

Cliente
YARA ITALIA SPA

Issue date
26/04/2023

Alla gentile attenzione di:

Sig. Francesco Dorini,
Sig. Mauro Fidanza,
Sig. Matteo Ghelli,
Sig.ra Barbara Cavicchi,
Sig. Simone Vivarelli,
Sig. Martino Culatti.

Riferimento Cliente:

Studio per riduzione delle emissioni di NH3 e polveri
– YARA FERRARA

Riferimento AWS:

I-4353-STU-001 R01

Soggetto:

Studio Tecnico – YARA Ferrara

**STUDIO DI FATTIBILITA' PER RIDUZIONE DELLE
EMISSIONI DI AMMONIACA E POLVERI DI UREA**

03					
02					
01	Revisione	26/04/2023	CV	FP	SS
00	Prima emissione	17/04/2023	CV	FP	SS
Rev.	Descrizione	Data	Emesso	Controllato	Approvato

Main office:

AWS Corporation S.r.L.
Viale Padania n° 10
24055 – Cologno al Serio (BG) – ITALY
Phone +39 035 4819888
Fax +39 035 19967687
<http://www.awscorp.it>

Indice

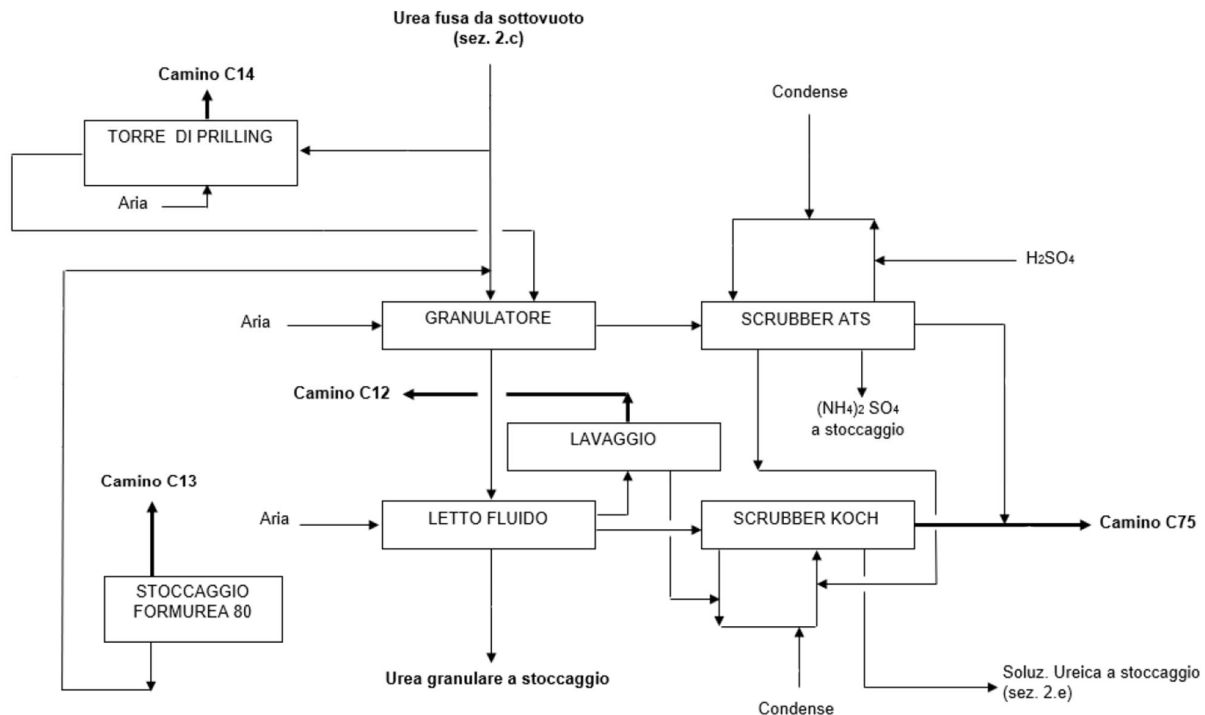
1	INTRODUZIONE.....	3
2	LIMITI DI EMISSIONI.....	4
2.1	CAMINO C12.....	5
2.2	CAMINO C14.....	6
2.2.1	SISTEMA DI ABBATTIMENTO FUMI PER CAMINO C14	8
2.2.2	CONCLUSIONI CAMINO C14	10
2.3	CAMINO C75	11
2.3.1	SCRUBBER ATS.....	12
2.3.1.1	Azioni suggerite	14
2.3.1.2	Aggiunta di tre piatti di assorbimento alla colonna esistente.....	14
2.3.1.3	Modifica e sostituzione degli interni	15
2.3.1.4	Sostituzione integrale tronco superiore ATS.....	16
2.3.1.5	Conclusione interventi ATS.....	16
2.3.2	SCRUBBER KOCH.....	19
3	CONCLUSIONI	21

1 INTRODUZIONE

YARA ITALIA SPA, a valle dell'ultimo riesame dell'AIA di Aprile 2022, ha commissionato a **AWS CORPORATION SRL** l'elaborazione e sviluppo di uno studio inerente alle emissioni del proprio stabilimento produttivo di Urea in Ferrara. Scopo dello studio è l'analisi del processo esistente e l'individuazione di possibilità di intervento al fine di rispettare, su base media giornaliera, limiti di emissione aggiornati per quanto riguarda le emissioni di Ammoniaca (NH_3) e Polveri di Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$).

L'impianto di produzione Urea presenta due sistemi di solidificazione dell'urea prodotta:

1. Torre di Prilling A901: nell'impianto di Ferrara, la torre di prilling è normalmente in esercizio ad un carico del 3%, trattando circa 375.000 Nm³/hr di aria su base umida e producendo circa 2.000 kg/hr di Urea prilled che viene mandata al Granulatore. La Torre di Prilling può essere esercita ad un carico del 70% fino ad un massimo di 360 ore all'anno, durante prolungate fermate della sezione granulare per manutenzione. In questo caso, la portata di aria trattata è pari a circa 800.000 Nm³/hr su base umida. Negli ultimi anni, l'utilizzo medio annuale della Torre di Prilling ad un carico del 70% è stato pari a 48 ore all'anno.
2. Granulatore: I prill di Urea provenienti dalla Prilling Tower vengono in seguito mandati al granulatore, dove i granuli vengono ingranditi spruzzando urea fusa, e in seguito mandati al letto fluido per raffreddamento. Il granulatore può produrre fino a 74 t/hr di Urea in granuli.



Il focus dello studio è posto su tre punti di emissione appartenenti alla sezione di finitura dell'urea: i camini C12, C14 e C75:

- Il camino **C12** convoglia le emissioni provenienti dalla sezione terminale del Letto Fluido e dai sistemi di movimentazione dell'urea in granuli;
- Il camino **C14** convoglia le emissioni provenienti dalla torre di prilling;
- Il camino **C75** convoglia le emissioni provenienti da due scrubber: lo Scrubber ATS, posto a valle del granulatore, e lo Scrubber Koch, posto a valle della prima sezione del letto fluido.

2 LIMITI DI EMISSIONI

Nella tabella seguente sono illustrati i valori di emissione, su base media giornaliera, attualmente misurati nei tre punti di emissione e i limiti di cui è stata richiesta la verifica.

