



## Piattaforma polifunzionale per il trattamento dei rifiuti liquidi

Sede legale: Strada Calvani, 8 - 70124 Bari

Sede operativa: località Spiggiano Canale - 73054 Presicce - Acquarica (Le)

### Aggiornamento per riesame/rinnovo a seguito della

- Pubblicazione della decisione della commissione n.2018/1147 del 10/08/2018 "Conclusioni sulle Migliori Tecnologie Disponibili (BAT) per il trattamento dei rifiuti" ai sensi della direttiva 2010/75/Ue del Parlamento Europeo e del Consiglio"
- L.R.32/2018: disciplina in materia di emissioni odorigene



Riferimenti catastali: Fg. 19 p.lla 524

Autorizzazione Integrata Ambientale vigente:  
DDR 117 del 18/05/2011

#### Consulenza tecnica:

Ing. Antonio Daniele Buccolieri  
Via Grassi, 113 - 73100 Lecce  
e-mail: danielle.buccolieri@gmail.com



Ing. Daniela Trivisani  
Via F.Rossi - 76012 Canosa di Puglia (BT)  
e-mail: daniela.trivisani@ingpec.eu



#### Legale rappresentante

Sig.Italo Forina  
Strada Calvani, 8 - 70124 Bari  
Tel: 0833.720040  
indirizzo PEC: ecolio2srl@pec.it

**ECOLIO 2 s.r.l.**  
L'Amministratore

ELABORATO	DATA	SCALA	ALLEGATO
TRATTAMENTO TERMICO - RELAZIONE TECNICA	01_ 2020		ELDES_ 6

AGGIORNAMENTO	DATA	DESCRIZIONE
II EMISSIONE	11-2019	Aggiornamento dopo seconda conferenza dei servizi
III EMISSIONE	01-2020	Aggiornamento dopo tavolo tecnico

## INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	GESTIONE DEI RIFIUTI IN INGRESSO	4
3.	CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE	5
4.	TRATTAMENTO TERMICO	7
4.1.	Campo di applicazione	7
4.2.	Caratteristiche dell'impianto di evaporazione	8
4.3.	Descrizione del processo	13
5.	PRINCIPALI FLUSSI IN INGRESSO ED USCITA DAL COMPARTO TERMICO	16
6.	ANALISI E QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI	17
5.4.	SISTEMA DI ABBATTIMENTO PUNTO E1: STATO DI FATTO	19
5.5.	SISTEMA DI ABBATTIMENTO PUNTO Et	20
7.	ABBATTIMENTO EMISSIONI IN ATMOSFERA: STATO DI PROGETTO	21
6.1.	Ottimizzazione e potenziamento impianto a carbone attivo	22
6.1.1.	Unità 1/A – Abbattimento H2S	27
6.1.2.	Unità 1/B – Abbattimento NH3	30
6.1.3.	Unità 2 - Dimensionamento dell'unità di adsorbimento a carboni attivi	31
6.1.3.1.	VERIFICA DEL FILTRO ESISTENTE (FILTRO 1)	31
6.1.3.2.	DIMENSIONAMENTO DEL FILTRO DI FINISSAGGIO (FILTRO 2)	35

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Impianto di evaporazione della ECOLIO2 srl	8
Figura 2 – Serbatoi alimento sezione termica	9
Figura 3– Serbatoio D102B alimento del serbatoio D104B	9
Figura 4 – Serbatoio di stoccaggio D106	10
Figura 5– Serbatoio di stoccaggio D122	11
Figura 6– Serbatoio di stoccaggio D123	12
Figura 7 – Modulo Biologico A con indicazione punto immissione condensato	12
Figura 8 – Torre di raffreddamento	15
Figura 9 – Punto emissione E1	19
Figura 10 – Barilotto carboni attivi	20
Figura 11 – Punto emissione Et	20
Figura 12 - Schema a blocchi trattamento termico – stato progetto -	23
Figura 13 – Sistema potenziamento ed ottimizzazione carboni attivi	25
Figura 14 – Condizioni di esercizio filtro a carboni attivi	38

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 -Corrente gassosa da trattare	24
Tabella 2 - Make-up [sol. NaOH]	29
Tabella 3 - Make-up [sol. H2SO4]	30
Tabella 4 - Corrente gassosa deumidificata in uscita dalle Unità 1/B	31
Tabella 5 – Parametri progetto FILTRO 2	35
Tabella 6 - Dimensionamento sezione di ingresso/uscita	35

## INDICE DEGLI APPENDICI

Appendice 1 – Scheda tecnica termoigrometro	40
Appendice 2 – Scheda tecnica PID	41
Appendice 3 – Dimensionamento colonna abbattimento H2S	44
Appendice 4 - Isoterme, capacità di adsorbimento del carbone attivo per diversi inquinanti e scheda tecnica	52

## 1. PREMESSA

La “ECOLIO2 s.r.l.” è proprietaria di una piattaforma polifunzionale per il trattamento dei rifiuti liquidi speciali, nata negli anni '90 in località Spiggiano Canale nell'area industriale del comune attualmente denominato Presicce- Acquarica. La ditta, avente sede legale in Strada Calvani, 8 in Bari (BA), è iscritta alla Camera di Commercio, Industria, Artigianato e Agricoltura di Bari al n. 10304890154.

La ditta “ECOLIO2 srl” ha ottenuto parere favorevole di compatibilità ambientale (V.I.A), con Determinazione Dirigenziale n. 221 del 09/09/2013 della Regione Puglia.

Attualmente la piattaforma polifunzionale depurativa è in possesso dell'Autorizzazione Integrata Ambientale ex D.Lgs. n.59/2005 e ss.mm.ii., ora assorbito nella Parte II – Titolo IIIbis del D.Lgs. n.152/2006 e ss.mm.ii., rilasciata dalla Regione Puglia giusta Determinazione Dirigenziale n.117 del 18 maggio 2011 con la quale autorizzava la ditta a svolgere le seguenti attività di smaltimento rifiuti:

- D8 - trattamento biologico;
- D9 – trattamento fisico – chimico;
- D15 – deposito preliminare

La piattaforma rappresenta un valido riferimento per il territorio regionale, indispensabile per evitare lo smaltimento incontrollato dei rifiuti e restituire all'ambiente la risorsa più preziosa: l'acqua.

Nel caso di impianti di trattamento di rifiuti liquidi come quello in esame non si può trascurare un aspetto essenziale: pur originati nell'ambito di cicli produttivi simili, si rileva che rifiuti liquidi classificabili con il medesimo CER, ai fini del trattamento, possono presentare caratteristiche chimiche molto diverse poiché dipendenti dalle materie prime e dalle sostanze utilizzate in quel determinato processo industriale che ha originato la specifica partita di rifiuti che si intende trattare. In altre parole, il conferimento del rifiuto in impianto è possibile solo se ne è preventivamente ed analiticamente dimostrata la “compatibilità” fra la specifica partita che si chiede di conferire con le tecnologie presenti in impianto. Ogni tecnologia di trattamento esistente in impianto (chimico-fisico, biologico e termico) ha dei limiti d'impiego rispetto alle diverse tipologie di rifiuti liquidi che si possono ipotizzare di trattare. Esiste infatti un range di applicabilità per le diverse tipologie di trattamenti esistenti in impianto alle diverse tipologie di rifiuti in ingresso. Sussistendo alle limitazioni all'utilizzo degli impianti (es. nel caso del trattamento biologico, sostanze tossiche che inibiscono la biomassa), la verifica preventiva della qualità dei rifiuti in ingresso è essenziale ai fini di una corretta conduzione dell'attività.

La casistica dei rifiuti liquidi potenzialmente producibili dalle diverse tipologie di attività industriali è estremamente variegata sotto il profilo degli inquinanti che possono essere contenuti nei residui liquidi nonché variabile sotto il profilo delle concentrazioni di dette sostanze in essi contenute.

In sostanza la composizione chimica di un determinato rifiuto liquido dipende, oltre che dal tipo di ciclo produttivo di origine, anche dalle sostanze specificatamente in esso utilizzate.

CONSEGUENTEMENTE LA PECULIARITÀ DI QUESTA TIPOLOGIA DI RIFIUTI È CHE, A SECONDA DEL CONTENUTO DI SOSTANZE INQUINANTI NELLA MASSA LIQUIDA CONFERITA IN IMPIANTO, CAMBIA IL

TRATTAMENTO NECESSARIO per assicurare il rilascio dell'effluente nell'ambiente naturale nei limiti di legge [n.d.r. nel caso della ditta "ECOLIO2. srl" trattasi della Tab.4 dell'All.V alla Parte III del D.Lgs. n.152/2006 e ss.mm.ii.].

Ciò premesso, si evidenzia che l'installazione della "ECOLIO2 s.r.l." è costituita da un sistema impiantistico costituito dalle seguenti linee di trattamento operanti con **sistema a batch**. A seconda delle caratteristiche dei rifiuti liquidi e fangosi pompabili in ingresso, dopo le attività di accettazione, vengono utilizzate con diverse modalità:

- ✓ **Linea impiantistica trattamento termico (cfr. ELDES.4)**
- ✓ **Linea impiantistica trattamento biologico (cfr. ELDES.5 )**

e la sezione fanghi comune ad entrambe le linee (cfr. ELDES.6 )

Queste inoltre possono funzionare in maniera indipendente l'una dall'altra o in modo interconnesso a seconda del trattamento a cui deve essere sottoposto il rifiuto per l'abbattimento del carico inquinante ed ottenere una corrente di acqua depurata che rispetti i limiti imposti dalla Tabella 4 Allegato 5 Parte III del D.Lgs 152/06 e ss.mm.ii. dovendo essere scaricata in trincea drenante.

Nella presente relazione si descrive in maniera esaustiva il trattamento termico (Attività D9 ex All. B alla Parte IV del D. Lgs. N. 152/2006 e ss.mm.ii.), e la proposta migliorativa progettata dalla società in virtù delle conclusioni sulle BAT di cui alla Decisione di Esecuzione (UE) 2018/1147 della Commissione del 10.08.2018, che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) per il trattamento dei rifiuti, ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio.(cfr. DIAGRAMMA3.2 TRATTAMENTO TERMICO - STATO DI PROGETTO).

Le operazioni di miscelazione di seguito descritte terranno conto della rinuncia da parte della Società Ecolio2 srl alla miscelazione in deroga tra rifiuti pericolosi aventi differenti caratteristiche di pericolosità ovvero rifiuti pericolosi con rifiuti non pericolosi.

## 2. GESTIONE DEI RIFIUTI IN INGRESSO

La società Ecolio2 srl, al fine di procedere ad uno smaltimento finale in condizioni di sicurezza, accetta rifiuti soltanto se accompagnati da analisi di caratterizzazione (eccetto per i bottini delle fosse settiche) effettuata da laboratorio esterno e sottoscritta da tecnico abilitato, il quale dovendo valutare analiticamente il rifiuto avrà l'obbligo e sarà l'unico in grado di raccogliere tutte le informazioni dettagliate, come previsto dalla norma in fase di campionamento, inerenti il ciclo produttivo da cui ha origine, i prodotti chimici utilizzati, le schede di sicurezza dei prodotti utilizzati, le caratteristiche di pericolosità, la bioeliminabilità, ecc. al fine di fornire un giudizio finale sulla trattabilità del rifiuto verso l'impianto di destino finale.

Il rifiuto liquido e fangoso pompabile in ingresso, prima di essere trattato, viene in ogni caso sottoposto ad una verifica preliminare in cui sono controllate (cfr. ELDES.4 - Protocollo accettazione rifiuti in ingresso all'attività e pretrattamenti– Relazione tecnica):

- ✓ le autorizzazioni e la corretta compilazione del formulario e dell'eventuale documentazione allegata,
- ✓ la rispondenza della composizione e delle caratteristiche fisiche del rifiuto con quanto indicato nel formulario e quanto previsto nell'offerta di trattamento;
- ✓ eventuale verifica radiometrica ove necessario ai sensi del D.lgs. 230 del 17/03/1995 come modificato dal D.Lgs. 241 del 26/05/2000

Infatti, sulla base della classificazione del rifiuto e delle caratteristiche di pericolosità dichiarate dal produttore di tale rifiuto, il tecnico di laboratorio della ditta o altro tecnico da essa incaricato verifica e/o stabilisce:

- ✓ Che il codice CER sia tra quelli compresi nell'Autorizzazione Integrata Ambientale;
- ✓ Che i parametri riportati nel certificato di analisi fornito dal produttore rispettino quelli richiesti;
- ✓ Il ciclo di trattamento a cui il rifiuto liquido deve essere destinato.

Pertanto l'omologazione del rifiuto si conclude con l'individuazione del ciclo di trattamento al quale verrà sottoposto il rifiuto.

Infatti a seguito dell'omologazione, il rifiuto liquido, a seconda delle sue caratteristiche, può subire i pre-trattamenti di seguito elencati:

1. eventuale separazione di solidi grossolani e di olii tramite il passaggio del refluo all'interno di sgrigliatori e tramogge di scarico;
2. eventuale separazione di impurità mediante filtrazione
3. deposito temporaneo in serbatoi di stoccaggio per la verifica di conformità del rifiuto conferito rispetto al certificato di analisi (Attività D15, All. B alla Parte IV del D. Lgs. N. 152/2006 e ss. mm. ii.).

Come specificato al punto D.2 delle BAT: *“Ogni singolo impianto è, pertanto, caratterizzato da una propria specifica dotazione tecnologica e gestionale strettamente dipendente della tipologia di rifiuto*

*trattato e, per tale ragione, non può essere individuata una tipologia standard di trattamento chimico-fisico. Infatti, sebbene tutti gli impianti prevedano, in generale, la presenza di laboratori ed ispezioni regolari per il monitoraggio dei processi e tendano ad effettuare, principalmente, operazioni di neutralizzazione, le differenti modalità di pretrattamento e gestione dei fanghi adottate e le diverse combinazioni dei flussi di rifiuti in entrata fanno sì che ogni processo sia da considerarsi praticamente unico”.*

### 3. CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE

L'impiego del trattamento termico (che di fatto rappresenta un trattamento che sfrutta dei principi di tipo fisico) risulta necessario per i rifiuti liquidi e fangosi pompabili in ingresso pericolosi o non pericolosi contenenti inquinanti in concentrazione tale da non poter essere efficacemente trattati in altre sezioni d'impianto (es. elevate concentrazione di COD, NH<sub>3</sub>, metalli, sostanze nocive per il corretto sviluppo del trattamento biologico).

