impiegati nel ciclo tecnologico del cemento in virtù del loro alto rendimento così come avviene anche nell'impianto Colacem di Galatina. Come si vedrà nella descrizione del progetto proposto, quanto sopra comporterà l'obbligo di alimentare le polveri di carboni attivi micronizzati a valle del filtro elettrostatico riducendone conseguentemente il tempo di permanenza e quindi reazione con il COT e complicando la fase di omogenizzazione delle polveri nel flusso dei gas.

4 Descrizione dell'impianto sia relativamente agli aspetti impiantistici che a quelli di processo

Nel presente studio di fattibilità, l'impianto di riduzione delle emissioni di COT della ciminiera della linea di cottura di Galatina utilizzerà la tecnica della iniezione di carboni attivi direttamente nel flusso dei gas di processo immediatamente prima della loro filtrazione sulle ultime tre sezioni a maniche del filtro ibrido. Questa tecnologia è assolutamente innovativa nel settore del cemento in quanto ad oggi non ci risultano applicazioni di questo tipo realizzate in Europa e quindi è da considerarsi una applicazione di tipo sperimentale. Le principali criticità che hanno fino ad oggi reso non applicabile l'utilizzo di questa tecnologia sono:

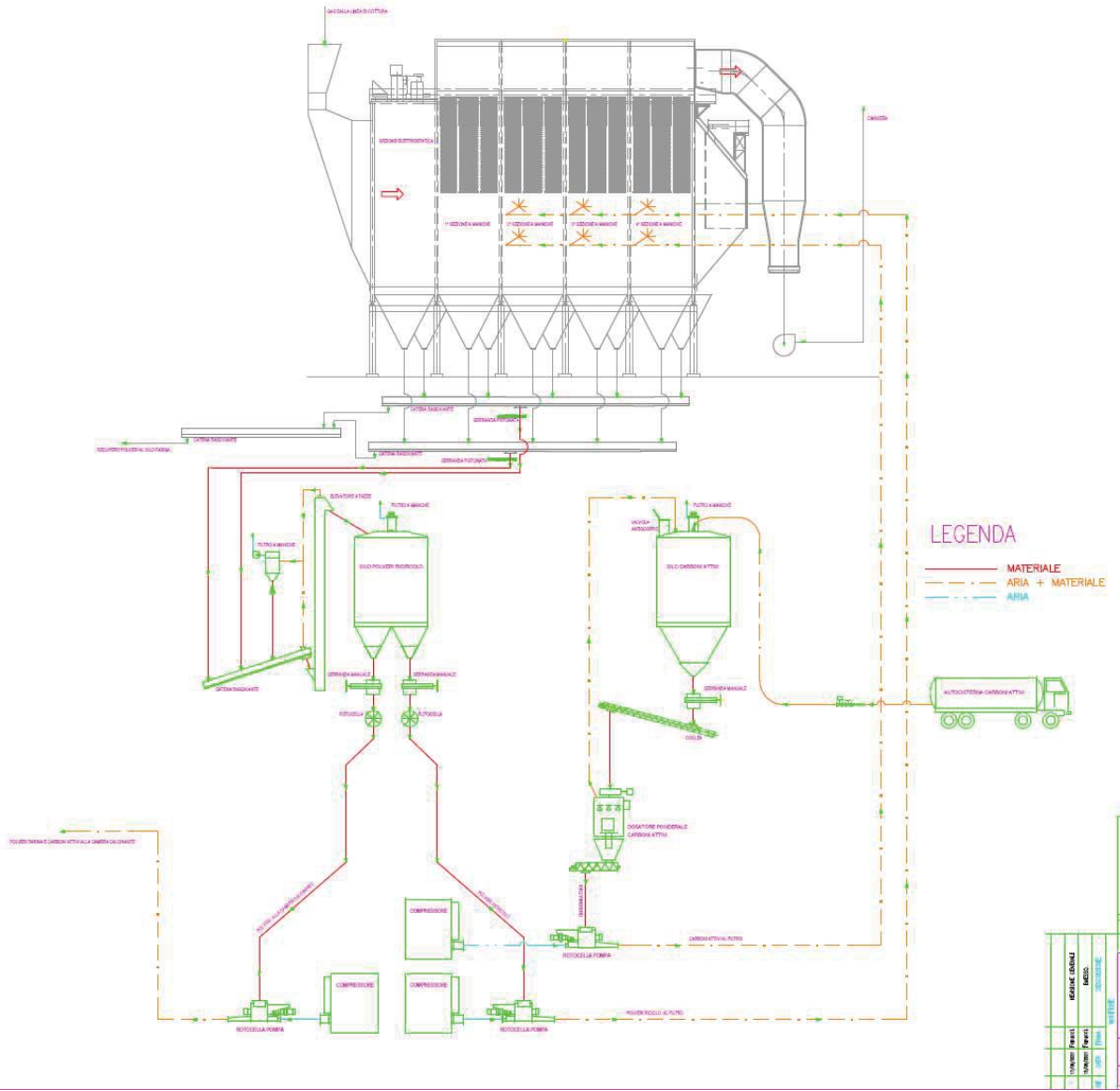
1. la presenza della sezione elettrostatica, con gli elevatissimi campi elettrici che induce, è sicuramente fonte di sorgenti di innesco. Come è chiaramente evidenziato nelle schede di sicurezza del carbone attivo, quest'ultimo è un prodotto classificato St1, cioè può dare origine ad atmosfere potenzialmente esplosive e quindi è necessario evitare di far entrare in contatto le polveri di carbone attivo con la sezione elettrostatica.