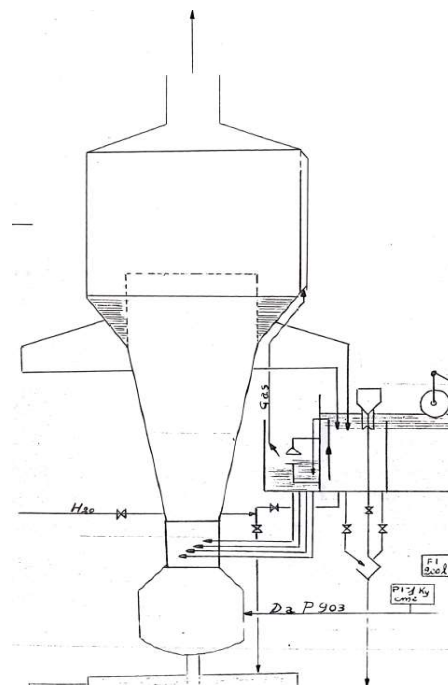
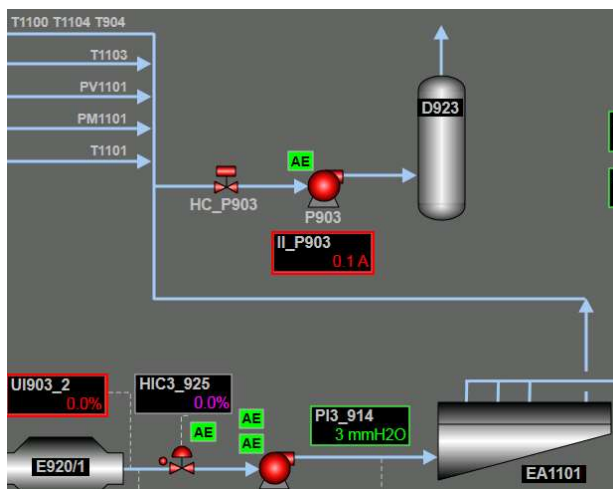
CAMINO	PORTATA (Nm ³ /h)	SERVIZIO	EMISSIONE	CONTENUTO MEDIO ORARIO [mg/Nm ³]	LIMITE DA VERIFICARE [mg/Nm ³]
C12	86000	Letto fluido	Ammoniac	3	10
			Polveri	1	5
C14	375 000	Prilling Tower (Carico 3%)	Ammoniac	7	10
			Polveri	3	5
C14	800 000	Prilling Tower (Carico 70%)	Ammoniac	26.5	10
			Polveri	30	5
C75	355 000	Scrubber ATS e Koch	Ammoniac	18	10
			Polveri	1.5	5

Dalla tabella, si evince che i principali problemi di emissione sono legati al Camino C14, durante il funzionamento della prilling tower ad un carico del 70%, e alle emissioni di ammoniac dal camino C75.

In seguito vengono analizzati più nel dettaglio i tre punti di emissione, con l'illustrazione di possibile punti di intervento.

2.1 CAMINO C12

Il camino C12 raccoglie l'aria proveniente dal ventilatore P903 (ultima sezione del letto fluido) e da tutti i nastri, mulini, vagli ed elevatore della sezione finale dell'impianto. L'aria viene in seguito inviata ad un abbattitore a ciclone (D923), in cui viene iniettata acqua demineralizzata per la rimozione delle polveri di urea residue.



Tale sistema di abbattimento è focalizzato per lo più sull'abbattimento di polveri provenienti dalla movimentazione meccanica dell'urea in granuli.

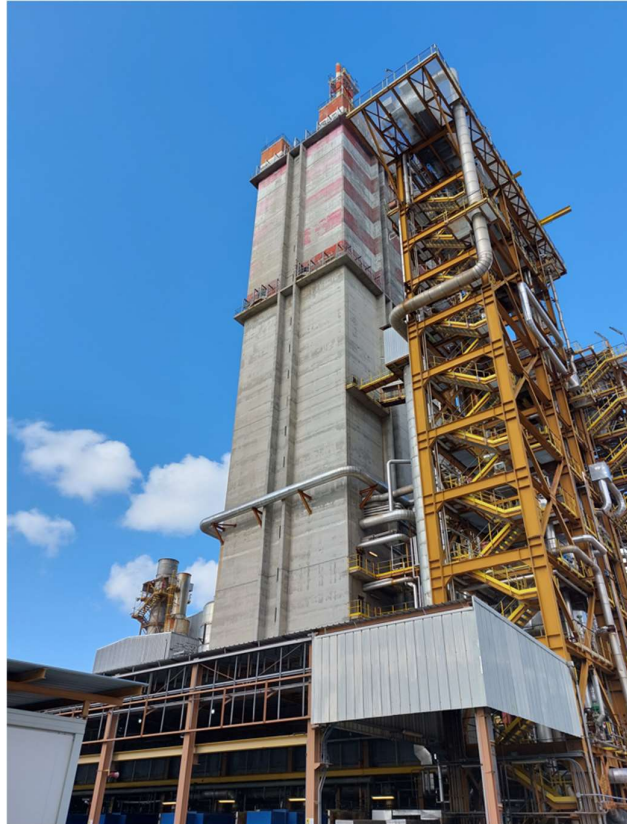
Attualmente le emissioni misurate dal Camino C12 sono le seguenti:

CAMINO	SERVIZIO	EMISSIONE	CONTENUTO MEDIO ORARIO [mg/Nm³]	LIMITE DA VERIFICARE [mg/Nm³]
C12	Letto fluido	Ammoniaca	3	10
		Polveri	1	5

Il "contenuto medio orario" dei parametri NH₃ e Polveri riportato in tabella è il valore medio ottenuto dagli autocontrolli degli ultimi 3 anni (frequenza di campionamento ed analisi trimestrale) che come si può vedere è ampiamente dentro i limiti da verificare e quindi non risulta necessario alcun intervento su questo punto di emissione.

2.2 CAMINO C14

Il camino C14 raccoglie l'aria di raffreddamento utilizzata dalla Torre di Prilling. La Torre di Prilling è una torre in cemento alta 88 metri, sulla cui sommità sono presenti due camini che compongono il sistema di emissione C14. Dalla cima della Torre di Prilling viene spruzzata urea fusa, che viene raffreddata in controcorrente da aria. L'aria entra dal basso della torre per circolazione naturale e solidifica l'urea in granuli. Non sono attualmente presenti sistemi di abbattimento su questo camino.



La condizione di marcia normale dell'impianto Urea prevede di inviare quasi tutta l'urea fusa prodotta nella sezione di granulazione (camino C75) e solo una piccola parte (circa 2 t/h) alla torre di prilling (camino C14). L'urea prilled prodotta viene utilizzata come seme per il processo di granulazione e consente di dare importanti caratteristiche all'Urea granulare, ossia sfericità e durezza; aiutando inoltre il raffreddamento del prodotto.

La portata di Urea fusa inviata in torre di prilling in questo assetto di marcia normale è circa il 3% della massima portata di urea fusa che può produrre l'impianto e per questo motivo viene definito assetto di marcia normale al 3% del carico.

Quando la sezione di granulazione necessita di manutenzione, per evitare di fermare l'impianto Urea è possibile inviare l'Urea fusa in torre di prilling aumentando il carico della torre stessa.

Non essendoci sistemi di abbattimento, le emissioni dalla torre di prilling sono conseguentemente maggiori rispetto a quelle della sezione di granulazione e per tale motivo le autorità hanno stabilito che l'utilizzo della torre di prilling deve essere effettuato ad un carico massimo del 70% e per un periodo massimo di 360 h/anno.