**Ciò premesso, si rileva che la sezione di trattamento termico, è alimentata da rifiuto liquido e fangoso pompabile da trattare come di seguito descritto.**

È prevista una separazione a monte dei rifiuti pericolosi dai rifiuti non pericolosi (cfr ELGRAF.4)::

1. **I I rifiuti pericolosi** una volta verificati ed accettati, è previsto siano immessi nell'impianto mediante il *Pozzetto di Immissione (Pi4)* di nuova realizzazione dotato di rete filtrante e convogliati - mediante linea dedicata - al serbatoio di stoccaggio D121 scollegato da tutti gli altri serbatoi D15.. Da questo, i rifiuti pericolosi vengono trasferiti nel serbatoio di processo D104A di alimentazione della sezione di trattamento termica. La miscelazione nel serbatoio D104A potrà avvenire soltanto tra rifiuti aventi stesse caratteristiche di pericolosità. In caso contrario il trasferimento potrà avvenire soltanto dopo il completo svuotamento del serbatoio D104A. Non saranno possibili miscelazioni tra rifiuti pericolosi in deroga al divieto di cui all'art. 187 c.1.
2. **I rifiuti non pericolosi non biodegradabili**, una volta analizzati ed accettati, è previsto siano immessi nell'impianto mediante il *Pozzetto di Immissione* esistente (*Pi3*), dotato di rete filtrante, e convogliati, mediante linea dedicata, ai serbatoi di stoccaggio da D110 a D120. Da questi sono trasferiti al serbatoio D102B e da questo al D104B di alimentazione della sezione di trattamento termica;

In uscita dal trattamento termico vi sono i seguenti prodotti:

- l'evaporato che, una volta condensato, è inviato nel modulo biologico A (Attività D8 ex All.B alla Parte IV del D.Lgs. n.152/2006 e ss.mm.ii.);
- la frazione residuale, componente inquinante del rifiuto, che è caratterizzata da un quantitativo di sostanza secca variabile in % a temperature che possono arrivare a circa 60 °C. In base alla

tipologia di rifiuto prodotto, la frazione residuale viene stoccata mediante linea dedicata nel rispetto serbatoio ed in particolare:

- nel serbatoio D106 se non pericolosa al fine del successivo smaltimento presso terzi ex art. 183 co.1 lett. aa) del d.lgs. 152/2006 e smi (attività D15) . Tale serbatoio ha volume pari a 600m<sup>3</sup>;
- nel serbatoio D122 se pericolosa al fine del successivo smaltimento presso terzi ex art. 183 co.1 lett. aa) del d.lgs. 152/2006 e smi (attività D15). Tale serbatoio ha volume pari a 28 m<sup>3</sup>;
- nel serbatoio D123 se olio derivante dalla separazione di miscele acqua - olio al fine del successivo smaltimento/recupero presso impianti terzi ex art. 183 co.1 lett. aa) del d.lgs. 152/2006 e smi (attività D15). Tale serbatoio ha volume pari a 28 m<sup>3</sup>.

La frazione residuale viene gestita come rifiuto prodotto da avviare a trattamento all'esterno.

Per tali rifiuti prodotti, verifiche tecniche e di mercato volte ad individuare soluzioni di avvio a gestione in tempi rapidi, compatibili con i limiti temporali di cui all'art. 183 lett.bb) escludono la possibilità di ricorrere all'istituto del deposito temporaneo che consente di optare per il criterio temporale di un anno nel solo caso in cui *"il quantitativo di rifiuti in deposito raggiunga complessivamente i 30 metri cubi di cui al massimo 10 metri cubi di rifiuti pericolosi"* nell'arco di un anno (quantità che l'impianto è capace di produrre in tempi ristretti).

Detta impossibilità gestionale viene superata dalla norma, attraverso l'autorizzazione all'operazione D15 di cui all'allegato B alla parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

#### 4. TRATTAMENTO TERMICO

Nel seguito è descritta la sezione impiantistica (Impianto di evaporazione) in cui si svolge il trattamento termico dei rifiuti ed in particolare saranno illustrate le varie fasi a cui il rifiuto liquido è sottoposto (Attività D9 ex All. B alla Parte IV del D. Lgs. N. 152/2006 e ss.mm.ii.). Nell'elaborato grafico ELGRAF.4 è rappresentata la consistenza della linea esistente.

##### 4.1. Campo di applicazione

**In via teorica, il trattamento di evaporazione, che consente la separazione chimico – fisica dei composti solubili non biodegradabili risulta necessario se il rifiuto è pericoloso o se non pericoloso, ipotizzando di trattarne 30 m<sup>3</sup>, presenta le seguenti caratteristiche:**

- rifiuto con COD > 50000 ppm;
- rifiuto con azoto ammoniacale NH<sub>4</sub> > 500 ppm o con un'alta concentrazione di molecole organiche azotate;
- rifiuto la cui sommatoria delle concentrazioni As, Cr totale, Ni,Cu, Pb, e Zn sia > 25 ppm;
- Hg, Cd, Se ,Cr VI: > 1 ppm cadauno
- rifiuto la cui sommatoria di Al, Ba, Be, B, Fe, Mn, Sn, V sia > 300 ppm;
- rifiuto la cui sommatoria di anioni dello zolfo sia > di 5000 ppm
- rifiuto il cui anione cloruro sia > 2500 ppm
- rifiuto il cui anione fluoruro sia > di 100 ppm
- rifiuto che contiene altre sostanze con concentrazioni che superano i limiti della Tabella 3- scarico in rete fognaria;
- rifiuto che potrebbe contenere sostanze tali da alterare le condizioni di lavoro ottimali dei microorganismi e tali condizioni si verificano con pH estremi e conducibilità elettrolitica > 50 mS;

Tale sezione ha una potenzialità di 93,5 m<sup>3</sup>/g con funzionamento massimo di 300 giorni all'anno (considerate le attività di manutenzione) e pertanto la massima quantità di rifiuti trattabili è 300g x 93,5 mc/g =28.050 m<sup>3</sup>/a di cui al massimo 8415 m<sup>3</sup>/a possono essere rifiuti pericolosi.

L'attività di trattamento dei rifiuti mediante la sezione termina è D9 ai sensi del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. allegato B alla parte VI.



#### 4.2. Caratteristiche dell'impianto di evaporazione

L'evaporazione, all'interno della ECOLIO2s.r.l., avviene tramite un impianto termico a triplo effetto costituito da un unico modulo avente potenzialità complessiva pari a circa 4 m<sup>3</sup>/h.



**Figura 1 – Impianto di evaporazione della ECOLIO2 srl**

L'alimentazione dell'impianto termico con il rifiuto liquido da trattare può avvenire attraverso due serbatoi da 250 mc/cad (polmoni di alimento): dal serbatoio D104A dedicato ai rifiuti pericolosi o dal serbatoio D104B dedicato ai rifiuti non pericolosi non biodegradabili alimentato a sua volta dal serbatoio di processo D102B da 3500 mc.(cfr ELDES.4 - Protocollo accettazione rifiuti in ingresso all'attività ed elenco CER)

Nel serbatoio D104A, a seguito della rinuncia da parte della Società alla miscelazione in deroga tra rifiuti pericolosi aventi differenti caratteristiche di pericolosità ovvero rifiuti pericolosi con rifiuti non pericolosi, è autorizzata la miscelazione tra rifiuti pericolosi aventi medesime caratteristiche di pericolosità (Attività D9 ex All.B alla Parte IV del D.Lgs. n.152/2006 e ss.mm.ii).

Nell'ambito del presente rinnovo/riesame si propone, conformemente alla richiesta pervenuta da Arpa Puglia LE a seguito dell'ispezione straordinaria di cui al rapporto conclusivo emesso in data 19.02.2019, di inserire un misuratore della portata in uscita da tali serbatoi rispettivamente FIT803 per il

serbatoio D104A e FIT804 per il serbatoio D104B (cfr ELGRA.F.4 - Trattamento termico – Layout e pipeline stato progetto)



**Figura 2 – Serbatoi alimento sezione termica**



**Figura 3– Serbatoio D102B alimento del serbatoio D104B**

I rifiuti liquidi speciali pericolosi e non pericolosi vengono trattati termicamente previo stoccaggio (Attività D15, All. B alla Parte IV del D. Lgs. N. 152/2006 e ss. mm. ii.): in particolare è utilizzato il

serbatoio D121 per i rifiuti pericolosi e i serbatoi da D110 a D120 per i rifiuti non pericolosi non biodegradabili.

In uscita dal trattamento termico vi sono due prodotti:

- la frazione residuale, componente inquinante del rifiuto, che è caratterizzata da un quantitativo di sostanza secca variabile in % a temperature che possono arrivare fino a circa 60 °C. In base alla tipologia di rifiuto prodotto, la frazione residuale viene inviata nel relativo serbatoio di stoccaggio mediante apertura e chiusura di valvole posizionate lungo le tubazioni di scarico ed in particolare:
  - se non pericolosa, nel serbatoio D106 al fine del successivo smaltimento presso terzi ex art. 183 co.1 lett. aa) del d.lgs. 152/2006 e smi (attività D15) . Tale serbatoio ha volume pari a 600m<sup>3</sup>.;Il conferimento a ditta terza segue le disposizioni di cui agli art. 188 del d. lgs. 152/2006 e smi ed è prevista la relativa annotazione nel quaderno delle registrazioni dei risultati delle certificazioni e classificazione dei rifiuti in uscita dall'impianto. E' identificata con il codice CER 190814: fanghi prodotti da altri trattamenti di acque reflue industriali, diversi da quelli di cui alla voce 19 08 13;



**Figura 4 – Serbatoio di stoccaggio D106**

- se pericolosa, nel serbatoio D122 al fine del successivo smaltimento presso terzi ex art. 183 co.1 lett. aa) del d.lgs. 152/2006 e smi (attività D15). Tale serbatoio ha volume pari a 28 m<sup>3</sup>; Il conferimento a ditta terza segue le disposizioni di cui agli art. 188 del d. lgs. 152/2006 e smi ed è prevista la relativa

annotazione nel quaderno delle registrazioni dei risultati delle certificazioni e classificazione dei rifiuti in uscita dall'impianto. E' identificata con il codice CER 190813: fanghi contenenti sostanze pericolose prodotti da altri trattamenti delle acque reflue industriali



**Figura 5– Serbatoio di stoccaggio D122**

- se olio derivante dalla separazione di miscele acqua - olio, nel serbatoio D123 al fine del successivo smaltimento /recupero presso terzi ex art. 183 co.1 lett. aa) del d.lgs. 152/2006 e smi (attività D15). Tale serbatoio ha volume pari a 28 m<sup>3</sup>; Il conferimento a ditta terza segue le disposizioni di cui agli art. 188 del d. lgs. 152/2006 e smi ed è prevista la relativa annotazione nel quaderno delle registrazioni dei risultati delle certificazioni e classificazione dei rifiuti in uscita dall'impianto. E' identificata con il codice CER 130506\*: oli prodotti dalla separazione olio/acqua



**Figura 6– Serbatoio di stoccaggio D123**

- l'evaporato che una volta condensato segue la linea acque ed è inviato in affinamento nel modulo biologico A (Attività D8 ex All.B alla Parte IV del D.Lgs. n.152/2006 e ss.mm.ii.) (cfr. ELGRAF.4);



**Figura 7 – Modulo Biologico A con indicazione punto immissione condensato**

La verifica sul tipo di concentrato che si otterrà dal trattamento (non pericoloso, pericoloso, oleoso) verrà effettuata in laboratorio mediante simulazione di distillazione, prima dell'avvio dei rifiuti a trattamento.



Tale frazione residuale verrà quindi inviata nel relativo serbatoio di stoccaggio mediante linea dedicata ed analizzata da laboratorio esterno prima dell'avvio a smaltimento all'esterno.

Tale simulazione di distillazione permetterà anche di valutare le modalità gestionali del termico (quantità di chemicals da utilizzare, portata da mantenere, ecc) al fine di ottenere un evaporato da poter affinare in sezione termica le cui caratteristiche attese sono le seguenti:

- $4 < Ph < 9$
- Conducibilità: max 5 mS
- COD: max 5000 mg/l

#### **4.3. Descrizione del processo**

In generale, il processo di evaporazione sfrutta gli stessi meccanismi della distillazione, ossia ebollizione di una fase liquida e condensazione dei vapori ottenuti, e si applica quando la tensione di vapore dei componenti presenti in una soluzione, in genere acquosa, è minore rispetto a quella del solvente (acqua). Esso si realizza fornendo energia termica alla soluzione acquosa che viene riscaldata in modo da provocare una parziale vaporizzazione dell'acqua e nel contempo produrre una fase concentrata ricca di componenti "non volatili". Avviene così il fenomeno di natura squisitamente fisica, che consente la separazione spinta dell'acqua, in fase vapore, dalle sue componenti inquinanti.

L'evaporazione a singolo stadio è associata ad elevati consumi energetici, ma i notevoli sviluppi impiantistici apportati a questa tecnologia ne hanno incrementato la sua efficienza in modo considerevole.

Tra le molteplici soluzioni c'è a titolo di esempio l'evaporazione sotto vuoto, a "multiplo effetto", che utilizza vettore termico il vapore prodotto negli evaporatori a monte del processo e la termocompressione, che consente di utilizzare il vapore, opportunamente compressi, nello stesso evaporatore in cui è prodotto.

Le applicazioni di queste tecnologie sono abbastanza vaste poiché la fase condensata presenta la quasi completa assenza di sostanze solide sospese e di sostanze non volatili (sali, metalli) e la fase concentrata (rifiuto da smaltire) subisce una drastica riduzione in volume.

Il processo prevede, l'utilizzo di più unità poste in serie in cui il calore di condensazione di uno stadio viene utilizzato per riscaldare il condensato (ad esempio il refluo) proveniente dallo stadio precedente.

Normalmente si opera a pressioni intorno ai 12 – 20 kPa e a temperature comprese tra i 50 ed i 60 °C.

Qualora il processo sia attuato al fine di consentire il recupero di materia, è necessario ricorrere ad operazioni preliminari al trattamento di evaporazione tra cui, ad esempio:

- ✓ Aggiunta di acidi, basi, ecc. al fine di ridurre la volatilità dei composti molecolari;
- ✓ Separazione di fasi liquide insolubili (ad esempio separazione olio/acqua);

- ✓ separazione chimico – fisica dei metalli pesanti e/o di altri solidi.