2. Le considerevoli quantità di polveri recuperate dal filtro ibrido, se venissero tutte inquinate dai carboni attivi iniettati nei gas di processo, renderebbero le suddette polveri non più riutilizzabili nel normale processo produttivo, con elevatissime problematiche di smaltimento date le ingenti quantità da trattare (circa 600 ton/gg) pari a circa 20 camion al giorno. È quindi necessario ridurre al minimo il flusso di polveri di farina che verranno inquinate dai carboni attivi.
3. L'iniezione di carboni attivi in un effluente gassoso, che a monte del sistema di filtrazione ha un contenuto di polveri molto elevato, potrebbe avere un effetto inertizzante sulla reattività del carbone stesso. Infatti la presenza di polveri inerti in elevata concentrazione riduce la frequenza di contatto tra le particelle di carbone attivo ed i gas da trattare, riducendo di conseguenza l'adsorbimento dei COT. È quindi necessario individuare la posizione ottimale di iniezione dei carboni attivi dove la quantità residua di polveri di farina è ridotta al minimo per evitare la loro possibile inertizzazione. Il reale effetto inertizzante potrà essere valutato solo in fase sperimentale.
4. Possibile formazione di atmosfere potenzialmente esplosive in prossimità delle maniche della 2°, 3° e 4° sezione filtrante, durante le fasi di pulizia con aria in contropressione delle maniche stesse. Questa criticità andrà effettivamente verificata in fase sperimentale, e nel caso venga confermato il rischio, questo potrebbe richiedere, per ragioni di sicurezza, un funzionamento discontinuo del sistema di iniezione di carboni attivi, intervallato da periodi di lavaggio del sistema di filtrazione senza iniezione di carbone attivo, in modo da rimuovere eventuali accumuli di carbone.
5. L'iniezione di carboni attivi direttamente nel cassone del filtro ibrido immediatamente sotto le ultime tre sezioni filtranti a maniche non garantisce la diffusione uniforme dei carboni nell'effluente gassoso, una parte delle particelle di carbone potrebbe precipitare in tramoggia senza partecipare alla captazione dei COT dai gas stessi, con conseguente riduzione dell'efficienza di captazione complessiva. Per aumentare lo sfruttamento dei carboni attivi sarà opportuno predisporre un sistema di ricircolo di una parte delle polveri di farina + carboni attivi recuperati dalle ultime tre sezioni filtranti. Anche questa soluzione è soggetta a verifica sperimentale.

Per cercare di ovviare alle criticità esposte ai suddetti punti 1) e 2) ed in parte anche quelle del punto 3) e 5) si è pensato di separare funzionalmente l'attuale filtro ibrido in due parti:

- a) La sezione elettrostatica e la prima sezione a maniche non saranno interessate dall'immissione dei carboni attivi e le polveri di farina (non inquinate dai carboni) recuperate da queste due sezioni, che si è stimato saranno circa 85-88 % (21-22 ton/h) delle polveri totali recuperate, potranno essere reimmesse nel ciclo produttivo, inviandole al silo farina, così come avviene attualmente.
- b) Le ultime tre sezioni a maniche del filtro ibrido saranno interessate dall'insufflaggio dei carboni attivi, che avranno lo scopo di catturare e quindi ridurre il contenuto di COT dall'effluente gassoso. La quantità di polvere recuperata dalle tre sezioni a maniche, anche se inquinata dai carboni attivi, sarà molto ridotta, pari a circa il 15 -12% (3-4 ton/h). Tali polveri saranno stoccate in un silo metallico e da qui potranno essere in parte riciclate ed inviate insieme al carbone attivo fresco, ma con tubazioni separate, ai rispettivi sistemi di iniezione posti sotto alle maniche della 2°, 3° e 4° sezione del filtro ibrido, incrementando lo sfruttamento del carbone attivo; mentre un'altra quota parte, al massimo 3-4 ton/h, saranno inviate alla camera calcinante della torre di preriscaldamento per la termoconversione ad una temperatura di circa 900°C. A tale temperatura avverrà la combustione delle polveri di carbone attivo e dei relativi COT catturati, mentre le polveri di farina subiranno il processo di decarbonatazione e successiva cottura trasformandosi in clinker. L'inserimento di queste polveri in camera calcinante determinerà un leggero incremento, valutabile in circa il 2%, del consumo specifico termico del processo di cottura per il fatto che le suddette polveri bypasseranno la fase di preriscaldamento nella torre a cicloni.