Negli ultimi anni la media di utilizzo della torre di prilling al 70% è stato di 48 h/anno.

Attualmente, i valori di emissioni della torre di prilling sono i seguenti:

CAMINO	SERVIZIO	EMISSIONE	CONTENUTO MEDIO ORARIO [mg/Nm ³]	LIMITE DA VERIFICARE [mg/Nm ³]
C14	Prilling Tower (Carico 3%)	Ammoniaca	7	10
		Polveri	3	5
C14	Prilling Tower (Carico 70%)	Ammoniaca	26.5	10
		Polveri	30	5

Il “contenuto medio orario” dei parametri NH₃ e Polveri riportato in tabella per il camino C14 è il valore medio delle medie orarie validate dal sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni (SME), registrate negli ultimi 3 anni.

E’ importante notare che, seppure i valori medi delle concentrazioni medie orarie registrate in condizioni di marcia normale con Torre di Prilling al 3% siano inferiori ai limiti di emissione da verificare, sporadicamente si registrano alcune medie orarie con concentrazioni superiori ai limiti di emissione da verificare. In particolare, circa il 5% delle medie orarie e medie giornaliere validate presenta NH₃ > 10 mg/Nm³ e circa il 7% delle medie orarie validate e il 5% delle medie giornaliere validate presenta polveri > 5 mg/Nm³.

Si ricorda altresì che il valore del contenuto medio orario di Ammoniaca e Polveri per il camino C14 nell’assetto con torre di prilling in marcia al 3% di carico sono già molto bassi e per quanto riguarda l’Ammoniaca è prossimo al valore più basso delle BAT (pari a 3 – 35 mg/Nm³) mentre per le polveri è addirittura di molto più basso delle BAT (pari a 15 – 55 mg/Nm³).

Da come si può vedere nella tabella soprastante, per quanto riguarda invece l’assetto di marcia con torre di prilling al 70% (che prevede la sezione di granulazione ferma) il “contenuto medio orario” dei parametri NH₃ e Polveri è significativamente superiore ai limiti da verificare.

A causa dell’elevazione del camino C14, dell’elevata portata da trattare (~ 800.000 Nm³/hr durante la marcia con carico al 70%) e della necessità di abbattere sia polveri che ammoniaca, non sono disponibili soluzioni economicamente sostenibili per far rientrare le emissioni della Torre di Prilling entro i limiti richiesti.

Si deve anche considerare che tale assetto di marcia viene utilizzato solo per un numero limitato di ore all’anno e che il contenuto medio orario di Ammoniaca e Polveri è anche per questo assetto di marcia all’interno delle BAT sia per l’Ammoniaca (3 – 35 mg/Nm³) che per le Polveri (15 – 55 mg/Nm³).

L’unico intervento che può essere effettuato nella torre di prilling per raggiungere i limiti richiesti è lo sviluppo e realizzazione di un sistema ad hoc di abbattimento polveri e ammoniaca.

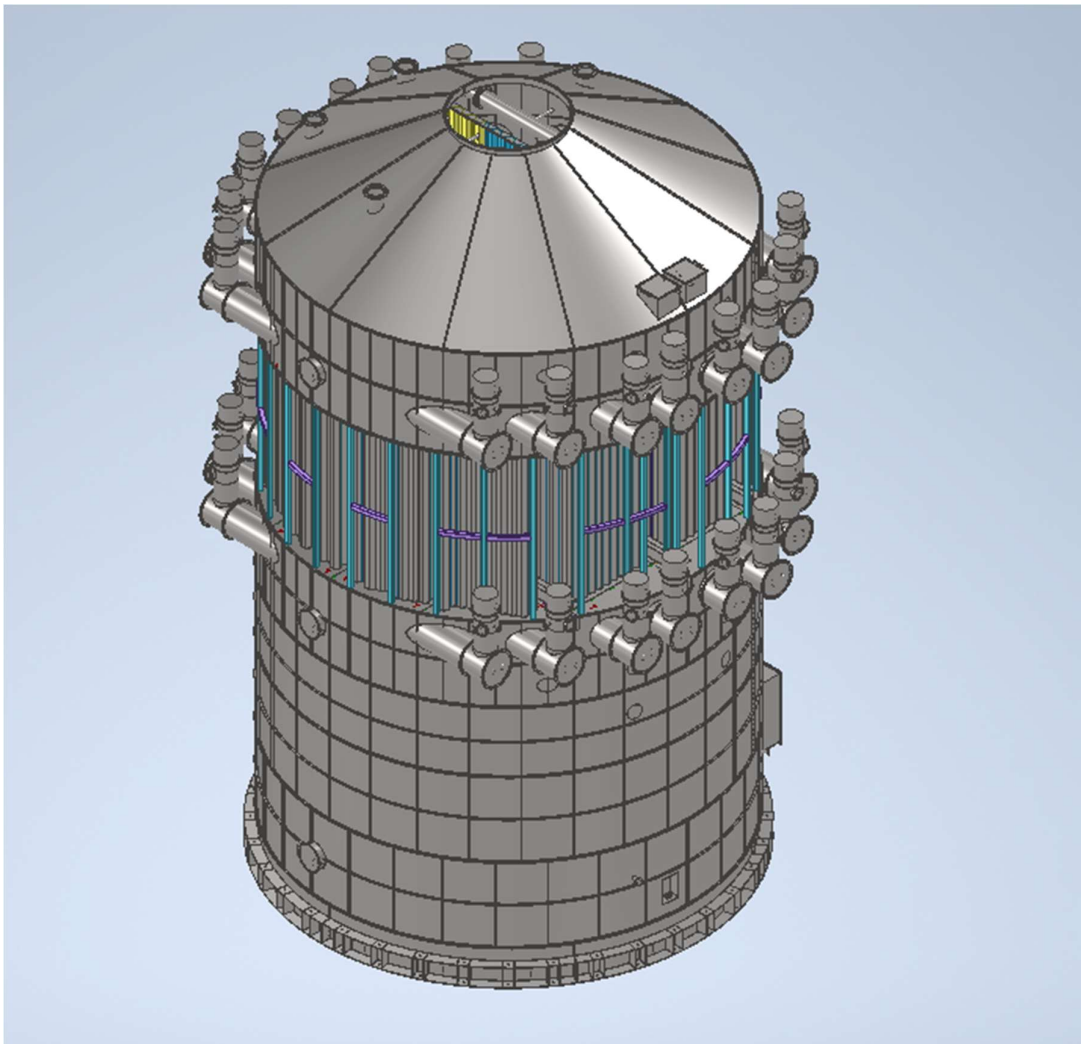
2.2.1 SISTEMA DI ABBATTIMENTO FUMI PER CAMINO C14

La soluzione più completa ed efficace per l'abbattimento dei fumi del Camino C14 è la realizzazione di un sistema ad hoc per la rimozione di polveri e ammoniaca.

La soluzione proposta è pertanto l'installazione di un Precipitatore Elettrostatico ad Umido, con una sezione preliminare di assorbimento ammoniaca tramite dosaggio di Acido Solforico ed una sezione di collettamento polveri. Con un impianto di questa tipologia, non vi sono problemi nel ridurre le emissioni entro i limiti da verificare per qualsiasi condizione operativa della prilling tower.

Un dimensionamento preliminare permette di stimare le dimensioni del precipitatore elettrostatico pari a quelle di un serbatoio cilindrico avente un diametro di 13m e un'altezza preliminare di 22m.