La frazione residuale, deve essere ulteriormente trattata e opportunamente smaltita.

Il trattamento offre elevate prestazioni con performance di rimozione dell'ordine del 99%, ma richiede costanti interventi di manutenzione per evitare la formazione di incrostazioni, intasamenti e fenomeni di corrosione che ostacolano la trasmissione di calore al liquido, riducendo l'efficienza energetica.

Viene effettuato un monitoraggio dei contaminanti o dei parametri surrogati quali, ad esempio, COD, residuo secco a 105°, pH, conducibilità, ecc.

Nel dettaglio, l'impianto di evaporazione presente all'interno della ECOLIO2 srl è costituito da un modulo a *"triplo effetto sottovuoto a circolazione forzata"* con potenzialità nominale pari a 4,0 m<sup>3</sup>/h in alimentazione ed è in grado di concentrare le acque reflue evaporando condense già ampiamente depurate, prive di sali e con un carico organico ridotto del 90 – 95%.

La particolarità degli evaporatori è rappresentata dalla progressiva tripla concentrazioni del refluo in tre separatori di fase a pressione decrescente con riduzione di temperatura da 108° a 35 – 40 °C. (cfr. ELGRAF4 - Trattamento termico – Layout e pipeline stato progetto)

Il calore di evaporazione è fornito nel primo stadio del processo dal vapore prodotto mediante l'impiego della caldaia alimentata a BTZ della Garioni Naval. avente potenza termica pari a 2,093 MW. mentre, nei due stadi successivi, il calore è fornito invece dalla condensazione dell'evaporato nello stadio precedente.

Nel processo di evaporazione si individuano n.2 flussi: il flusso di massa ovvero il rifiuto liquido che deve essere trattato, ed il flusso termico che consente la separazione dal rifiuto liquido di una parte fangosa.

Lo schema adottato dalla ditta contente l'intreccio dei due flussi su citati, i quali seguono i seguenti percorsi:

- ✓ Flusso di massa (rifiuto liquido): 1°effetto – 3°effetto – 2°effetto;
- ✓ Flusso termico: 1°effetto – 2°effetto – 3°effetto.

Lo schema a flussi incrociati presenta il vantaggio legato all'utilizzazione del calore disponibile nel 2°effetto, maggiore di quello recuperabile nel 3°effetto, per l'evaporazione dell'acqua nell'ultimo stadio depurativo (2°effetto), laddove si potrebbero verificare delle difficoltà per la movimentazione del rifiuto concentrato.

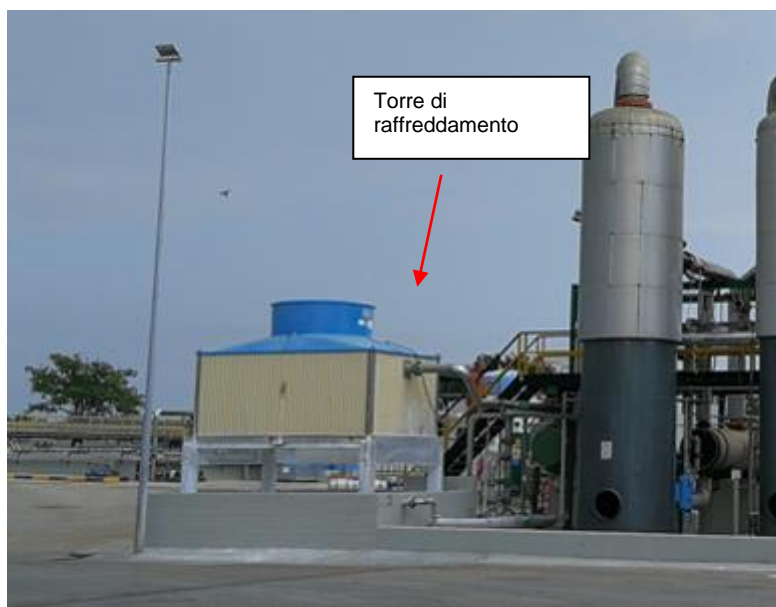
I componenti dell'impianto sono stati concepiti per garantire rendimenti costanti nel tempo e per impedire l'inquinamento delle condense a causa dei fenomeni di trascinamento.

Dall'ultimo effetto massico si estrae automaticamente la frazione residuale, inviata in stoccaggio nel relativo serbatoio, caratterizzato da un volume di acqua variabile, in funzione anche del rifiuto liquido in ingresso all'impianto di evaporazione.

I possibili fenomeni corrosivi sono scongiurati in virtù dell'impiego dell'acciaio AISI 304/316, utilizzato per tutti i componenti a contatto con le fasi liquide ed aeriformi.

Come meglio descritto nella relazione ELDES.7 - Trattamento fanghi - Relazione tecnica la frazione residuale viene inviata in un serbatoio di stoccaggio (D106 – D122 o D123 in base alla tipologia di frazione residuale prodotta) per il conferimento a ditta terza.

L'evaporato (linea acque) prima di essere inviato al trattamento biologico del modulo A per essere affinato, viene raffreddato con n.1 torre di raffreddamento a circolazione forzata



**Figura 8 – Torre di raffreddamento**



## 5. PRINCIPALI FLUSSI IN INGRESSO ED USCITA DAL COMPARTO TERMICO

SEZIONE IMPIANTISTICA	IN	OUT
<b>SERBATOIO D102B da 3500 m3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rifiuti NP da attività D15 quantificati con misuratore</li> <li>Rifiuti da tramoggia quantificati con registro di c/s e foglio di lavoro interno</li> <li>Retentato da osmosi misurato mediante totalizzatore</li> </ul>	Alimento serbatoio processo D104B quantificato quantificati nel foglio di lavoro interno
<b>SERBATOIO D104B da 250 m3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rifiuti NP da serbatoio D102B quantificati nel foglio di lavoro interno</li> <li>Acqua pioggia zona termico in caso di lavorazione rifiuti np quantificata per differenza tra rifiuti inviati nel D104B e rifiuti inviati a trattamento termico</li> </ul>	Alimento termico quantificato mediante misuratore
<b>SERBATOIO D104A da 250 m3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rifiuti P da serbatoio D121 quantificati attraverso registro di c/s</li> <li>Acqua pioggia zona termico in caso di lavorazione rifiuti p quantificata per differenza tra rifiuti inviati nel D104A e rifiuti inviati a trattamento termico</li> </ul>	Alimento termico quantificato mediante misuratore
<b>SEZIONE TERMICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rifiuti da D104A quantificati mediante misuratore</li> <li>Rifiuti da D104B quantificati mediante misuratore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evaporato conteggiato come differenza tra l'alimento e il concentrato prodotto</li> <li>•Concentrato smaltito all'esterno quantificato mediante FIR e registrato nei fogli di lavoro interni</li> </ul>

## 6. ANALISI E QUANTIFICAZIONE DELLE EMISSIONI

Nel presente capitolo saranno valutate le emissioni riconducibili all'utilizzo della linea impiantistica relativa al trattamento termico, con particolare riferimento alle emissioni in atmosfera.

Per la linea impiantistica relativa al trattamento termico, nell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dalla Regione Puglia con Determinazione Dirigenziale n. 117 del 18 maggio 2011, sono presenti due punti di emissione convogliata: il punto E1 (cfr. Figura 8) in corrispondenza del generatore di vapore *Garioni* relativo all'emissione in atmosfera dei fumi di combustione della caldaia per la produzione di vapore ed il punto Et relativo alle emissioni gassose dell'impianto termico (cfr. Figura 10).

Le emissioni convogliate, ai sensi dell'art. 268 comma 1 lettera c) e dell'Art. 270 comma 5 del D. Lgs. 152/2006 sono definite "come emissioni di un effluente gassoso effettuate attraverso uno o più appositi punti", e nel caso "di emissioni convogliate, o di cui è stato disposto il convogliamento, ciascun impianto, deve avere un solo punto di emissione, fatto salvo quanto previsto nei commi 6 e 7. Salvo quanto diversamente previsto da altre disposizioni del presente titolo, i valori limite di emissione di applicano a ciascun punto di emissione".

Relativamente ai valori limite, si riporta lo stralcio nell'AIA 117/2011 di cui al paragrafo 9 "emissioni atmosferiche":

Sigla di Emissione	Provenienza Reparto - Macchina	Precedente VLE autorizzato mg/Nm <sup>3</sup>	Tipo di Sostanza inquinante	Valore limite D.Lgs. 152/06	Valore limite BAT mg/Nm <sup>3</sup>	Limite autorizzato con la presente AIA mg/Nm <sup>3</sup>	Tipo imp. abbattim.
E1	CENTRALE TERMICA (alimentata a OLIO BTZ) Potenza termica nominale < 5MW	30	Polveri	Allegati parte Quinta Allegato I parte III par.1.2 150 mg/Nm <sup>3</sup>	5 - 20	20	Filtro a maniche
		250	NO <sub>x</sub>	Allegati parte Quinta Allegato I parte III par.1.2 500 mg/Nm <sup>3</sup>		250	
		500	SO <sub>x</sub>	Allegati parte Quinta Allegato I parte III par.1.2 1700 mg/Nm <sup>3</sup>		500	
Et	Sfiati impianto termico		H <sub>2</sub> S	Allegato alla parte quinta Allegato I parte II TABELLA C classe II 5 mg/Nm <sup>3</sup>		5	Carboni attivi
			NH <sub>3</sub>	Allegato alla parte quinta Allegato I parte II TABELLA C classe IV 250 mg/Nm <sup>3</sup>		2	
			Sostanze organiche volatili (come COT)		1 - 4	4	

A seguito della modifica non sostanziale ai sensi dell'art.29 – nonies c.1 del D.Lgs. 152/06 dell'AIA 117/2011 di cui alla DDP 435/2017 i valori limite del punto Et da rispettare sono diventati:

H <sub>2</sub> S	1 mg/Nm <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	2 mg/Nm <sup>3</sup>
SOV	5 mg/Nm <sup>3</sup>
Emissioni odorigene	2000 UO <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>

#### 5.4. SISTEMA DI ABBATTIMENTO PUNTO E1: STATO DI FATTO

A servizio dell'impianto di evaporazione facente parte dell'unità di trattamento termico vi è n.1 caldaia e a cui corrisponde n.1 punto di emissione convogliata:

- ✓ E1 - connesso alla centrale termica modello *GARIONI* per la produzione di vapore acqueo;

La caratteristica del punto di emissioni E1 è la seguente:

Sigla punto emissione	Provenienza	Portata media normalizzata fumi camino (Nm <sup>3</sup> /h)	Altezza camino (m)	Diametro punto di sbocco (mm)	Sistema di abbattimento	Durata emissione (giorni/anno – Ore/giorno)
E1	CENTRALE TERMICA (alimentata a BTZ) GARIONI NAVAL	5.790	15	480	Filtro a maniche	Variabile in funzione dei giorni di attivazione dell'unità di trattamento termico



**Figura 9 – Punto emissione E1**

### 5.5. SISTEMA DI ABBATTIMENTO PUNTO Et

Le emissioni gassose derivanti dalla sezione di evaporazione termica, in base alla configurazione impiantistica attuale, vengono aspirate da una pompa del vuoto e, giunte in un separatore di fase, vengono suddivise in due correnti: una che, previa condensazione, è inviata nella sezione biologica del Modulo A per subire un ulteriore affinamento ed i gas non condensati che, dopo aver attraversato un filtro a carboni attivi, vengono immessi in atmosfera dal punto di emissione Et.

La caratteristica del punto di emissioni Et è la seguente:

Sigla punto emissione	Provenienza	Portata sfiato (m <sup>3</sup> /h)	Altezza camino (m)	Diametro punto di sbocco (mm)	Sistema abbattimento	di	Durata emissione (giorni/anno Ore/giorno)	–
Et	Unità di trattamento termico	30*	9,1	48	Carboni attivi		Variabile in funzione dei giorni di attivazione dell'unità di trattamento termico	

\*tale valore di portata è quello attuale rispetto alle pompe del vuoto ad anello liquido. Tale valore potrà subire delle leggere modifiche con la sostituzione delle pompe del vuoto ad anello liquido con quelle a secco con conseguente comunicazione all'Autorità Competente, del nuovo valore di portata d'aria



Figura 10 – Barilotto carboni attivi



Figura 11 – Punto emissione Et

## 7. ABBATTIMENTO EMISSIONI IN ATMOSFERA: STATO DI PROGETTO

Le correnti gassose che si generano nel processo termico sono di due tipi: i gas condensabili ovvero l'evaporato che una volta condensato viene affinato nella sezione biologica ed i gas non condensabili (incondensabili) che prima di essere immessi nell'atmosfera attraversano un filtro a carboni attivi per l'abbattimento dei COV.

La Società, al fine di meglio ingegnerizzare il sistema esistente di abbattimento delle emissioni incondensabili originate dalla sezione termica in virtù delle conclusioni sulle BAT di cui alla Decisione di Esecuzione (UE) 2018/1147 della Commissione del 10.08.2018, che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) per il trattamento dei rifiuti, ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio, **con il presente rinnovo/riesame propone una soluzione realizzabile nell'immediato e relativa all'ottimizzazione ed al potenziamento dell'impianto a carboni attivi esistente, la cui tecnologia – come è noto - rappresenta il “classico e consolidato” processo di abbattimento dei COV dalle correnti gassose industriali;**

### **6.1. Ottimizzazione e potenziamento impianto a carbone attivo**

Il filtro a carboni attivo esistente fu progettato per garantire un adeguato grado di adsorbimento – cautelativamente - anche per correnti che potrebbero essere caratterizzate, seppur sporadicamente, da elevate concentrazioni di COT; di conseguenza -per garantire i limiti autorizzativi imposti - fu dimensionato per esercire a *basse velocità di attraversamento ed alti tempi di contatto*,

Con la modifica proposta nel presente rinnovo/riesame, s'intende migliorare e potenziare ulteriormente il sistema di abbattimento esistente, ed al contempo aumentare i tempi di sostituzione dei filtri; per tal motivo l'intero sistema di abbattimento – sebbene rimane basato sul medesimo processo (adsorbimento a carbone attivi) è stato completamente rivisto, così come descritto di seguito.