Nel flow sheet nella pagina seguente viene indicato lo schema funzionale dell'impianto di riduzione dei COT dei gas di processo oggetto del seguente studio di fattibilità:



Flowsheet impianto riduzione COT

L'impianto è costituito da un silo di stoccaggio dei carboni attivi della capacità di 60 m³ che verrà rifornito da autocisterne autorizzate al trasporto di tale reagente in polvere. L'autocisterna ha una capacità di carico di circa 40 m³. Lo scarico del prodotto nel silo avverrà pneumaticamente attraverso il compressore di bordo della autocisterna che verrà collegato alla tubazione di carico silo. Il silo sarà progettato in accordo alla vigente normativa ATEX e sarà dotato di un filtro a maniche passivo e valvola antiscoppio posti sulla sommità. La capacità del filtro a maniche sarà adeguata alla depolverazione della aria di trasporto proveniente dal compressore del camion e per la depolverazione dei sistemi di estrazione e dosaggio dei carboni attivi. Il silo sarà equipaggiato di opportuna strumentazione per garantire il controllo in continuo del livello di materiale al suo interno.

Nella parte inferiore del silo di stoccaggio dei carboni attivi è presente una bocca di estrazione che va ad alimentare una coclea ad azionamento a giri variabili. La coclea estrarrà in maniera controllata il carbone dal silo ed andrà ad alimentare un sistema di dosaggio a perdita di peso su celle di carico costituito da una tramoggina con agitatore meccanico ed una coclea di precisione in modo da garantire il dosaggio dei carboni attivi in maniera molto accurata.

Allo scarico della coclea i carboni attivi verranno avviati ad un sistema di trasporto pneumatico costituito da una rotocella ed una soffiante per il loro conferimento ed iniezione nel cassone del filtro ibrido, immediatamente sotto le maniche delle ultime tre sezioni del filtro ibrido.

Per incrementare il tasso di sfruttamento dei carboni attivi anche una quota parte delle polveri di ricircolo recuperate dalle sei tramogge poste sotto alle ultime tre sezioni a maniche potranno essere reinviare, in parallelo ai carboni attivi freschi, alla rete di insufflaggio all'interno del filtro.

I carboni attivi freschi e le polveri di ricircolo distribuite uniformemente al di sotto delle maniche, incontreranno l'effluente gassoso in risalita verso le maniche stesse. L'intimo contatto tra gas e particelle di carbone attivo per un tempo di permanenza sufficientemente lungo, dovuto alla bassa velocità di risalita dei fimi lungo le maniche (circa 1m/s), agevolerà il processo di adsorbimento dei COT sulle particelle di carbone attivo. Le polveri di farina e le particelle di carboni attivi verranno quindi separate dall'effluente gassoso attraverso il processo di filtrazione sul tessuto delle maniche; l'effluente gassoso così opportunamente

depolverato, verrà quindi convogliato in ciminiera attraverso il ventilatore di coda. Durante le fasi di lavaggio con aria in contropressione, le polveri di farina e i carboni attivi verranno scrollati dalla superficie delle maniche e precipiteranno nelle rispettive tramogge di raccolta della 2°, 3° e 4° sezione a maniche.