Viste le ingenti dimensioni e peso dell'impianto, non risulta possibile l'installazione dello stesso sulla sommità della torre di prilling, rendendo necessaria la realizzazione di almeno 40 tonnellate di condotti in AISI304L per condurre i fumi dal camino C14 al precipitatore elettrostatico posto a terra. Risulta altresì necessario individuare una zona dell'impianto in cui sia possibile installare tale sistema.



Di seguito sono indicate condizioni di design e dati operativi di un Sistema WESP in grado di abbattere le emissioni della torre di Prilling:

Parametri di processo	u.m.	Valore
Portata di gas Umido	Nm ³ /h (wet)	800.000
Temperatura operativa	°C	~30
Pressione operativa	kPa _G	-1.0
Perdita di carico totale	mbar	< 25
Composizione gas in ingresso	u.m.	Valore
Ammoniaca	mg/Nm ³	30
Polveri di Urea	mg/Nm ³	30
Composizione gas in uscita	u.m.	Valore
Ammoniaca	mg/Nm ³	< 10
Polveri di Urea	mg/Nm ³	< 5

Inclusioni WESP:

- 1 WESP Cilindrico, di diametro preliminare 13m e altezza 22 m,
- Materiale di costruzione: AISI 316L,
- Peso stimato: ~ 300t,
- Sezione di assorbimento:
 - o 2 piatti di assorbimento ammoniaca, con sistema di dosaggio acido solforico e distributore liquido,
 - o Portata di ricircolo stimata: ~1.500 m³/hr
- Sezione di collettamento polveri:
 - o ± 1.650 tubi di raccolta esagonali, diametro equivalente di 250mm,
 - o ± 1.650 elettrodi in AISI 316L,
 - o Altezza fascio tubiero: 4.800mm,
- Accessori:
 - o 18 x comparti isolatori superiori,
 - o 18 x comparti isolatori inferiori,
 - o 36 x soffianti per flussaggio dei comparti isolatori,
 - o Passi d'uomo per accesso del serbatoio, protetti tramite Interlocks a chiave unica,
 - o 4 Trasformatori ad alta tensione Switch Mode Power Supply:
 - Potenza installata: 4 x 120kW
 - Voltaggio secondario: 70kW
 - Corrente secondaria: 4 x 1700mA
 - Alimentazione: 400VAC, 3ph, 5Hz
 - Peso: 4 x 500kg
 - Fluido dielettrico: Mineral Oil
 - 4 x Pannelli per controllo remoto,
 - 4 x Sistemi di grounding con interlocks.

Un progetto simile è attualmente in corso di realizzazione nell'impianto produttivo di YARA Ravenna. Trattasi di un precipitatore elettrostatico realizzato in AISI 304L, per abbattimento di polveri e ammoniaca dal gas emesso dalla torre di Prilling di Calcio Ammonio Nitrato. La portata totale da trattare è di circa 580.000 Nm³/hr e il progetto ha un costo totale stimato di 34M€.

Sulla base di questi valori e considerando la necessità di utilizzare materiali costruttivi diversi ed una portata maggiore nell'impianto di YARA Ferrara, si stima che il costo totale per la realizzazione di un WESP e equipment a corredo per il trattamento dei fumi provenienti dalla torre di prilling sia nell'intorno di 55M€-60M€.

2.2.2 CONCLUSIONI CAMINO C14

La riduzione delle emissioni dal camino C14 con i limiti aggiornati richiede interventi significativi e con notevoli costi di investimento. L'unica possibile soluzione viene riassunta nella tabella sottostante:

Intervento	Emissioni Previste	Costo Budget	Note
Installazione WESP per abbattimento ammoniaca e Polveri	< 10 mg/Nm ³ Ammoniaca < 5 mg/Nm ³ Polveri	~ 8.5M€ Solo serbatoio WESP ~55-60M€ Costo totale impianto chiavi in mano.	Investimento elevato. Necessario spazio per installazione Elettrofiltro. Necessario installare sistema di condotte per trasportare gas dal camino C14 (ad un'elevazione di 88m) al sistema di abbattimento posto a terra. Richiesta l'installazione di un ventilatore aggiuntivo, sistema di ricircolo per abbattimento ammoniaca ed eventualmente sistema di concentrazione dell'ammonio solfato.

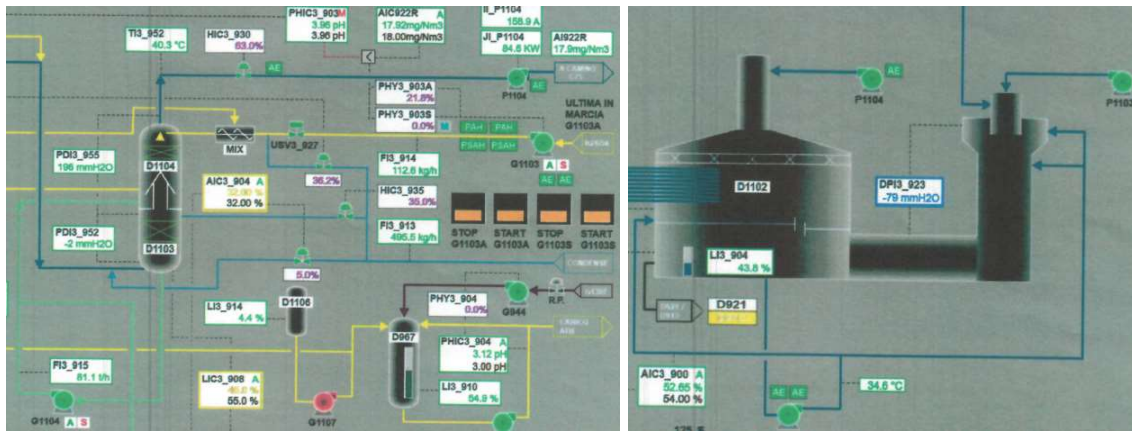
Come già evidenziato, risulta evidente che per ridurre le emissioni del camino C14 al fine di rispettare i limiti richiesti è necessario un investimento considerevole, che, tuttavia, avrebbe risultati significativi solamente nell'assetto di marcia con torre di prilling al 70% di carico, dal momento che in condizioni di carico della torre di prilling al 3% il limite di emissioni è rispettato.

Tale investimento avrebbe pertanto benefici significativi solamente per poche ore all'anno, in quanto la torre di Prilling è stata in operazione ad un carico del 70% in media per sole 48 ore all'anno negli ultimi dieci anni.

2.3 CAMINO C75

Il camino C75 raccoglie l'aria di raffreddamento dell'urea proveniente dal granulatore e dal letto fluido. Il gas utilizzato nel granulatore viene in seguito trattato dallo Scrubber ATS, dove avviene l'abbattimento delle polveri con soluzioni ureiche acquose (in D1103) e dell'ammoniaca con soluzione acida (in D1104). Il dosaggio di acido è attualmente regolato per mantenere una concentrazione di ammoniaca nel camino C75 di 18 mg/Nm³ (AIC922R).

In seguito, il gas trattato dallo scrubber ATS viene convogliato nel camino C75, dove si miscela con l'aria di raffreddamento dell'urea granulare nel letto fluido, precedentemente trattata in D1102 per l'abbattimento di polveri. Il D1102 consiste in un doppio stadio di lavaggio: inizialmente tramite uno Scrubber Venturi a gola variabile e in seguito con uno scrubber con un piatto di assorbimento. Tale sistema viene denominato Scrubber Koch.