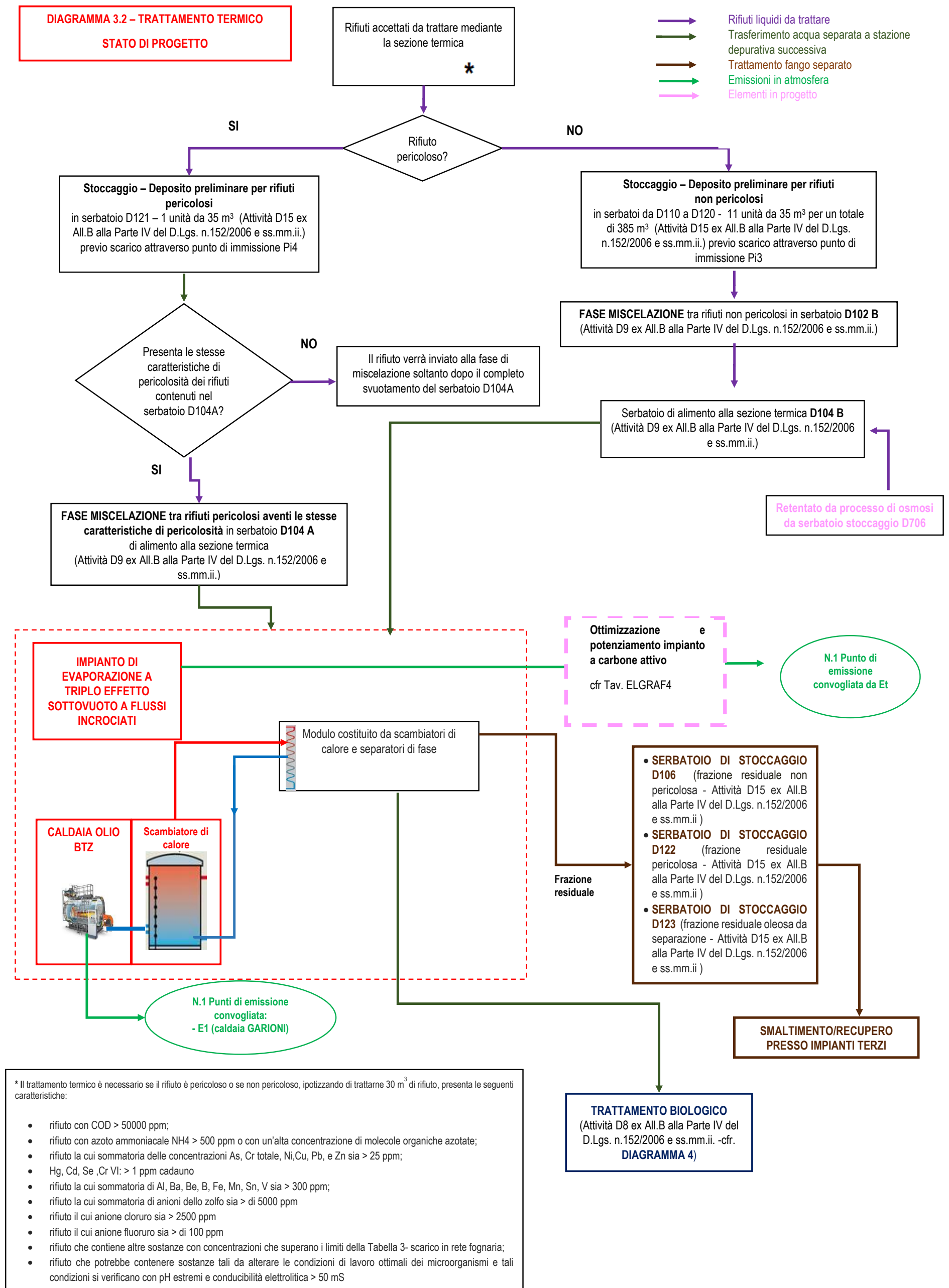


Figura 12 - Schema a blocchi trattamento termico – stato progetto -



La progettazione è stata effettuata rispetto ai seguenti valori limite al punto ET:

H <sub>2</sub> S	1 mg/Nm <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	2 mg/Nm <sup>3</sup>
SOV	5 mg/Nm <sup>3</sup>
Emissioni odorigene	2000 UO <sub>E</sub> /m <sup>3</sup>

il dimensionamento è stato eseguito ipotizzando (molto cautelativamente) uno stream gassoso costituito da gas “incondensabili”, riferiti alle condizioni standard (T = 25°C e P = 1 atm) aventi le caratteristiche di seguito elencate:

Parametro	Valore di progetto
Portata d’aria, Nmc/h	30*
Temperatura, °C	30
Umidità, % [ipotesi saturazione a 30°C]	31,65 g/mc
COT, mg/Nmc	25.000
Idrogeno solforato, mg/Nmc	100
Ammoniaca, mg/Nmc	10.000

\*tale valore di portata è quello attuale rispetto alle pompe del vuoto ad anello liquido. Tale valore potrà subire delle leggere modifiche con la sostituzione delle pompe del vuoto ad anello liquido con quelle a secco con conseguente comunicazione all’Autorità Competente, del nuovo valore di portata d’aria

**Tabella 1 -Corrente gassosa da trattare**

Partendo da tale stream gassoso, sono stati progettati i seguenti elementi:

- 1 assorbitore ad umido delle componenti inorganiche acide (nella fattispecie H<sub>2</sub>S) di seguito denominato **Unità 1/A**;
- 1 assorbitore ad umido delle componenti basiche (nella fattispecie NH<sub>3</sub>) di seguito denominato **Unità 1/B**;
- 1 filtro di finissaggio ovvero di filtro di guardia a garanzia dei limiti imposti in aggiunta a quello esistente utilizzato come “sgrossatore delle componenti inquinanti”, per l’abbattimento dei COV e odori. La batteria dei filtri a carboni inoltre, è stata raddoppiata in modo da lavorare alternativamente evitando di operare in condizioni anomale e/o di emergenza.

Di seguito lo schema di processo inerente il potenziamento del sistema a carboni attivi

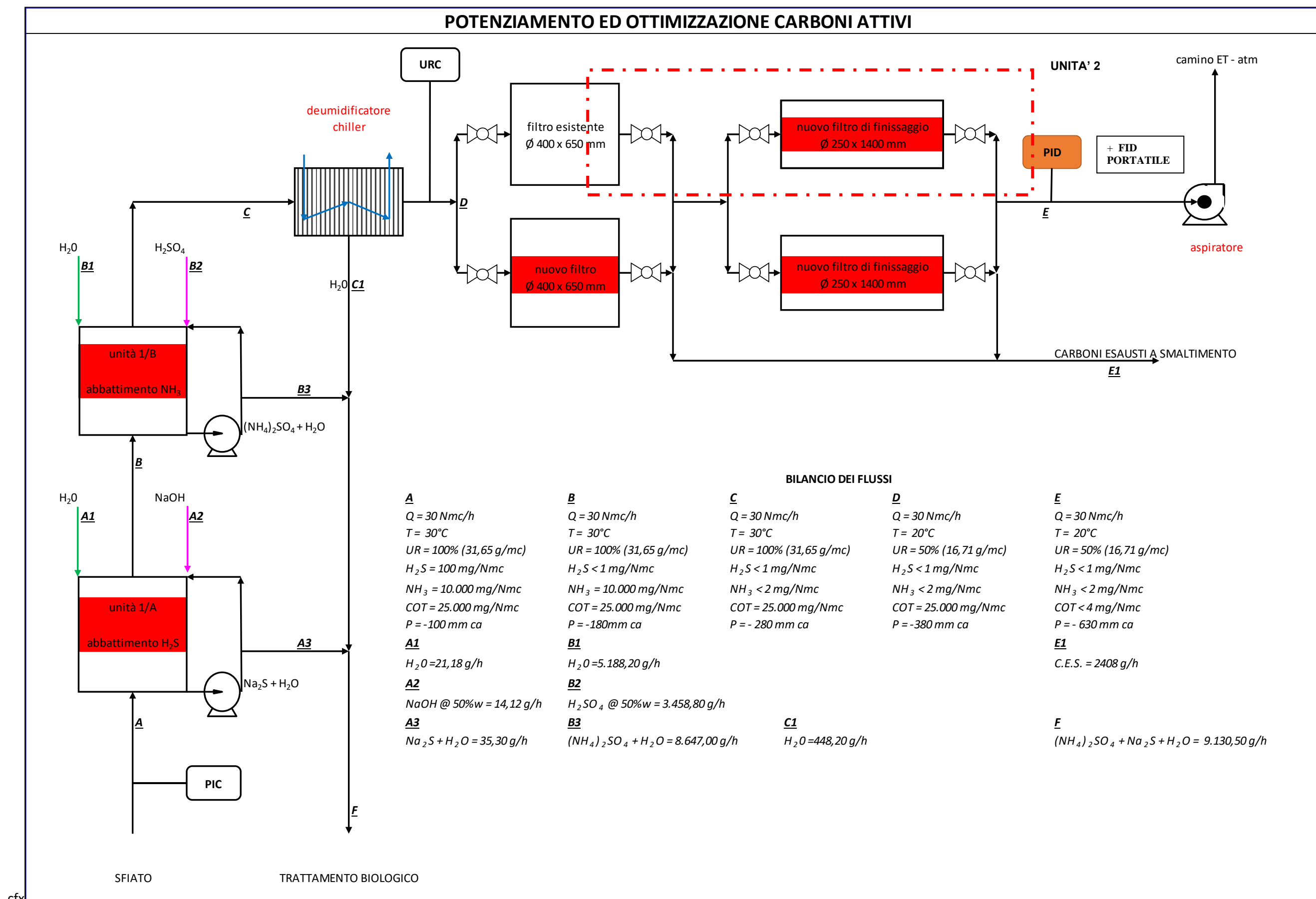


Figura 13 – Sistema potenziamento ed ottimizzazione carboni attivi

Come suddetto, il trattamento prevede la rimozione preventiva a mezzo assorbimento ad umido delle componenti inorganiche acide (nella fattispecie  $H_2S$ ) nell' **Unità 1/A** e basiche ( $NH_3$ ) nell' **Unità 1/B**.

Successivamente, e prima di subire il processo di adsorbimento, la corrente - a mezzo di una piccola **unità di raffreddamento** (*chiller*) da circa 1,5 KWh - è parzialmente raffreddata e deumidificata (umidità < 50%), al fine di permettere al successivo processo a carboni attivi di esercire costantemente alla massima efficienza (come è noto, umidità maggiori del 70% potrebbero ridurre l'efficienza di abbattimento).

Infine, la corrente gassosa è inviata a due stadi di adsorbimento a carbone attivo posti in serie (**Unità 2**):

- ✓ il primo stadio è quello esistente;
- ✓ il secondo - di nuova realizzazione - è opportunamente dimensionato al fine di garantire un'elevata efficienza complessiva di abbattimento ed al contempo una minore frequenza di sostituzione complessiva dei carboni esausti della linea (**cfr. Fig 12\_Sistema potenziamento ed ottimizzazione carboni attivi**).

In aggiunta, per gestire eventuali guasti di linea, anomalie e garantire il controllo delle emissioni in fase di sostituzione dei carboni attivi esausti, l'intera Unità 2 sarà "raddoppiata";

in tal modo le due unità parallele- e speculari dal punto di vista del dimensionamento - opererebbero alternativamente (in esercizio l'una, in sostituzione carboni/stand-by l'altra, e viceversa) scongiurando di operare in condizioni anomale e/o di emergenza.

È prevista inoltre l'installazione di nuove pompe da vuoto a "bagno d'olio" e funzionamento "a secco", in parallelo a quelle già esistenti, al fine di consentire una drastica riduzione dei consumi di acqua industriale e un esercizio dell'impianto con un grado di vuoto più spinto e costante.

**A garanzia del buon funzionamento della sezione di adsorbimento a carboni attivi, è stata prevista:**

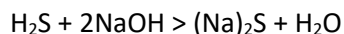
1. l'installazione di un *termoigrometro* che monitorerà in continuo il tasso di umidità dello stream a monte dei carboni attivi (cfr. Appendice1)
2. l'installazione di un *PID* che analizzerà in continuo la concentrazione di COT a valle dei carboni attivi e quindi prima dell'immissione in atmosfera (cfr. Appendice2).

**Entrambi gli analizzatori, avranno il compito di allarmare il personale preposto alla conduzione dell'impianto secondo valori di set point preimpostati e qualora si verificasse uno sfioramento dei limiti, alert preimpostati, commutano automaticamente il flusso sull'altra unità già rigenerata.**

3. l'utilizzo di un FID portatile, ad ulteriore garanzia, per verificare giornalmente la concentrazione di COT al punto Et

### 6.1.1. Unità 1/A – Abbattimento H<sub>2</sub>S

Per l'abbattimento dell'acido solfidrico si è optato per il processo - oramai consolidato- basato sull'*assorbimento chimico irreversibile*, a mezzo di una colonna di riempimento dalla cui sommità è fatta defluire una soluzione acquosa di idrossido di sodio 5-20% <sup>(1)</sup> e dal cui fondo è insufflata la corrente da desolforare. La reazione di abbattimento è la seguente:



- <sup>(1)</sup> Il titolo ideale di alimentazione – compreso comunque tra il 5 e 20% - della soluzione di NaOH potrà essere stabilito solo durante l'esercizio dell'impianto. Difatti il consumo di reagente è correlato al flusso di inquinante da rimuovere (nella fattispecie H<sub>2</sub>S). Qualora tale flusso fosse inferiore alle attese per lungo tempo, per effetto di un eventuale *stripping* dell'acqua da parte della corrente gassosa, si rischierebbe di concentrare eccessivamente la soluzione in NaOH circolante in colonna.

La corrente liquida che fuoriesce dal fondo della colonna è raccolta in un barilotto dedicato (*buffer*) e fatta ricircolare in testa alla colonna; periodicamente un'aliquota è spurgata ed inviata all'impianto di depurazione; contestualmente è prevista nel *buffer* un reintegro (*make-up*) di soluzione sodica *fresh*; il medesimo reintegro è previsto automaticamente qualora il livello del liquido nel *buffer* scenda oltre un livello minimo.

Come materiale di riempimento della colonna si è deciso di utilizzare *Pall ring – 5/8 inch*, caratterizzato da un *Packing factor* pari a 315 m<sup>-1</sup>.