Le polveri separate dall'effluente gassoso sono raccolte nelle tramogge del filtro ibrido ed attualmente trasportate al silo di miscelazione della farina cruda tramite due catene raschianti. Con la nuova configurazione impiantistica, il sistema di trasporto delle polveri recuperate dal filtro ibrido dovrà essere modificato per soddisfare le nuove esigenze di processo: si ha infatti l'esigenza di separare le polveri di farina da quelle con il contenuto di carboni attivi, raccolte, come precedentemente spiegato, nelle tramogge poste sotto la 2°, 3° e 4° sezione del filtro a maniche. Le polveri recuperate dalla sezione elettrostatica e dalla 1° sezione a maniche, sempre attraverso le due catene raschianti esistenti, continueranno ad essere reimmesse nel ciclo produttivo, inviandole al silo farina, così come avviene attualmente. Per contro, immediatamente a valle degli scarichi delle tramogge della 2° sezione filtrante, verranno installate due nuove serrande pneumatiche a ghigliottina che consentiranno di inviare, tramite una catena raschiante colletttrice ed un elevatore a tazze, le polveri di farina inquinate dai carboni attivi ad un secondo silo di stoccaggio. Un filtro a maniche di adeguata capacità provvederà alla depolverazione della catena colletttrice e dell'elevatore. Le polveri di farina inquinate dai carboni attivi, stoccate temporaneamente nel suddetto silo, equipaggiato anch'esso di opportuna strumentazione per garantire il controllo in continuo del livello di materiale al suo interno, potranno essere estratte in maniera controllata attraverso due rotocelle ad azionamento a giri variabili che andranno ad alimentare due trasporti pneumatici, da qui le polveri potranno essere:

- a) in parte riciclate ed inviate, in parallelo al carbone attivo fresco, al sistema di iniezione posto sotto alle maniche della 2°, 3° e 4° sezione del filtro ibrido, incrementando lo sfruttamento del carbone attivo;
- b) in parte, al massimo 3-4 ton/h, saranno inviate alla camera calcinante della torre di preriscaldamento per la term conversione ad una temperatura di circa 900°C.

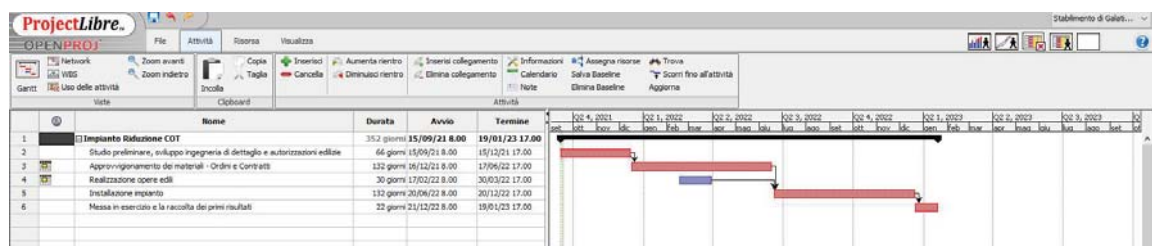
Il silo sarà depolverato di un filtro a maniche passivo posto sulla sommità.

5 Cronoprogramma per la fase di studio, di ingegnerizzazione e di realizzazione dell'impianto

Il tempo richiesto per la realizzazione dell'impianto è stimato pari a 16 mesi e si articolerà nelle seguenti fasi principali:

- lo studio, i test preliminari, lo sviluppo dell'ingegneria di dettaglio e le autorizzazioni edilizie necessarie, in un tempo stimato di 3/4 mesi;
- l'approvvigionamento dei materiali, in un tempo stimato di 6 mesi;
- il montaggio dell'impianto, da far coincidere con un intervento di manutenzione programmata della linea di cottura, in un tempo stimato di 6 mesi;
- la messa in esercizio e la raccolta dei primi risultati in un tempo stimato di 1 mese.

Diagramma di Gantt:



6 Misure e riscontri analitici

Durante la fase di test verranno effettuate una serie di misure per verificare sia l'efficacia che la sicurezza del sistema di abbattimento realizzato su scala ridotta. Qualora i risultati siano positivi e non intervengano problematiche relative alla sicurezza che possano causare la revisione del progetto, una volta completata la realizzazione dell'impianto, si procederà ad una ulteriore campagna di misure della durata di circa un mese.

7 Stima sommaria dei lavori anche per l'aspetto economico

La stima economica per la realizzazione dell'impianto di riduzione dei COT è di circa € 1.000.000, come riportato nel computo di seguito allegato:

Descrizione	Stima costo
Studio, Progettazione e Supervisione all'installazione	€ 167.427
Realizzazione Opere Edili	€ 116.986
Fornitura e Posa in Opera Strutture Metalliche	€ 77.346
Fornitura Macchinari e Impianti	€ 381.862
Installazione Macchinari e Impianti	€ 161.312
Realizzazione Impianti Elettrici ed Automazione	€ 100.703
Total Price	€ 1.005.636

Alberto Pedrinoni



Redecam Group S.p.A.
General Manager

D. ALLEGATI

A questo documento sono allegati:

- SP-930-108-091 Rev1-Impianto Carboni Attivi – Flowsheet
- SP-930-108-092-Rev1
- SP-930-108-093-Rev1
- SP-930-108-094-Rev1
- SP-930-108-095