Il camino C75 pertanto include sia le emissioni provenienti dallo scrubber D1103 – D1104 (Denominato scrubber ATS) sia dal sistema Venturi e scrubber D1102 (Denominato Scrubber Koch).

Attualmente, i seguenti valori di emissioni sono stati misurati e considerati:

CAMINO	SERVIZIO	EMISSIONE	CONTENUTO MEDIO ORARIO [mg/Nm ³]	LIMITE DA VERIFICARE [mg/Nm ³]
C75	Scrubber ATS e Koch (Granulatore e Letto Fluido)	Ammoniaca	18	10
		Polveri	1.5	5

Tali valori sono stati misurati direttamente al camino C75, pertanto non è definito quali siano, effettivamente, i carichi di ammoniaca e urea all'ingresso e uscita degli scrubber Koch e ATS.

È stato ipotizzato che lo scrubber ATS, adibito al trattamento dei fumi in uscita dal granulatore stesso, tratti un'aria con alto contenuto di Ammoniaca (fino a 1000 mg/Nm³) e basso contenuto di polveri. Si stima che in uscita dallo scrubber ATS il contenuto di Ammoniaca sia nell'intorno di 100 mg/Nm³ e che questo incida in larga parte sulle emissioni di ammoniaca dal camino C75.

Per quanto riguarda lo scrubber Koch, esso tratta i fumi provenienti dal Letto Fluido e si ipotizza che tale gas sia per lo più composto da polveri, da qui la necessità di dividere il sistema di trattamento in due stadi separati di abbattimento polveri: uno Scrubber Venturi a gola variabile e uno scrubber Urea con un piatto di assorbimento. Si ipotizza che il gas in uscita dallo scrubber Koch contenga una quantità di ammoniaca

variabile tra i 7 e i 15mg/Nm³. Pertanto, considerando il caso peggiorativo, verranno considerati 15 mg/Nm³ di ammoniaca in uscita dallo scrubber Koch.

SERVIZIO	PORTATA [Nm ³ /hr]	EMISSIONE	CONTENUTO MEDIO ORARIO STIMATO IN INGRESSO [mg/Nm ³]	CONTENUTO MEDIO ORARIO STIMATO IN USCITA [mg/Nm ³]	LIMITE DA VERIFICARE [mg/Nm ³]
Scrubber ATS	35.000	Ammoniaca	1000	100	10
	35.000	Polveri	-	1.5	5
Scrubber Koch	350.000	Ammoniaca	15	15	10
	350.000	Polveri	-	1.5	5

Riassumendo le condizioni del camino C75, risulta che le emissioni di polveri sono ampiamente sotto i limiti richiesti, mentre sono necessari interventi su entrambi i sistemi (Scrubber ATS e Scrubber Koch) al fine di rispettare i 10mg/Nm³ di ammoniaca di emissioni. Di seguito sono analizzati e degli interventi suggeriti per ciascuno dei due scrubber.

2.3.1 SCRUBBER ATS

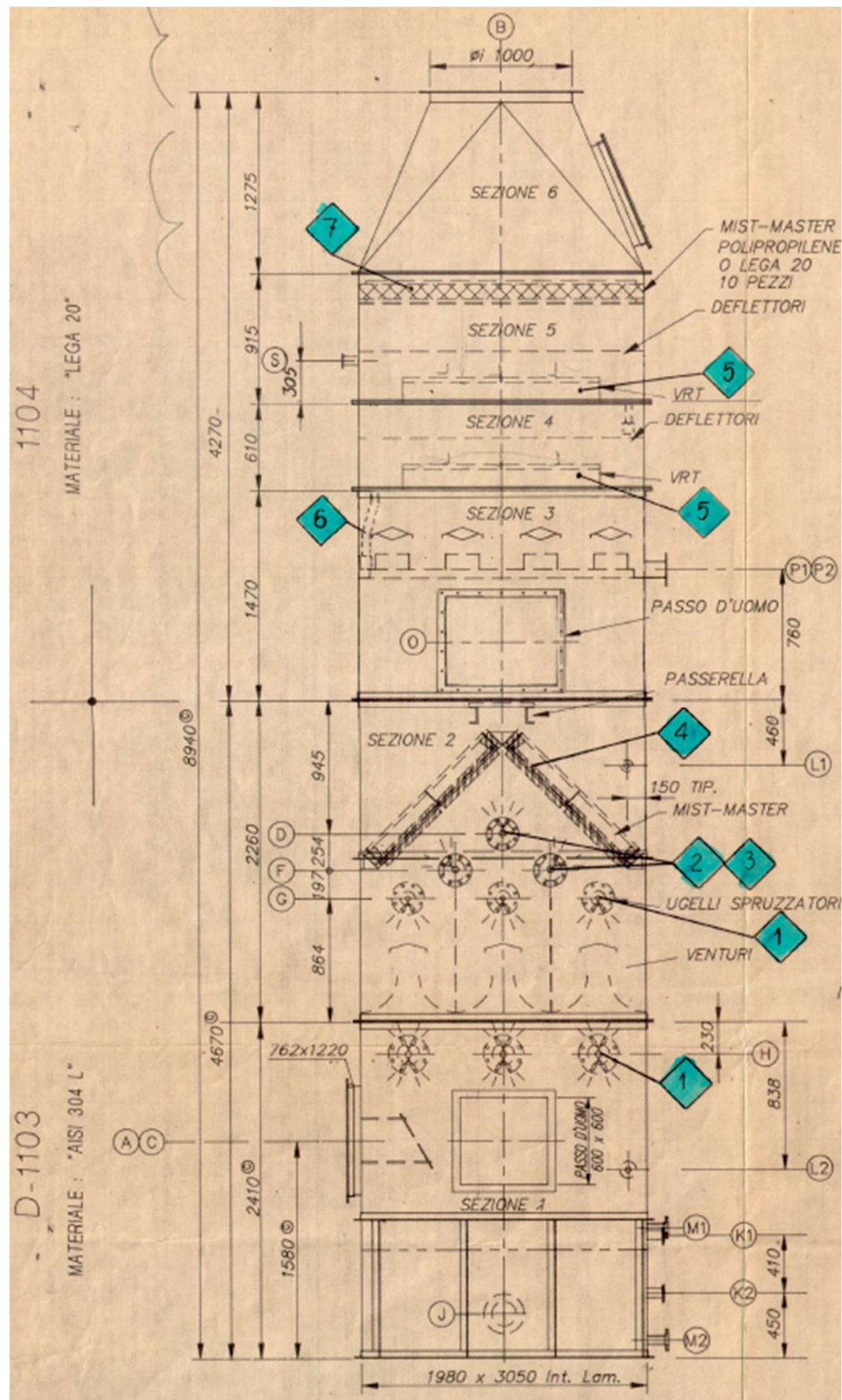
Le condizioni operative dello scrubber ATS sono le seguenti:

	Unità di misura	Valore
Portata di gas	Nm ³ /h	35.000
Temperatura operativa	°C	40
Pressione operativa	mmH ₂ O _G	-200
Contenuto Ammoniaca in ingresso	mg/Nm ³	1000-800
Contenuto Ammoniaca in uscita	mg/Nm ³	~100
Portata di liquido (H ₂ O)	m ³ /hr	85
Portata di liquido (H ₂ SO ₄ + H ₂ O)	m ³ /hr	9
pH Liquido (H ₂ SO ₄ + H ₂ O)	-	~4.5
Diametro colonna	mm	3050 x 1980
Altezza Colonna	mm	4670 (tronco inferiore)
		4270 (tronco superiore)
Materiali	-	AISI 304L (tronco inferiore)
		Alloy 20 (tronco superiore)

Le condizioni operative dello scrubber ATS sono state estrapolate dal DCS dell'impianto di granulazione di Yara Ferrara durante condizioni operative normali, mentre il contenuto di ammoniaca dei fumi è stato stimato come indicato precedentemente.