Dai calcoli di dimensionamento idraulico (cfr. [Appendice3](#)), emerge che, per la portata oggetto del trattamento (30 Nmc/h), una colonna di 150 mm di diametro è sufficiente a soddisfare le portate ipotizzate; sulla base della disponibilità commerciale delle colonne, o per ragioni di particolarità costruttive (p.e. inserimento in testa colonna del demister) il diametro potrà essere maggiorato fino a 200 mm, in modo da assorbire anche portate superiori generate dalla futura sostituzione delle pompe del vuoto (dalle attuali ad "anello liquido" a quelle a "secco").

La portata di liquido sodico circolante sarà pari a 500-1.000 lt/h (portata regolabile in fase di esercizio e/o in base all'*Hold-up* reale del sistema); il dimensionamento è stato previsto per 1.000 lt/h in modo da prevedere una percentuale di flooding pari al 64% (flooding alle condizioni ideali di esercizio delle colonne di assorbimento = 50-85%) ed al contempo prevedere flessibilità sulla portata di liquido. Per le perdite di carico iniziali - da progetto - si è optato per i 15 mm c.a suggeriti dalla letteratura.

La velocità superficiale del gas è calcolata quindi a circa 0.5 m/s.

Per il calcolo dell'altezza si è considerato che la reazione chimica [in fase liquida] tra la soluzione basica NaOH e la corrente gassosa acida contenente H<sub>2</sub>S è "*veloce ed irreversibile*" e pertanto la resistenza all'assorbimento gas-liquido si può ritenere associabile alla sola fase gassosa (cfr *Parry Chemical Engineers Handbook - 7th Edition - Sec. 5 – Mass Transfer – Influence of Chemical Reactions on k<sub>G</sub> and k<sub>L</sub>*).

In tali condizioni:

$$H_{OG} = HEPT$$

dove:

$H_{OG}$  = altezza di un'unità totale di trasferimento di massa per lo stato gassoso

**HEPT** = Altezza equivalente di uno stadio teorico complessivo di abbattimento

Per la stima dell'HEPT si è utilizzata la correlazione di *Norton*, applicabile unicamente al materiale di riempimento prescelto (Pall ring – 5/8 inch):

$$\ln HEPT = n - 0.187 \times \ln \Theta + 0.213 \times \ln (\mu)$$

dove:

$n = 0.8784$  (parametro caratteristico del riempimento Pall ring – 5/8 inch)

$\Theta = 74$  dyne/cm (tensione superficiale della soluzione liquida)

$\mu = 1.3$  cp (viscosità della soluzione)

-----

Per la stima della viscosità del liquido circolante nella colonna (parametro impattante nel calcolo dell'HEPT) si è utilizzata la seguente correlazione, applicabile a soluzioni inorganiche per un contenuto massimo del soluto pari al 30%:

$$\mu_L = (1 + (X_s/0.3)) \mu_{water}$$

dove:

$\mu_L$  = viscosità attesa della soluzione salina

$X_s$  = % in peso del soluto in soluzione

$\mu_{water}$  = viscosità dell'acqua alla medesima temperatura

Ipotizzando di utilizzare un rientegro (make-up) di soluzione sodica al 20% ed un contenuto medio della stessa nella corrente liquida circolante a regime pari al 10%, dalla stechiometria della reazione si calcola che  $X_s$  sarà pari a 19,75%. Applicando la correlazione sopra, si calcola una viscosità del liquido pari a 1.66 centipoise.

-----

Si calcola quindi una HEPT pari a 1.137 feet = 0.35 m.

#### **NOTA**

*Al medesimo risultato di calcolo della HEPT si giunge se si applicasse la correlazione presente in letteratura (Rule of thumb) in riferimento al materiale di riempimento Pall ring:*

$$HEPT \text{ (feet)} = 1.5 \times D_p \text{ (inch)}$$

*essendo  $D_p$  il diametro nominale del riempimento.*

*Nel caso in esame infatti:*

$$HEPT \text{ (feet)} = 1.5 \times 1 \text{ inch} \times 5/8 = 1.125 \text{ feet} = 0.34 \text{ m}$$

Per il calcolo del numero di stadi occorrenti per l'abbattimento (n° HEPT), occorre considerare che il contenuto di H<sub>2</sub>S deve essere abbattuto da 100 mg/Nmc a 1 mg/Nmc (limite al camino), richiedendo di conseguenza **un'efficienza complessiva di abbattimento pari al 99%**:

$$n^{\circ} \text{ HEPT} = \ln (y_2/y_1)$$

Dove y<sub>2</sub> e y<sub>1</sub> sono rispettivamente le concentrazioni di ingresso ed uscita colonna dell'inquinante. Nel nostro caso quindi:

$$N^{\circ} \text{ HEPT} = \ln (100/1) = 4.6$$

Pertanto l'altezza utile della colonna sarà pari a HEPT (m) x n° HEPT = 0.35 m x 4.6 = 1.6 m, che per sicurezza si migliora a 2.0 m. **L'altezza utile della colonna sarà quindi pari a 2.0 m.**

#### NOTA

Per il calcolo dell'altezza della colonna, sulla base dell'efficienza richiesta, ai fini semplificativi, ossia senza entrare nel dettaglio della cinetica della reazioni chimiche di abbattimento, si è fatto riferimento alla formula utilizzata per processi di assorbimento fisico (altezza colonna = n° HEPT x HEPT (m)). In realtà, come già detto, essendo in questo caso il processo di assorbimento "chimico", "veloce" ed "irreversibile", tale assunzione semplificativa, porta ad un dimensionamento cautelativo in termini di efficienza di abbattimento. Pertanto l'efficienza reale è attesa superiore a quanto calcolato.

Il **make up** di soluzione sodica al 20% in NaOH sarà pari a 0.85 kg/die, come di seguito calcolato:

<i>Q vol. gas</i>	<i>30</i>	<i>mc/h</i>
<i>[H<sub>2</sub>S]</i>	<i>100</i>	<i>mg/mc</i>
<i>PM H<sub>2</sub>S</i>	<i>34</i>	<i>g/mole</i>
<i>Q mol. H<sub>2</sub>S</i>	<i>0,09</i>	<i>moli/h</i>
<i>Stech. Abbattimento</i>	<i>2</i>	<i>moli NaOH/moli H<sub>2</sub>S</i>
<i>Q mol. NaOH</i>	<i>0,18</i>	<i>moli/h</i>
<i>PM NaOH</i>	<i>40</i>	<i>g/mole</i>
<i>Q massico NaOH</i>	<i>7,1</i>	<i>g/h NaOH</i>
<i>% sol. NaOH [fresh]</i>	<i>20%</i>	<i>% sol. NaOH</i>
<i>Q massico sol. NaOH</i>	<i>35,3</i>	<i>g/h sol.</i>
<i>Q massico sol. NaOH</i>	<i>0,85</i>	<i>kg/die</i>

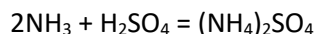
**Tabella 2 - Make-up [sol. NaOH]**

*La corrente liquida spurgata periodicamente all'impianto depurativo invece è volumetricamente inferiore/ uguale alla corrente di make-up (< 1 lt/die) e non apporta contenuto organico.*

### 6.1.2. Unità 1/B – Abbattimento NH<sub>3</sub>

Conformemente al medesimo principio dell'unità precedente, essendo l'ammoniaca un composto basico debole [presente allo stato gassoso], la si metterà in contatto in controcorrente con una corrente liquida acquosa contenente un composto acido (nella fattispecie acido solforico 5-10%).

La reazione di abbattimento attesa è la seguente:



Il dimensionamento idraulico (sezione della colonna) – essendo basato esclusivamente sui parametri fluidodinamici - è speculare rispetto a quello eseguito per la colonna di abbattimento dell'H<sub>2</sub>S.

Pertanto anche l'unità scrubber 1/B, avrà anch'essa una sezione di 200 mm.

Anche per la reazione di cui innanzi vale l'assunzione di *“veloce ed irreversibile”* e le semplificazioni di calcolo già esplicitate precedentemente.

Per il calcolo dell'altezza della colonna invece si deve tener conto che l'abbattimento del NH<sub>3</sub> dovrà essere tale da ridurre la concentrazione da 10.000 mg/Nmc a 2 mg/Nmc, che rappresenta il limite all'emissione (**efficienza = 99.98%**).

Per tale scenario si calcola:

$$N^\circ \text{ HEPT} = \ln (10.000/2) = 8.5$$

e un'altezza complessiva utile pari a 2.95 m, maggiorata a 3.0 m

Il **make-up** di sol. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (10%) è calcolata a 208 kg/die.

Q vol. gas	30	mc/h
[NH <sub>3</sub> ]	10.000	mg/mc
PM NH <sub>3</sub>	17	g/mole
Q mol. NH <sub>3</sub>	17,6	moli/h
Stech. Abbattimento	0,5	moli H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /moli NH <sub>3</sub>
Q mol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8,8	moli/h
PM H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	g/mole
Q massico H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	865	g/h NaOH
% sol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> [fresh]	10%	% sol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Q massico sol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	8647	g/h sol.
Q massico sol. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	208	kg/die

**Tabella 3 - Make-up [sol. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]**

Anche per tale unità, la corrente liquida spurgata periodicamente all'impianto depurativo sarà volumetricamente paragonabile alla corrente di make-up (≈200 lt/die) e non apporta contenuto organico.

### 6.1.3. Unità 2 - Dimensionamento dell'unità di adsorbimento a carboni attivi

A valle dei trattamenti descritti, oltre al filtro a carbone attivo esistente, è prevista l'ottimizzazione del processo mediante l'installazione di un *ulteriore filtro di adsorbimento* rifinitore/di guardia a garanzia dei limiti imposti (cfr. [Appendice 4](#)).

Per semplicità si riassumono le caratteristiche del flusso da trattare – come descritto sopra – già parzialmente deumidificato e raffreddato grazie al trattamento ad umido subito nelle Unità 1/A ed 1/B ed al chiller posto a monte,

Parametro	Valore
Portata d'aria, Nmc/h <i>[portata cautelativamente maggiorata. Si trascura il volume delle sostanze rimosse a mezzo dei trattamenti precedenti]</i>	30
Temperatura, °C	20
Pressione, atm (a)	atm
Umidità, %	50 %
COT, mg/Nmc <i>[come aromatici BTX]</i>	25.000

**Tabella 4 - Corrente gassosa deumidificata in uscita dalle Unità 1/B**

#### 6.1.3.1. VERIFICA DEL FILTRO ESISTENTE (FILTRO 1)

Per il dimensionamento del filtro a carbone attivo esistente, cautelativamente, per garantire un adeguato grado di adsorbimento anche per correnti che potrebbero essere caratterizzate, seppur puntualmente, da elevate concentrazioni di COT (come nella fattispecie), si sono imposti – come dati progettuali - **basse velocità di attraversamento ed alti tempi di contatto**.

Nel caso in esame:

**$V_f$  = velocità di attraversamento = 0,065 m/s**

**$T_c$  = tempo di contatto di = 10 s.**

Dalla scelta di questi due parametri di progetto, in base alla portata volumetrica della corrente, fu dimensionata la sezione del filtro:

$S_f = \text{Portata gas (Nmc/s)} / V_f \text{ (m/s)} = (30/3600) / 0,065 = 0,0126 \text{ mq}$ ,  
equivalente ad un **diametro di 400 mm**.

In base al tempo di contatto imposto, calcolato il volume di riempimento:

$V_r = T_c \text{ (s)} \times \text{Portata gas (Nmc/s)} = 10 \times (30/3600) = 0,082 \text{ mc}$

pari a **82 lt di riempimento**.



Essendo la densità media apparente dei carboni attivi pari a 0,520 kg/mc, si calcolano **42,5 kg di carbone attivo** per il Filtro 1, mentre l'altezza utile del riempimento è pari a:

$$h = V_r (mc) / S_f (mq) = 0,082 / 0,126 = h = \mathbf{0,650 \text{ m.}}$$

La capacità di adsorbimento degli inquinanti previsti, si calcola considerando condizioni alla massima concentrazione di progetto (almeno per l'unità esistente):

Concentrazione	mg/Nmc
Benzene IN	9.200
Toluene IN	9.200
xilene IN	9.200
TOTALE	27.600

Introducendo i seguenti coefficienti caratteristici di ciascuno inquinante che esprimono il rapporto in peso tra il carbonio C presente nella molecola ed il peso della molecola stessa ( $PM_C / PM_{inq}$ ), dove PM esprime il peso molecolare:

Coefficiente COT per benzene come C 0,923077

Coefficiente COT per toluene come C 0,913043

Coefficiente COT per xilene come C 0,905660

La concentrazione totale come COT IN sarà data dalla seguente formula:

**COT = mg/Nmc benzene x coeff benzene + mg/Nmc toluene x coeff toluene + mg/Nmc xylene x coeff xylene**

In termini numerici:

**COT = 25.224 mg/Nmc** mentre il relativo flusso, per la portata in oggetto, sarà pari a **0.76 kg/h di COT** in ingresso filtro.

**Riassumendo:**

Concentrazione totale come COV IN	mg/Nmc	27.600
Portata ponderale COV IN	kg/h	0,83
Portata ponderale benzene IN	gr/h	276
Portata ponderale toluene IN	gr/h	276
Portata ponderale xilene	gr/h	276

Le **portate molari** invece dei singoli composti della miscela gassosa saranno pari a:

- ✓ moli benzene (gr/h benzene) / PM benzene =  $276/78 = 3,5$  mol/h
- ✓ moli toluene (gr/h toluene) / PM toluene =  $276/92 = 3,0$  mol/h
- ✓ moli xilene (gr/h xilene) / PM xilene =  $276/106 = 2,6$  mol/h
- ✓ moli aria  $30 \text{ Nmch} \cdot (1/273^\circ \text{ K}) / (0,082 \cdot 1000) = 1.340$  mol/h

**moli totali** = sommatoria delle parziali moli della miscela = **1.349 mol/h**

E da qui si calcolano le pressioni parziali dei componenti nella corrente, stimando una pressione totale del sistema max di 1.1 atm (ipotesi cautelativa):

$$P_{\text{benzene}} = (3,5/1.349) \cdot 1.1 = 0,0029 \text{ atm}$$

$$P_{\text{toluene}} = (3,0/1.349) \cdot 1.1 = 0,0024 \text{ atm}$$

$$P_{\text{xilene}} = (2.6/1.349) \cdot 1.1 = 0,0021 \text{ atm}$$

$$P_{\text{aria}} = (2.6/1.349) \cdot 1.1 = 1,0925 \text{ atm}$$

Dalle tabelle termodinamiche si ricavano le tensioni di vapore delle sostanze:

$$P^\circ_{\text{benzene}} (20^\circ \text{C}) = 0,099679 \text{ atm}$$

$$P^\circ_{\text{toluene}} (20^\circ \text{C}) = 0,028621 \text{ atm (a)}$$

$$P^\circ_{\text{xilene}} (20^\circ \text{C}) = 0,008882 \text{ atm}$$

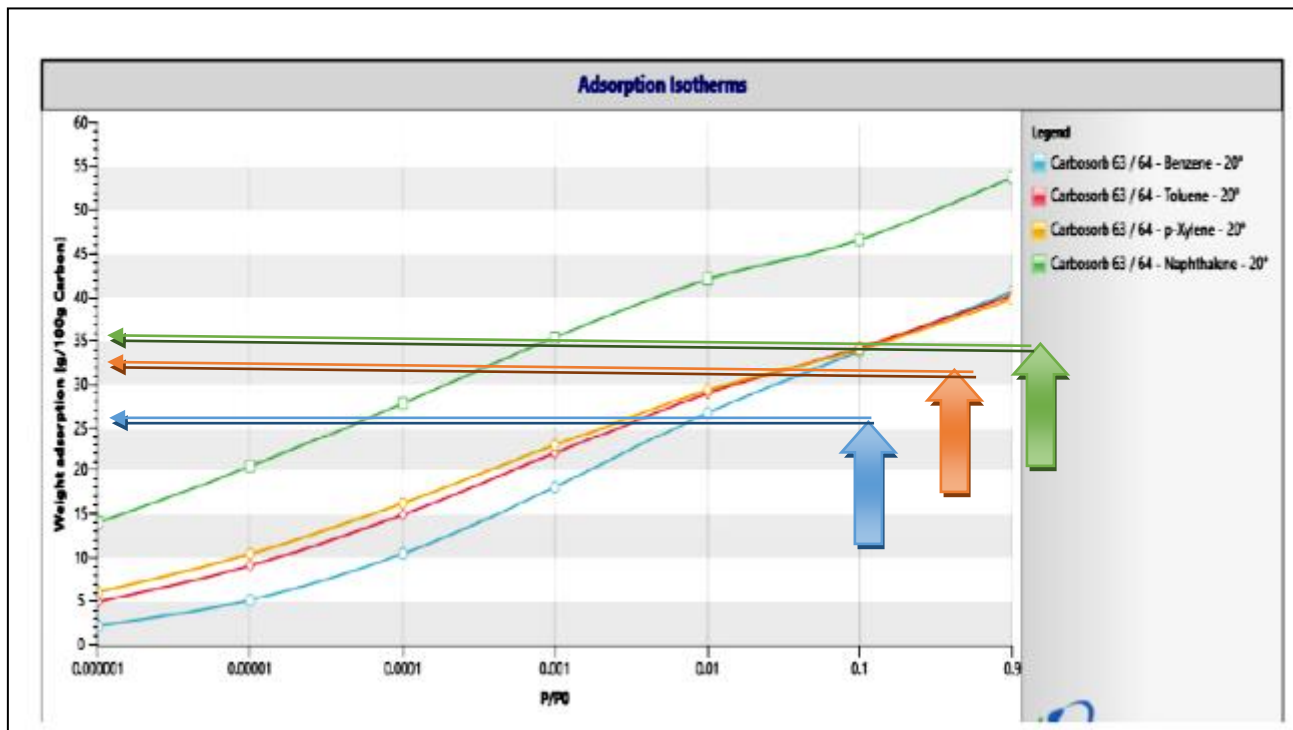
Ed è quindi possibile calcolare i rapporti  $P_p / P^\circ$  (pressione parziale / tensione di vapore a  $20^\circ \text{C}$ ):

$$\text{per benzene: } P_p/P^\circ = (0,0029/0,099679) = 0,029$$

$$\text{per toluene: } P_p/P^\circ = (0,0024/0,028621) = 0,085$$

$$\text{per xilene: } P_p/P^\circ = (0,0021/0,008882) = 0,239$$

Utilizzando le isoterme specifiche di adsorbimento dei carboni attivi selezionati entrando nell'asse delle ascisse con i valori ottenuti  $P_p/P^0$  di ogni singolo inquinante si intercetta sulla curva – specifica per ciascun inquinante - la quantità di COT adsorbibili per 1 kg di carbone attivo:



Ossia:

per Benzene: 30 gr/100 gr di CA = 30%

per Toluene: 36 gr/100 gr di CA = 36%

per Xilene: 37 gr/100 gr di CA = 37%

La cui media, ai fini del dimensionamento è pari al **34%**.

Ossia:

per Benzene: 30 gr/100 gr di CA = 30%

per Toluene: 36 gr/100 gr di CA = 36%

per Xilene: 37 gr/100 gr di CA = 37%

La cui media, ai fini del dimensionamento è pari al **34%**.

**La quantità massima adsorbita dal filtro esistente (Filtro 1) sarà pari quindi a:**

**Massa carbone attivo x 34% = 42.5 kg x 34% = 14.45 kg COT.**

### 6.1.3.2. DIMENSIONAMENTO DEL FILTRO DI FINISSAGGIO (FILTRO 2)

Di seguito si riportano criteri e calcoli di dimensionamento del “nuovo” filtro a carbone attivo: per questo filtro, poiché è previsto che esso operi mediamente con concentrazioni in ingresso di COT più contenute rispetto al Filtro 1, si procede con un dimensionamento ordinario, relativamente alla velocità di filtrazione ed al tempo di contatto:

#### FILTRO 2

Q media sfiato	30	Nmc/h	
Q media sfiato	32,2	mc/h	[20°C]
Q max sfiato	35	Nmc/h	
Q max sfiato	37,6	mc/h	[20°C]
Tempo di contatto	3,5	s	[parametro di progetto > 2 s]
Volume carbone attivo	0,037	mc	
Volume carbone attivo	37	lt	
Velocità lineare di filtrazione	0,4	m/s	[parametro di progetto max 0.4]
Sezione	0,03	m <sup>2</sup>	
Diametro	0,18	m	
<b>Altezza di calcolo</b>	<b>1,40</b>	<b>m</b>	
<b>Diametro scelto</b>	<b>0,25</b>	<b>m</b>	
Sezione scelta	0,049	m <sup>2</sup>	
Volume reale	0,069	mc	
<b>Volume reale</b>	<b>69</b>	<b>lt</b>	
Densità carbone attivo	520	kg/mc	
<b>Massa reale</b>	<b>36</b>	<b>kg</b>	
Vel. Lineare a Q max	0,21	m/s	[verifica OK]
Vel. Lineare a Q media	0,18	m/s	[verifica OK]
Tempo contatto Q max	6,6	s	[verifica OK]
<b>Tempo contatto Q media</b>	<b>7,7</b>	<b>s</b>	[verifica OK]

Tabella 5 – Parametri progetto FILTRO 2

Vel gas ingresso	10	m/s	[parametro di progetto 7-12 m/s]
Sezione ingresso Q max	0,0010	m <sup>2</sup>	
Diametro ingresso Q max	36,5	mm	
Sezione ingresso Q media	0,0009	m <sup>2</sup>	
Diametro ingresso Q media	33,8	mm	
<b>Diametro ingresso scelto</b>	<b>40</b>	<b>mm</b>	
<b>Vel. Eff. gas in (a Q max)</b>	<b>8,3</b>	<b>m/s</b>	[verifica OK]
<b>Vel. Eff. gas in (a Q media)</b>	<b>7,1</b>	<b>m/s</b>	[verifica OK]

Tabella 6 - Dimensionamento sezione di ingresso/uscita

La saturazione del filtro 2 – fissando un valore limite all’emissione pari a 4 mg/Nmc espresso come COT, che non dovrà essere mai superato - si raggiunge quando alla sezione finale del filtro 2, tale concentrazione (4 mg/Nmc, da esprimere come rapporto  $P_p/P^\circ$ ) è in equilibrio con la massa adsorbita.

<b>Concentrazione totale come COT IN</b>	<b>mg/Nmc</b>	<b>4,0</b>
Portata ponderale COT IN	kg/h	0,0002
Portata ponderale benzene IN	gr/h	0,055
Portata ponderale toluene IN	gr/h	0,055
Portata ponderale xilene IN	gr/h	0,055
Portata ponderale COT OUT	gr/h	0,15
Portata molare benzene	mol/h	0,0007
Portata molare toluene	mol/h	0,0006
Portata molare xilene	mol/h	0,0005
Portata molare aria	mol/h	1.340
Portata molare totale	mol/h	1.340
Pressione parziale benzene	atm (a)	0,0000006
Pressione parziale toluene	atm (a)	0,0000005
Pressione parziale xilene	atm (a)	0,0000004
Pressione parziale aria	atm (a)	1,1
Pressione totale	atm (a)	1,1
Pressione di saturazione a 20 °C benzene	atm (a)	0,099679
Pressione di saturazione a 20 °C toluene	atm (a)	0,028621
Pressione di saturazione a 20 °C xilene	atm (a)	0,008882
Pressione parziale/pressione saturazione benzene	P/PO	0,0000058
Pressione parziale/pressione saturazione toluene	P/PO	0,0000171
Pressione parziale/pressione saturazione xilene	P/PO	0,0000479

Dall'utilizzo della curva di equilibrio di cui innanzi, si evince che, alla sezione finale del filtro alle condizioni di saturazione, la capacità di adsorbimento, per i 3 inquinanti, saranno pari a:

Capacità di assorbimento media benzene	%	4
Capacità di assorbimento media toluene	%	10
Capacità di assorbimento media xilene	%	13

Ai fini del dimensionamento si può quindi considerare che alla sezione finale del filtro, **la media dei COT adsorbiti sia pari al 9% della massa di carbone attivo.**

In conclusione, l'intera Unità 2 (Filtro 1 + Filtro 2) risulterà satura quando:

1. **Il filtro 1 (filtro esistente) sarà saturo** ossia quando tutta la massa di carbone attivo in esso contenuto sarà in equilibrio alla concentrazione d'ingresso ( $\text{kg COT} / \text{kg CA} = 34\%$ , calcolato sopra).
2. **Il filtro 2 (nuovo filtro) sarà saturo quando:**

- la parte iniziale [stimata 0.80 m su un'altezza totale di 1.40 m] – sarà satura; anch'essa quando in equilibrio con la concentrazione d'ingresso ( $\text{kg COT} / \text{kg CA} = 34\%$ )
- la parte finale [stimata 0.60 m su un'altezza totale di 1.40 m] - con un profilo logaritmico decrescente – avrà adsorbito dal 34% al 9% (media 21.5%)

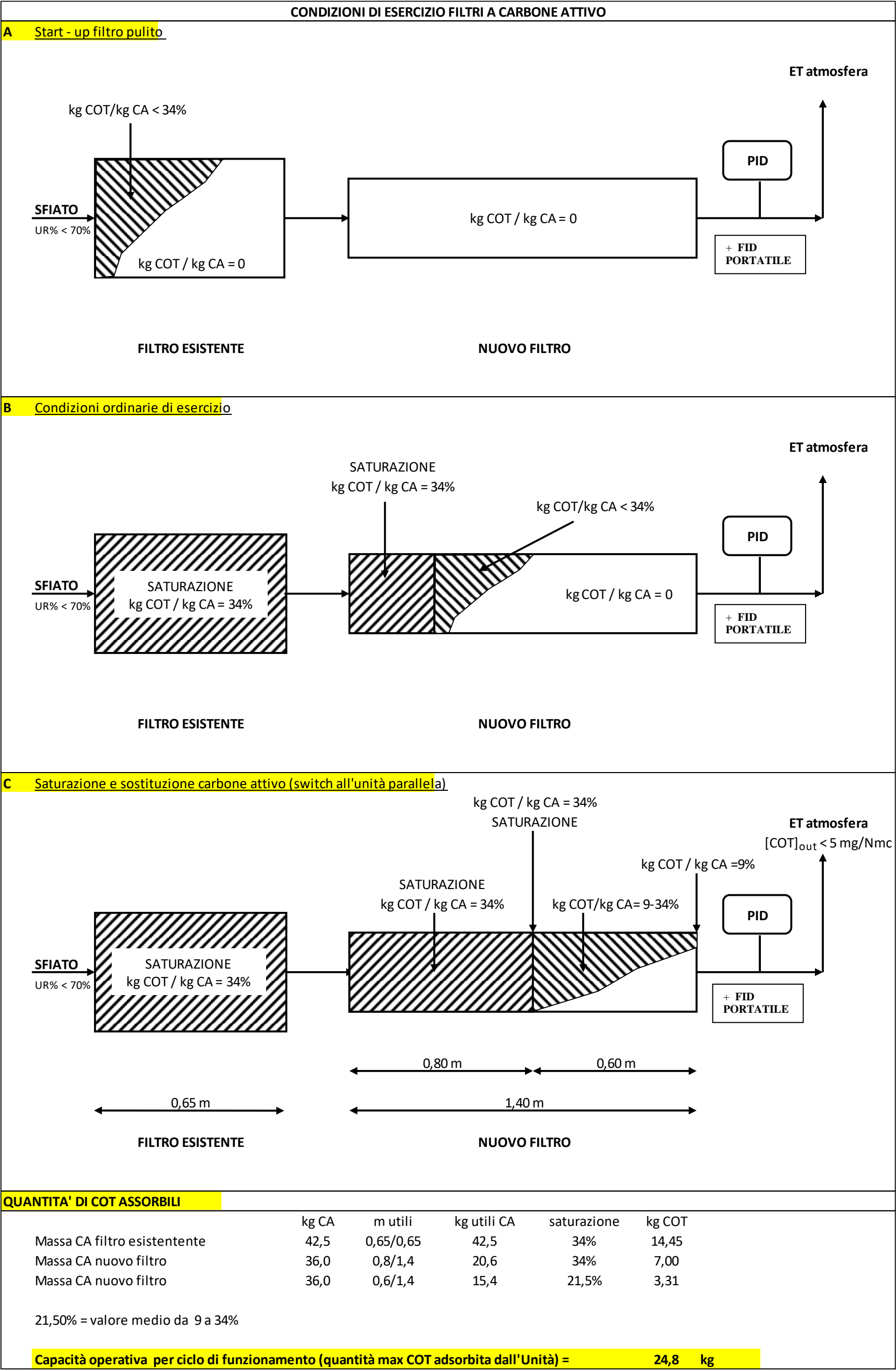


Figura 14 – Condizioni di esercizio filtro a carboni attivi

## NOTA

La frazione del letto soggetta a gradiente (0.60 m/1.40 m) è stimabile dai “*Rules of thumb*” presenti in letteratura; si aggiunge che, nello specifico caso, tale stima ha carattere puramente indicativo, perché la saturazione del filtro (e di conseguenza lo switch/sostituzione dello stesso) sarà imposta dal misuratore in continuo di COT previsto all’uscita del filtro.