La sezione inferiore dello scrubber ATS consiste in una open spray tower in SS304, dove dei deflettori accelerano il gas in ingresso in modo da favorire l'abbattimento delle polveri di urea in ingresso.

Acqua e condensa vengono utilizzati come liquido di lavaggio, con una portata specifica di circa 14 m³/hr/m², ritenuta accettabile per una applicazione simile. Si ritiene che i valori idraulici e le performances di questa sezione dello scrubber ATS siano accettabili e che nessun intervento sia richiesto.



Ad un'elevazione di 4670mm, vi è una transizione di materiale da AISI 304L ad una lega di Nichel (Alloy 20). Qui è installato un piatto camino che separa la sezione inferiore di abbattimento polveri dalla sezione superiore, dove, tramite lavaggio su due piatti di assorbimento con una soluzione di Acqua e Acido solforico ($\text{pH} \sim 4.5$), avviene l'assorbimento di ammoniaca. Il dosaggio di Acido Solforico è controllato tramite un loop di controllo collegato ad un misuratore di ammoniaca posto al camino C75, in modo che l'emissione di ammoniaca sia sempre pari a circa 18 mg/Nm^3 .

Si stima che in uscita dallo scrubber ATS vi siano ancora 100 mg/Nm^3 di ammoniaca, concentrazione troppo elevata che, malgrado vengano mescolati con i fumi provenienti dallo Scrubber Koch a concentrazioni di ammoniaca inferiori, implica il superamento dei limiti di emissione di ammoniaca da verificare.

Di seguito sono dunque suggeriti alcuni interventi atti a ridurre il contenuto di ammoniaca nella corrente in uscita dallo scrubber ATS ad un valore inferiore a 10 mg/Nm^3 .

2.3.1.1 Azioni suggerite

In base alla concentrazione stimata in uscita dallo scrubber ATS, risulta che l'unico modo per effettuare l'abbattimento di ammoniaca richiesto è l'introduzione di tre ulteriori stadi di assorbimento.

Inoltre, è importante notare che attualmente viene utilizzata una portata di lavaggio sulla sezione superiore dello scrubber ATS pari a circa $9 \text{ m}^3/\text{hr}$, da cui si trae un valore di portata specifica pari a $1.5 \text{ m}^3/\text{hr/m}^2$. Questo valore è decisamente inferiore alle portate standard utilizzate per il dimensionamento di piatti e riempimenti, pertanto non è attualmente possibile stimare la bontà e efficienza dei piatti esistenti.

Inoltre tutte le soluzioni sotto riportate richiedono l'incremento della portata di lavaggio del tronco superiore dello scrubber ATS ad un valore minimo di $60 \text{ m}^3/\text{hr}$.

Le seguenti possibilità sono illustrate, al fine di aggiungere due stadi di assorbimento nella parte superiore dello scrubber ATS:

- Aggiunta di tre piatti di assorbimento nella colonna esistente,
- Modifica e sostituzione interni della colonna esistente,
- Sostituzione del tronco superiore della colonna ATS.

Queste soluzioni sono da considerarsi alternative, essendo diverse modalità per introdurre, in maniera indipendente e con difficoltà o costi variabili, ulteriori stadi di assorbimento nello scrubber esistente.

La colonna ATS è attualmente divisa in 6 sezioni flangiate tra di loro, rendendo possibile la sostituzione o la modifica solo di alcune di esse.

2.3.1.2 Aggiunta di tre piatti di assorbimento alla colonna esistente

La prima possibilità consiste nell'aggiunta di tre ulteriori piatti di assorbimento in Alloy 20 in testa alla colonna.

A tal fine, risulta necessario rimuovere il demister esistente e installare, tra la sezione 5 e la sezione 6 dello scrubber ATS, una sezione aggiuntiva (5A), contenente due ulteriori piatti di assorbimento e un demister tipo Meshpad in materiale plastico / lega speciale. Tale sezione avrà un'altezza preliminare di 2000mm, al fine di contenere gli elementi sopra riportati con le necessarie clearances.

Sarà in seguito possibile installare, sopra la sezione 5A, la sezione originale di uscita gas numero 6, andando tuttavia a modificare il condotto di connessione al ventilatore.

Si stima che questa modifica possa abbassare il contenuto di ammoniaca nel gas ad un valore inferiore a 5 mg/Nm³ (valore riferito all'uscita dall'equipment "Scrubber ATS", non dal camino C75 - ipotizzando una concentrazione di ammoniaca in uscita dai piatti esistenti dell'ATS di 100 mg/Nm³), con un aumento di perdita di carico aggiuntiva sullo scrubber ATS di circa 250 mmH₂O.

È tuttavia richiesto l'incremento di portata di lavaggio a valori consoni per il funzionamento dei piatti di assorbimento, pertanto questa deve essere aumentata a 60 m³/hr. Questa soluzione permette il minor impatto sull'impianto esistente.

2.3.1.3 Modifica e sostituzione degli interni

Questo intervento è rivolto esclusivamente alla modifica degli interni della sezione 4 e sezione 5 dello scrubber ATS, senza la sostituzione integrale di tali sezioni.

Nel caso di revamping di questi due sezioni, l'utilizzo di piatti di assorbimento o di random packing non è possibile, in quanto sarebbero richiesti almeno 2500 mm di elevazione. È possibile invece l'installazione di packing strutturato, che potrebbe rispettare le performances richieste rispettando l'ingombro disponibile. Considerando l'installazione di un piatto di supporto del packing, di un distributore liquido e di un demister in testa alla sezione 5, lo spazio disponibile per il riempimento risulta essere circa 800-900 mm.

Utilizzando la portata di liquido di lavaggio attualmente usata, il riempimento risulta non adatto da un punto di vista idraulico, a causa di un carico liquido molto basso e una perdita di carico della fase gassosa sotto i valori di design. L'aumento di portata è dunque un prerequisito per questo intervento: è necessario garantire una bagnabilità ottimale del riempimento al fine di massimizzarne l'efficienza e quindi ridurre il più possibile l'altezza totale richiesta. Nella tabella seguente, sono indicati alcuni dati di una possibile soluzione:

	Unità di misura	Valore
Tipo di riempimento	-	Strutturato metallico
Area di Passaggio colonna	mm x mm	2600 x 1700 (Sezione ridotta)
Contenuto Ammoniaca in ingresso	mg/Nm ³	1000-800
Contenuto Ammoniaca in uscita *	mg/Nm ³	<10
Portata di liquido (H₂SO₄ + H₂O)	m ³ /hr	~80
Altezza riempimento	mm	850
Volume riempimento	m ³	~ 3.8
Perdita di carico	mmH ₂ O	~50

***I valori si riferiscono all'uscita dall'equipment "Scrubber ATS", non dal camino C75.**

Un'ulteriore verifica e analisi idraulica del piatto camino esistente è comunque necessaria per verificare quali modifiche sono richieste a tale piatto in modo da poter gestire una portata aumentata di liquido di ricircolo. È altresì necessario condurre un design più dettagliato del piatto di supporto e del distributore liquido al fine di individuare effettivamente l'altezza massima di riempimento che il tronco superiore dello Scrubber ATS possa contenere senza particolari modifiche alla virola esterna.