La quantità massima di COT adsorbiti alla saturazione dell’intera Unità 2, è quindi calcolata:

QUANTITA' COT ADSORBITI [FILTRO 1 + FILTRO 2] – A SATURAZIONE (COT a camino = 5 mg/Nmc)					
	kg CA	H (m)	kg utili CA	saturazione	kg COT
Massa CA filtro esistente – Filtro 1	42,5	0,65/0,65	42,5	34%	14,45
Massa CA nuovo filtro – Filtro 2	36,0	0,8/1,4	20,6	34%	7,00
Massa CA nuovo filtro – Filtro 2	36,0	0,6/1,4	15,4	21,5%	3,31

Per un totale di **24.8 kg COT adsorbiti** (quando saturi il Filtro 1 e Filtro 2, ossia quando satura l’intera Unità 2), che per un flusso massimo di COT da rimuovere pari a 0.76 kg/h permette di stimare il tempo di ciclo (switch) che sarà pari a **32.6 h**. In realtà si presume una frequenza minore di sostituzione, poiché i dati di progetto sopra sono considerati molto cautelativi.

Le perdite di carico attese per il circuito aeraulico sono le seguenti:

80 mm ca per UNITA' 1/A con demister

100 mm ca per UNITA' 1/B con demister

100 mm ca per UNITA' deumidificante

250 mm ca sezione a carboni attivi Filtro 1 + filtro 2

TOTALE perdita di carico ≈ 550 mm ca pari a 0.05 atm.

Per evitare cadute di pressione alla pompa del vuoto, poiché è costretta a vincere la contropressione sulla mandata a causa delle perdite di carico dell’impianto, è necessario installare un aspiratore di coda all’impianto avente le seguenti caratteristiche:

Q = 50 Nmc/h

H = 0,1 atm

P = 0,5 kWh

Regolazione della pressione in aspirazione con inverter gestito da trasmettitore di pressione posto a valle della pompa del vuoto che consente una depressione residua su tutto l’impianto di 100 mm ca.



## Appendice 1 – Scheda tecnica termoigrometro



### Misuratore di Temperatura e Umidità per Industria Serie HTX82

La serie HTX82 fornisce agli utenti la miglior responsabilità e stabilità di controllo del clima ambientale industriale.

Mantiene e mostra capacità di stabilità a lungo termine sia in tubi dove l'unità di controllo del clima viene influenzato da un flusso d'aria forte sia in presenza di luoghi inquinati da sostanze chimiche.

#### Caratteristiche:

- Nessun errore magnetotermico del circuito grazie all'elemento separato
- Possibilità di utilizzare in un posto umido e inquinato, grazie all'applicazione di filtri ad alta densità in lega di sinterizzazione
- Adatto per la trasmissione a lunga distanza grazie la possibilità di utilizzare la bassa tensione (9V)
- resistente ad alte umidità e polveri

#### Specifiche tecniche & Modelli

Range: 0~100%RH / -20~80°C

Accuratezza:  $\pm 2.0\%RH$  /  $\pm 0.3^\circ C$

Uscita: 4~20mA (2 vie)

Alimentazione: 12Vdc or 240Vdc (6~30Vdc)



HTX82D (W) - FTC: Umidità (4 ~ 20mA), temperatura (4 ~ 20mA)

HTX82D (W) - FHC Umidità (4 ~ 20mA)

HTX82D (W) - FBC: temperatura (4 ~ 20mA)

HTX82D (W) - FPC - PT100: Umidità (4 ~ 20mA), Collegamento diretto con un elemento termico

HTX82D (W) - FBC - PT100: Collegamento diretto con un elemento termico

\* "Collegamento diretto con un elemento termico": tutte PT100, PT1000, NI1000, NTC5K e NTC10K sono disponibili.

## Appendice 2 – Scheda tecnica PID

### CENTRALINA DI GESTIONE



#### X2 pro 10

10" HMI with iX runtime

- 1024 x 600 pixel (16:9)
- TFT-LCD touch screen
- 1.5 GB application memory
- Ethernet 2x100 Mbit
- -10°C to +60°C operating temperature
- CE, FCC, KCC, UL approvals
- DNV GL, KR, LR, ABS, CCS, BV, NK marine approvals

Terminale Touch Screen 10" per visualizzazione, controllo e memorizzazione dati sensore accessibili via ftp e controllabile da remoto.

Grafica e funzionalità saranno personalizzate sull'applicazione con visualizzazione in tempo reale del trend dell'andamento dei VOCs.



Il terminale di controllo sarà fornito in box chiuso e provvisto di alimentatore, morsettiere di I/O e gateway per aggiornamento e service da remoto (collegamento Internet a cura del Cliente).

Segnale acquisito dal PID con Protocollo MODBUS RTU, segnale analogico di uscita 4-20 mA disponibile per interfacciamento al Vs Sistema di acquisizione.

### Detector fisso VOC

La tecnologia PID più sicura al mondo oggi è ancora più sicura! FALCO opera anche in presenza di condensa e in condizioni climatiche estreme.



#### Migliori performance

- Unico detector VOC ideato appositamente per operare in condizioni climatiche estreme
- La Tecnologia Typhoon elimina la condensa che si forma all'interno del PID
- Sensore innovativo; minimizza derive nelle misurazioni e riduce i tempi morti

#### Massima sicurezza

- Elimina le letture false rilevate con altri PID
- Display con avvisi multicolor, visibile fino a 20 metri di distanza
- Dotato di una lampada dalla lunga durata; ca. due anni di uso continuativo.
- Certificazione Ex d

#### Massima flessibilità

- Disponibili modelli a pompa o a diffusione
- Unità con pompa ideale per aree di difficile accesso
- Modello a diffusione riduce i costi di manutenzione
- Disponibili quattro range di rilevazione
- Possibilità di selezionare diversi fattori di risposta per vari VOC

#### Le applicazioni includono:

- Industria manifatturiera • Raffinerie & settore petrolchimico • Settore sostanze chimiche •

Specifiche tecniche
<b>Sensore</b> Fotoionizzazione con lampada 10.6 eV
<b>Range e sensibilità rilevazione</b> 10.0 ppm* 0.001 ppm 50.0 ppm* 0.01 ppm 1000 ppm* 0.1 ppm 3000 ppm* 1 ppm
<b>Tempo di risposta (T90)</b> <30 secondi (a diffusione)
<b>Interfaccia</b> Display: schermo ad alto contrasto OLED, nero su bianco: 128 (w) x 64 (h) pixel Dimensioni schermo: 35 mm (w) x 17.5 mm (h) 5 interruttori magnetici con conferma LED Fornito di Magnete per scorrere il menù
<b>Indicatore avvisi</b> Avvisi forniti da indicatori luminosi: ROSSO, VERDE, GIALLO
<b>Certificazioni</b> II 2G Ex d ih IIC T4 Gb ISO9001:2008
<b>Condizioni Ambientali</b> Senza pompa: -40°C a 60°C Con pompa: -20°C a 60°C 0-100% RH e condensa/umidità
<b>Interfaccia</b> 2 x ingressi per cavi 3/4" NPT (sinistra e destra) 2 x 3/4" NPT - M20 in acciaio inossidabile (forniti)
<b>Dimensioni</b> Con pompa: 200 (h) x 190 (w) x 125 (d) mm Senza pompa: 290 (h) x 190 (w) x 125 (d) mm
<b>Punti di fissaggio</b> 2 x M8
<b>Potenza input</b> Vantaggio di lavoro: 12 a 40 Vdc Potenza massima: 2 watt
<b>Uscite</b> 4 a 20 mA (attivo e passivo) RS485 supporta Modbus® protocol Relè x 2 SPST (60 Vdc 2A) - configurabile

Trattamento acque di scarico • Industria cartaria • Settore farmaceutico • IAQ • Sistema di recupero solventi • Vernici industriali • Outdoor air quality •

FALCO è il detector fisso a fotoionizzazione di ultima generazione, in grado di rilevare in continuo un'ampia gamma di composti organici volatili (VOC). Unica ed esclusiva di FALCO è la rivoluzionaria Tecnologia Typhoon, che protegge il sensore dalla condensa, per una maggiore affidabilità in condizioni climatiche difficili. Falco, inoltre, incorpora la tecnologia brevettata Fence Electrode, che elimina gli effetti dell'umidità..

FALCO fornisce performance innovative; affidabilità, accuratezza e risultati su cui contare. Garantisce la massima protezione dell'impianto e dei lavoratori. Grazie alla resistenza all'umidità e al design anti-contaminazione, le derive nelle misurazioni sono ridotte al minimo, consentendo di risparmiare tempo e denaro.

FALCO elimina le letture false rilevate con altri PID. Gli avvisi multicolor sul display LED possono essere visti da venti metri di distanza anche sotto luce diretta del sole garantendo la tempestività dell'informazione in caso di pericolo.

FALCO è dotato di un sensore esterno a Sicurezza Intrinseca, per una manutenzione facile e veloce. La doppia certificazione consente a FALCO di essere mantenuto in ambienti pericolosi senza la necessità di togliere l'alimentazione.

intuitivo e facile da usare, grazie all'interfaccia user-friendly. Ha sei interruttori magnetici con LED di conferma, uno schermo OLED ad alto contrasto e un'interfaccia grafica che facilita e velocizza l'installazione e la manutenzione.

RS485 (Modbus®), uscita 4-20 mA e relè sono standard in tutti i modelli. Le uscite a relè sono configurabili per allarmi di alto o basso pericolo, di malfunzionamento guasto o test.

FALCO offre il massimo in termini di flessibilità e può essere acquistato con uno dei quattro range disponibili, sia nel modello con pompa sia nel modello a diffusione.

### Appendice 3 – Dimensionamento colonna abbattimento H<sub>2</sub>S

SCRUBBER DESIGN (PACKED COLUMN)									
<b>Input Data</b>		Stream : Air + H <sub>2</sub> S							
Packing type	=	5/8 inch - Pall ring							
Packing size	=	16 mm							
Packing MOC	=	PP Polipropilene							
Gas pr. Drop / m bed	=	15 mmWC / m packing height						=	147,1 (N/m <sup>2</sup> )/m
Total packing height	=	2,0 m (including all packed beds)							
<b>Gas / Vapour Properties</b>									
Gas / Air flow rate	=		kg/h	OR		30 m <sup>3</sup> /h			
	=	0,0000	kg/s		=	0,008333	m <sup>3</sup> /s		
Gas pressure at entry	=	1,0 atm							
Gas temperature at entry	=	30 °C		=	303,00 °K		Hp: Isotherm		
Gas / Air mol weight	=	29							
<b>Component to be scrubbed</b>									
Component Name	=	H <sub>2</sub> S Vapore							
Component flow rate	=	0,003 Kg/h		Hp: 100 mg/Nmc					
% comp. in air/gas	=	0,0077 % (v/v)		(presumed)					
Molecular weight of comp.	=	34							
<b>Liquid / Scrubbing media Properties</b>									
Scrubbing media	=	5%-20% NaOH (to be defined during start-up phase)							
Liquid flow rate, L	=	1100 kg/h		max					
	=	0,3056		kg/s					
Liquid Density, $\sigma_L$	=	1100 kg/m <sup>3</sup>		Conversion :					
Liquid Viscosity, $\mu_L$	=	0,0013000 Ns/m <sup>2</sup>		1,3 C <sub>p</sub>		=	0,00130000 Ns/m <sup>2</sup>		
Packing factor, F <sub>p</sub>	=	315 m <sup>-1</sup>							
Charac. Packing Factor, C <sub>f</sub>	=	97		Ref. Table 6.3, Characteristics of Random packings					
Conversion factor, J	=	1,0		factor for adequate liquid distribution & irrigation across the bed					
<b>Calculations</b>							Refer Table		

## TO CALCULATE COLUMN DIAMETER

Since larger flow quantities are at the bottom for an absorber, the diameter will be chosen to accommodate the bottom conditions.