Questo dimensionamento preliminare dello scrubber ATS con packing strutturato mostra che potrebbe essere possibile modificare esclusivamente gli interni del tronco superiore (senza modificarne la struttura generale) al fine di ridurre le emissioni di ammoniaca entro i valori da verificare.

2.3.1.4 Sostituzione integrale tronco superiore ATS

Da un punto di vista di affidabilità e efficienza, la soluzione più adatta al problema sarebbe la totale rimozione del tronco superiore di assorbimento ammoniaca dello scrubber ATS e il suo revamping, favorendo un'ottimizzazione degli spazi e lo sviluppo di una sezione di assorbimento ammoniaca definita. Alcune possibilità sono sotto rappresentate:

Intervento	Portata Gas	Portata ricircolo	Ammoniaca IN	Ammoniaca OUT *	Altezza totale richiesta	Perdita di carico
-	Nm ³ /h	m ³ /h	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mm	mmH ₂ O
5 nuovi piatti di assorbimento	35.000	60	1000	<10	~5500	~500
Random Packing	35.000	60	1000	<10	~4500	35
Riempimento Strutturato	35.000	60	1000	<10	~4000	20

***I valori si riferiscono all'uscita dall'equipment "Scrubber ATS", non dal camino C75.**

La colonna "Altezza totale richiesta" si riferisce alla somma delle altezze delle nuove sezioni 3,4,5,6.

Osservazioni simili al punto precedente sono ancora valide: un aumento di portata è necessario per ottenere altezze di riempimento consone, sezioni maggiori della colonna permettono valori di perdite di carico inferiori, ma richiedono una portata di ricircolo maggiore.

L'altezza indicata nella tabella superiore include lo spazio necessario per l'installazione di un passo d'uomo, piatto camino, riempimento / piatti, distributore liquido, demister sommitale e sezione di uscita.

2.3.1.5 Conclusione interventi ATS

È possibile fare alcune osservazioni aggiuntive in merito al funzionamento e alle possibilità di intervento dello scrubber ATS:

- Modificando il sistema di rimozioni polveri dello scrubber ATS (sezione inferiore) non si avrebbero benefici apprezzabili dal punto di vista di abbattimento dell'ammoniaca, essendo il fenomeno di assorbimento fisico trascurabile rispetto all'assorbimento chimico che avviene nel secondo stadio.
- La riduzione del pH della soluzione di lavaggio dello scrubber ammoniaca potrebbe non apportare miglioramenti apprezzabili, in quanto la soluzione di lavaggio è già sufficientemente acida per rendere l'assorbimento chimico un processo veloce. Iniettando ulteriore acido solforico si otterrebbe esclusivamente un prodotto di ammonio solfato maggiormente acido.
- L'aumento di portata di liquido di lavaggio potrebbe stabilizzare e migliorare l'abbattimento di ammoniaca solo in casi di mala distribuzione di liquido sui piatti correttamente installati. Tuttavia, non è possibile stimare l'effetto di tale intervento, non essendo note le caratteristiche e i dati di dimensionamento dei piatti esistenti.
- Miglioria del sistema di controllo: attualmente il dosaggio di acido solforico in testa allo scrubber ATS è controllato da un analizzatore chimico che valuta la concentrazione di ammoniaca al camino C75, a valle della miscelazione con i fumi provenienti dallo scambiatore Koch e mantenendo qui un valore di concentrazione di ammoniaca obiettivo di 18mg/Nm³. In tale loop di controllo, il valore di output è influenzato anche della variazione di contenuto ammoniaca dei gas in uscita dallo scrubber Koch, su cui il dosaggio di H₂SO₄ allo scrubber ATS non ha alcuna influenza. Pertanto, per rendere questo loop di controllo più preciso, reattivo e utile, è necessario che il dosaggio di acido solforico nell'ATS

controlli il valore di ammoniaca esattamente a valle dell'ATS. Si consiglia dunque l'installazione di un analizzatore di ammoniaca aggiuntivo a valle dello scrubber ATS, ma a monte del camino C75.

Qui di seguito vengono riassunte le possibilità di intervento sullo scrubber ATS:

Intervento	Emissioni previste*	Costo Budget	Note
Riduzione pH soluzione di lavaggio	-	0 €	Intervento di semplice esecuzione, possibile verificarne velocemente l'efficacia. Questo intervento non rappresenta una soluzione univoca alle emissioni dallo scrubber ATS, necessario svolgerlo in concomitanza con un revamping dello scrubber ATS.
Aumento portata di lavaggio	-	~80.000€ - Include fornitura di pompe, piping e strumentazione del sistema di ricircolo.	Necessario modificare pompe, piping e piatto camino dello scrubber. Questo intervento non rappresenta una soluzione univoca alle emissioni dallo scrubber ATS, necessario svolgerlo in concomitanza con un revamping dello scrubber ATS.
Aggiunta misuratore Ammoniaca	-	~15.000€	Intervento di basso impatto economico che aumenta sensibilmente l'operatività e precisione dell'impianto. Questo intervento non rappresenta una soluzione univoca alle emissioni dallo scrubber ATS, necessario svolgerlo in concomitanza con un revamping dello scrubber ATS.
a) REVAMPING ATS: Tre piatti aggiuntivi ATS	<10 mg/Nm ³ Ammoniaca	~125.000€ Solo per fornitura Virola aggiuntiva e piatti. Esclusa installazione. + ~95.000 Per modifica piping e misuratore di ammoniaca. <u>Totale: ~220.000€</u>	Aggiunta di una nuova sezione dell'ATS. Aumento altezza ATS. Necessario aumento portata di lavaggio. Necessario verificare le condizioni delle sezioni dell'ATS da modificare.
b) REVAMPING ATS: Sostituzione interni ATS con Structured Packing	<10 mg/Nm ³ Ammoniaca	~150.000€ Solo per fornitura Structured packing, piatto di supporto e distributore liquido. Esclusi montaggio / smontaggio. + ~95.000 Per modifica piping e misuratore di ammoniaca. <u>Totale: ~245.000€</u>	Modifica sezioni 4 e 5 Scrubber ATS, no aumento altezza. Necessario aumento portata di lavaggio. Non è possibile garantire il funzionamento dei piatti esistenti.
c) REVAMPING ATS: Sostituzione integrale Scrubber D-1104 con 5 piatti	<10 mg/Nm ³ Ammoniaca	~280.000€ Per fornitura nuove sezioni ATS con 5 piatti di assorbimento, piatto camino, distributore liquido. Esclusi smontaggio / montaggio. + ~95.000 Per modifica piping e misuratore di ammoniaca. <u>Totale: ~375.000€</u>	Sostituzione sezioni 3-4-5-6 dello Scrubber ATS. Modifica altezza totale ATS. Necessario aumento portata di lavaggio. Incremento perdite di carico totali.
d) REVAMPING ATS: Sostituzione integrale Scrubber D-1104 con Random Packing	<10 mg/Nm ³ Ammoniaca	~230.000€ Per fornitura nuove sezioni ATS con piatto camino, piatto di supporto, random packing, distributore liquido. + ~95.000 Per modifica piping e misuratore di ammoniaca. <u>Totale: ~325.000€</u>	Sostituzione sezioni 3-4-5-6 dello Scrubber ATS. Modifica altezza totale ATS. Necessario aumento portata di lavaggio. Riduzione perdite di carico totali.
e) REVAMPING ATS: Sostituzione integrale Scrubber D-1104 con Structured Packing	<10 mg/Nm ³ Ammoniaca	~250.000€ Per fornitura nuove sezioni ATS con piatto camino, piatto di supporto, structured packing, distributore liquido. + ~95.000 Per modifica piping e misuratore di ammoniaca. <u>Totale: ~345.000€</u>	Sostituzione sezioni 3-4-5-6 dello Scrubber ATS. Modifica altezza totale ATS. Necessario aumento portata di lavaggio. Riduzione perdite di carico totali.

***I valori si riferiscono all'uscita dall'equipment "Scrubber ATS", non dal camino C75.**

Al fine di ridurre le emissioni dello scrubber ATS entro i limiti da verificare, si suggerisce di intervenire in maniera graduale, dando priorità a interventi dal contenuto impatto economico. Una possibile scaletta di interventi potrebbe essere la seguente:

1. Riduzione pH soluzione di lavaggio: questo intervento è facilmente eseguibile agendo sul loop di controllo dell'acidità della soluzione di ricircolo. Necessario verificare compatibilità con specifiche di produzione dell'ammonio solfato;
2. Aumento portata di lavaggio: in maniera preliminare, è possibile provare ad aumentare la portata del sistema di ricircolo, provando a ridurre le perdite di carico concentrate sulla linea o attivando entrambe le pompe di ricircolo in parallelo. Necessario verificare che la pressione di design delle tubature non venga superata e che il piatto camino non vada in flooding, con conseguente contaminazione del tronco inferiore dell'ATS con una soluzione a pH acido;
3. Installazione misuratore di ammoniaca, al fine di monitorare e controllare in maniera più efficace le emissioni dallo scrubber ATS;
4. Aumento portata di lavaggio ATS, sostituendo le pompe esistenti con pompe aventi capacità superiore e controllabili tramite inverter;
5. Revamping scrubber ATS: sostituzione integrale del tronco superiore dello scrubber o modifica degli interni.

2.3.2 SCRUBBER KOCH

Le condizioni operative dello scrubber KOCH sono le seguenti:

	Unità di misura	Normal
Portata di gas	Nm ³ /h	350.000
Temperatura operativa	°C	40
Pressione operativa	mmH ₂ O _G	50
Contenuto Ammoniaca in uscita	mg/Nm ³	15
Portata di liquido (H ₂ O)	m ³ /hr	~140
Perdita di carico Venturi	mmH ₂ O	80
Diametro colonna	mm	Venturi Ø=3000mm, Scrubber 8500mmx4500mm
Altezza Colonna	mm	4200mm Venturi, 8140mm Scrubber
Materiali		AISI 304L



Il sistema Venturi e Scrubber Koch è volto principalmente alla rimozione di polveri dalla corrente gassosa, effetto svolto in maniera efficace e per il quale ulteriori interventi non sono richiesti.

Durante i meeting con il team tecnico di Yara Ferrara è emerso che la concentrazione stimata di ammoniaca in uscita dallo Scrubber Koch è compresa tra gli 8 e i 15 mg/Nm³. Considerando il caso peggiorativo di 15 mg/Nm³, risulta dunque necessario intervenire anche su questa colonna di abbattimento.

Benchè l'efficienza di rimozione aggiuntiva richiesta sia contenuta, non è possibile ottenerla, in maniera univoca, esclusivamente tramite assorbimento fisico. Il continuo ricircolo dell'acqua di lavaggio aumenterebbe gradualmente la concentrazione di ammoniaca nel liquido, alzandone il pH e rendendo l'assorbimento poco efficiente.

È dunque necessario l'aggiunta di uno stadio di assorbimento chimico con dosaggio di acido solforico, in maniera simile al sistema ATS. Lo Scrubber Koch è tuttavia realizzato interamente in AISI304, materiale non compatibile con ambienti acidi. Si rende dunque necessaria l'installazione di un piatto camino e di un ulteriore piatto di assorbimento ammoniaca, entrambi realizzate in AISI316 o materiali speciali (Alloy 20,...). Inoltre, allo stato attuale lo scrubber Koch non presenta sufficiente spazio per l'aggiunta di questi interni, si rende pertanto necessaria la modifica dello scrubber esistente, aumentandone l'altezza di circa 2 metri. È inoltre consigliata l'installazione di un'ulteriore analizzatore di ammoniaca a valle dello scrubber Koch, in maniera da poter dosare in maniera efficace la corretta quantità di acido solforico per effettuare l'assorbimento richiesto.

Un design più dettagliato è richiesto al fine di

Qui sotto le varie possibilità di intervento sono schematizzate:

Intervento	Emissioni Previste*	Costo Budget	Note
Aumento portata di lavaggio	-	-	Intervento non sufficienti, no benefici apprezzabili dal semplice assorbimento fisico. Questo intervento, se eseguito da solo, non risulta una soluzione al problema delle emissioni.
Aggiunta misuratore Ammoniaca	-	~15.000€	Intervento di basso impatto economico che aumenta sensibilmente l'operatività e precisione dell'impianto. Questo intervento, se eseguito da solo, non risulta una soluzione al problema delle emissioni.
Aggiunta sezione di assorbimento chimico	< 10 mg/Nm ³ Ammoniaca	~400.000€ solo per modifica scrubber: fornitura di piatto camino, piatto di assorbimento e virola aggiuntiva. Escluso montaggio e smontaggio, modifiche alle carpenterie e eventuale sistema di concentrazione solfato ammonico.	Intervento sostanziale sullo Scrubber Koch: incremento altezza di circa 2 metri, installazione piatto camino, piatto di assorbimento e sostituzione demister. Necessario modificare camino e strutture di supporto camino. Perdita di carico aggiuntiva di circa 100 mmH ₂ O. Necessario sistema di lavaggio e dosaggio con acido solforico.

***I valori si riferiscono all'uscita dall'equipment "Scrubber Koch", non dal camino C75.**

Notare che dal costo mostrato nella tabella soprastante è escluso il design e fornitura del sistema di dosaggio acido solforico e conseguente raccolta e concentrazione del solfato ammonico prodotto. Uno studio più dettagliato è richiesto al fine di poter stimare con precisione il pH ottimale di lavoro e la concentrazione del solfato ammonico nel liquido di ricircolo, tuttavia si ritiene che la concentrazione sia ben al di sotto del valore di 37% richiesto affinché questo prodotto secondario sia commerciabile. È dunque necessario prevedere l'installazione di un sistema di concentrazione del solfato ammonico.

3 CONCLUSIONI

Il presente studio ha analizzato possibilità di intervento sull'impianto di granulazione Urea di YARA Ferrara, al fine di rispettare limiti più stringenti di emissioni di polveri di urea e ammoniaca.

Le seguenti conclusioni sono state tratte per ciascuno dei tre punti di emissione analizzati:

- Camino C12 (Letto Fluido): Nessun intervento necessario;
- Camino C14 (Torre di Prilling): Interventi significativi richiesti per ridurre le emissioni su base giornaliera della Torre di Prilling con carico del 70%. Data la saltuarietà dell'operazione della torre al 70%, le emissioni annuali risultano ampiamente entro i limiti espressi su base annua.
- Camino C75: necessari interventi sia su Scrubber ATS sia su Scrubber Koch al fine di ridurre le emissioni di ammoniaca entro i limiti richiesti.