### To calculate Gas density

Avg. molecular weight = 29 Kg / Kmol

If gas flow rate is given in kg/h

$$\begin{aligned} \text{Gas in} &= 0 \text{ Kmol/s} \\ &= (\text{kmol/s}) \times \left( \frac{T \text{ in kelvin}}{273} \right) \times \left( \frac{1.0 \text{ atm}}{\text{pr. In atm}} \right) \times \left( \frac{22.4}{1} \right) \\ &= 0,000000 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

(kmol = mass / mol wt)

If gas flow rate is given in m3/h

$$\begin{aligned} \text{Gas in} &= (\text{m}^3/\text{s}) \times \left( \frac{273}{T \text{ in kelvin}} \right) \times \left( \frac{\text{pr. in a}}{1.0 \text{ atm}} \right) \times \left( \frac{1}{22,4} \right) \\ &= 0,000335 \text{ Kmol/s} \\ &= 0,009721 \text{ Kg/s} \\ &\quad (\text{mass} = \text{mol wt} \times \text{kmol}) \end{aligned}$$

Select vol. flow rate and mass flow rate from above,

Selected mass flow rate = 0,0097205 Kg/s  
 Selected vol. Flow rate = 0,00833333 m<sup>3</sup>/s  
 Selected molar flow rate = 0,00033519 Kmol/s

Therefore, gas density = 1,17 Kg/m<sup>3</sup> (mass flow rate / vol. Flow rate)

### To find L', G' and Tower c/s area

Assuming essentially complete absorption,

Component removed = 0,0000009 Kg/s (molar flow rate x % comp. x mol. Wt.)  
 Liquid leaving = 0,3055564 Kg/s (Inlet liquid flow rate + comp. Removed)

$$\frac{L'}{G'} \left( \frac{\sigma_G}{\sigma_L} \right)^{0,5} = 1,02363$$

Using 1,0236 as ordinate, Refer fig.6.34 using a gas pressure drop of 147,1 (N/m<sup>2</sup>)/m

$$\frac{G'^2 C_f \mu_L^{0,1} J}{\sigma_G (\sigma_L - \sigma_G) g_c} = 0,009 \text{ (from graph)}$$

Refer fig 6.34

$$\begin{aligned} \text{Therefore, } G' &= \left[ \frac{0,009 \sigma_G (\sigma_L - \sigma_G) g_c}{C_f \mu_L^{0,1} J} \right]^{0,5} \\ &= 0,4808 \text{ Kg / m}^2 \cdot \text{s} \end{aligned}$$

Tower c/s area = 0,0202 m<sup>2</sup> (c/s area = mass flow rate / G')

Tower diameter = 0,1604 m = 160 mm  
 = 150 mm

Corresponding c/s area = 0,0177 m<sup>2</sup>

TO ESTIMATE POWER REQUIREMENT				
Efficiency of fan / blower	=	70 %	assumed / given	
<b>To calculate pressure drop</b>				
Pressure drop for irrigated packing	=	294,20 N/m <sup>2</sup>	(pressure drop per m packing x total ht. of packing)	
For dry packing,				
O/L Gas flow rate, G'	=	0,5500 Kg / m <sup>2</sup> .s	(Gas inlet flow rate - Component removed) / c/s area	
O/L Gas pressure	=	101030,801 N/m <sup>2</sup>	(subtracting pressure drop across packing)	
Gas density, $\sigma_g$	=	$\left( \frac{\text{gas mol wt.}}{22.41 \text{ m}^3/\text{Kmol}} \times \left( \frac{273}{T_{\text{in kelvin}}} \times \right) \left( \frac{\text{gas o/l pr.}}{101330} \right) \right)$		
	=	1,1625 Kg/m <sup>3</sup>		
C <sub>D</sub>	=	207	Ref. Table 6.3, Characteristics of Random packings	
Delta P Z	=	$C_D \left[ \frac{G'^2}{\sigma_g} \right]$	Refer Table	
	=	53,87 N/m <sup>2</sup>		
Pressure drop for packing	=	348,07 N/m <sup>2</sup>	(irrigated packing + dry packing)	
Pressure drop for internals	=	25 mmWC	(packing supports and liquid distributors)	
	=	245,17 N/m <sup>2</sup>		
Gas velocity	=	7,5 m/s		
Inlet expansion & outlet contraction losses	=	1.5 x Velocity heads	= 1.5 x (V <sup>2</sup> / 2g)	
	=	42,19 N m / Kg		
	=	49,21 N/m <sup>2</sup>	(divide by density)	
<b>Total pressure drop</b>	=	642 N/m <sup>2</sup>	(packing + internals + losses)	
<b>Fan power output</b>	=	$\frac{\text{pressure drop, N/m}^2 \times (\text{gas in - component removed}) \text{ Kg/s}}{\text{O/L gas density, Kg/m}^3}$		
	=	5,37 N .m / s		
	=	0,01 kW		
<b>Power for fan motor</b>	=	0,008 kW	(fan power output / motor efficiency)	
	=	0,01 hp		



COLUMN DIAMETER / HYDRAULIC CHECK			
Liq.-Vap. Flow factor, $F_{LV}$	=	$(L/V) \times \sqrt{(\sigma/\rho)}$	
	=	1,0236	
Design for an initial pressure drop of	15	mm H <sub>2</sub> O /m packing	
From $K_4$ v/s $F_{LV}$ ,			
$K_4$	=	0,22	For values of $K_4$ , refer fig 11.44
$K_4$ at flooding	=	0,60	
Trial % flooding	=	$(\sqrt{K_4 / K_4 \text{ at flooding}}) \times 100$	
	=	60,6	
Gas mass flow rate, $V_m$	=	$\left[ \frac{K_4 \cdot \sigma \cdot V (\sigma - \sigma_v)}{13.1 F_p (\mu_L / \sigma)^{0.1}} \right]^{(1/2)}$	
	=	0,5172 kg/m <sup>2</sup> .s	
Trial column c/s area (Trial $A_s$ )	=	$V / V_m$	
	=	0,0188 m <sup>2</sup>	
Trial column dia., $D$	=	0,1547 m	$D = \sqrt{(4/\pi) \times \text{Trial } A_s}$
Round off 'D' to nearest standard size			
Therefore, $D$	=	0,150 m	
Column C/S area, $A_s$	=	0,0177 m <sup>2</sup>	$A_s = (\pi/4) \times D^2$
% flooding	=	64	% flooding = Trial % flooding x (Trial $A_s$ / $A_s$ )
<b>Conclusion</b>			
Generally packed towers are designed for 50% -- 85% flooding.			
If flooding is to be reduced,			
(i) Select larger packing size and repeat the above steps.			
OR			
(ii) Increase the column diameter and repeat the above steps.			
HETP PREDICTION			
Norton's Correlation :	$\ln \text{HETP} = n - 0.187 \ln \sigma + 0.213 \ln \mu$		
<b>Input Data</b>	Conversion :		
Liquid-phase	0,074 N/m	=	74 dyne/cm
Surface Tension, $\sigma$	=	74 dyne/cm	
Liquid Viscosity	=	1,3 cP	
$n$	=	0,87740	
<b>Calculation</b>			
In HETP	=	0,12842342	For values of 'n' Refer Table 6.2
HETP	=	1,137 ft	
	=	0,35 m	

**Table 6.2**[Back](#)**Constant for HETP Correlation**

Atmospheric Distillation 153

**Table 6 – 2**  
**Constant for HETP Correlation**  
**(Equation 6-20)**

<b>Tower Packing</b>	<b>Value of n</b>
<b>#25 IMTP® Packing</b>	<b>1.13080</b>
<b>#40 IMTP® Packing</b>	<b>1.31850</b>
<b>#50 IMTP® Packing</b>	<b>1.56860</b>
<b>1 in. Pall Ring</b>	<b>1.13080</b>
<b>1½ in. Pall Ring</b>	<b>1.35820</b>
<b>2 in. Pall Ring</b>	<b>1.65840</b>
<b>1 in. Intalox® Saddle</b>	<b>1.13080</b>
<b>1½ in. Intalox® Saddle</b>	<b>1.39020</b>
<b>2 in. Intalox® Saddle</b>	<b>1.72330</b>

Ref.: Random Packings and Packed Towers ---- Strigle

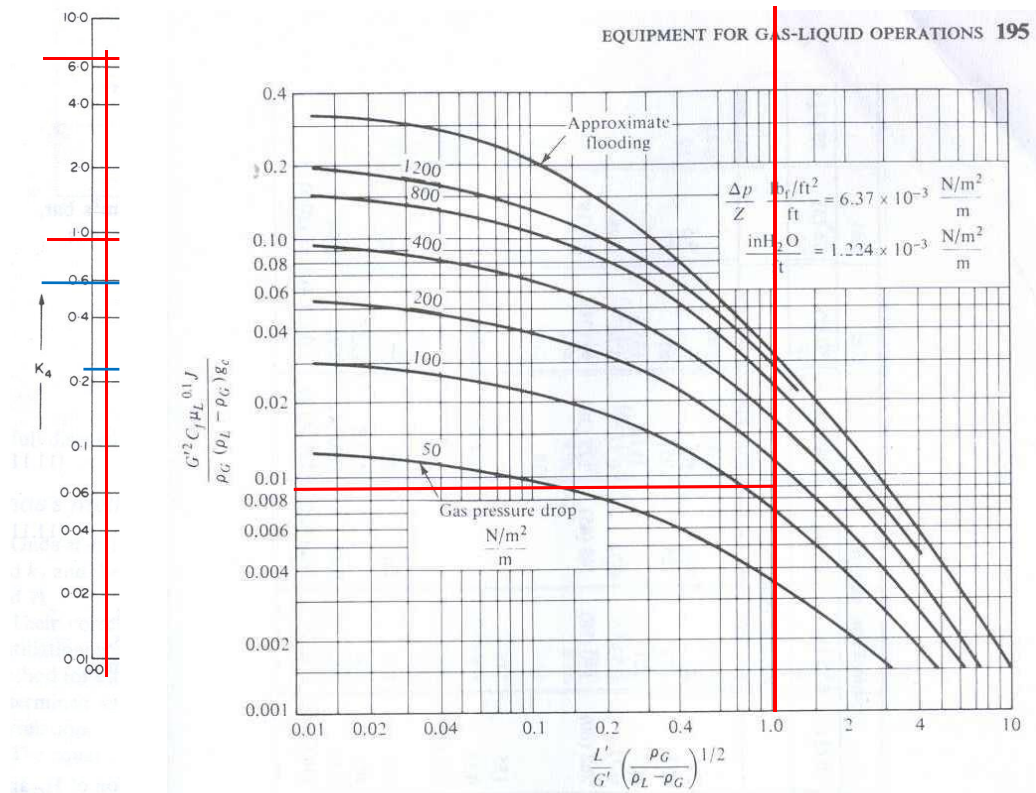


FIG. 11.44. C

Ref. : : Mass Transfer Operation : : Treybal

Table 6.3 Characteristics of random packings†

Packing	Nominal size, mm (in)										
	6 ( $\frac{1}{4}$ )	9.5 ( $\frac{3}{8}$ )	13 ( $\frac{1}{2}$ )	16 ( $\frac{5}{8}$ )	19 ( $\frac{3}{4}$ )	25 (1)	32 ( $1\frac{1}{4}$ )	38 ( $1\frac{1}{2}$ )	50 (2)	76 (3)	89 ( $3\frac{1}{2}$ )
	Raschig ring										
Ceramic:											
Wall thickness, mm	0.8	1.6	2.4	2.4	2.4	3	4.8	4.8	6	9.5	
$C_f$	1600	1000	580	380	255	155	125	95	65	37	
$C_D$			909	749	457	301		181.8	135.6		
$e$	0.73	0.68	0.63	0.68	0.73	0.73	0.74	0.71	0.74	0.78	
$a_p, m^3/m^3$ (ft <sup>2</sup> /ft <sup>3</sup> )	787 (240)	508 (155)	364 (111)	328 (100)	262 (80)	190 (58)	148 (45)	125 (38)	92 (28)	62 (19)	
Metal:											
0.8-mm wall:											
$C_f$	700	390	300	170	155	115					
$e$	0.69		0.84		0.88	0.92					
$a_p, m^3/m^3$ (ft <sup>2</sup> /ft <sup>3</sup> )	774 (236)		420 (128)		274 (83.5)	206 (62.7)					
1.6-mm wall:											
$C_f$			410	290	220	137	110	83	57	32	
$C_D$			688	431	485	304		172.9	133.5		
$e$			0.73		0.78	0.85	0.87	0.90	0.92	0.95	
$a_p, m^3/m^3$ (ft <sup>2</sup> /ft <sup>3</sup> )			387 (118)		236 (71.8)	186 (56.7)	162 (49.3)	135 (41.2)	103 (31.4)	68 (20.6)	

Pall rings									
Plastic:									
$C_f$			97		52		40	25	16
$C_D$			207		105.2		61.8	47.5	23.9
$\epsilon$			0.87		0.90		0.91	0.92	0.92
$q_p, m^2/m^3 (ft^2/ft^3)$			341 (104)		206 (63)		128 (39)	102 (31)	85 (26)
Metal:									
$C_f$			70		48		28	20	16
$C_D$			133.4		95.5		56.6	36.5	
$\epsilon$			0.93		0.94		0.95	0.96	
$q_p, m^2/m^3 (ft^2/ft^3)$			341 (104)		206 (63)		128 (39)	102 (31)	
Flexirings:									
$C_f$			78		45		28	22	18
$\epsilon$			0.92		0.94		0.96	0.96	0.97
$q_p, m^2/m^3 (ft^2/ft^3)$			345 (105)		213 (65)		131 (40)	115 (35)	92 (28)
Hy-pak:‡									
$C_f$					45			18	15
$C_D$					88.1			28.7	26.6
$\epsilon$					0.96			0.97	0.97

Table 6.3 Continued

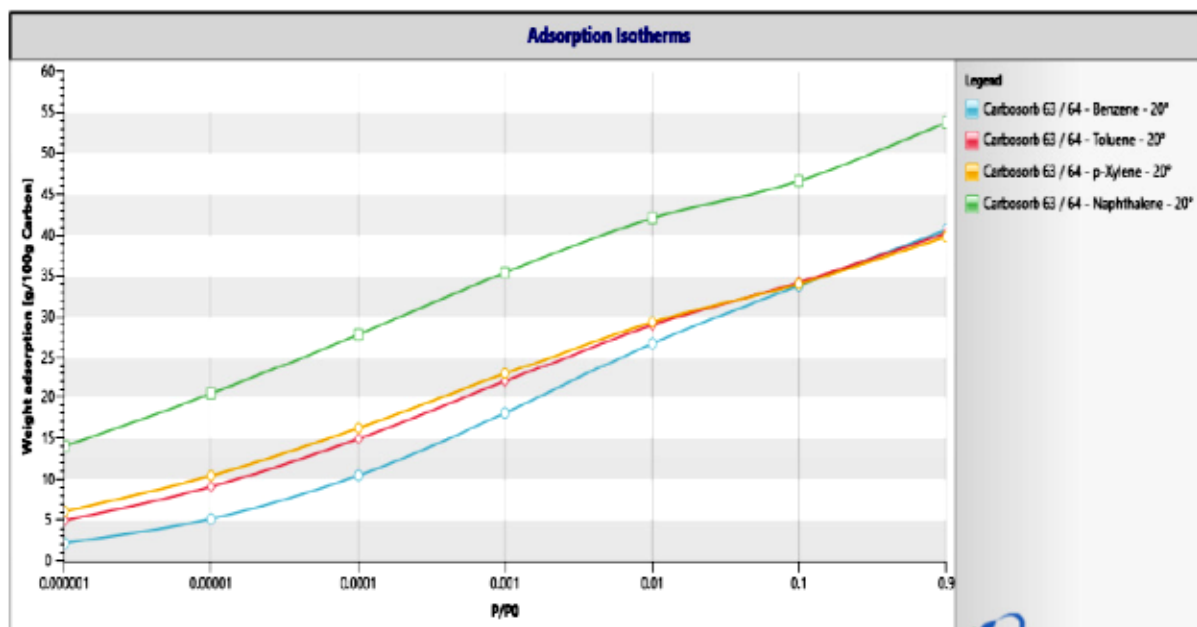
Packing	Nominal size, mm (in)										
	6 (1/4)	9.5 (3/8)	13 (1/2)	16 (5/8)	19 (3/4)	25 (1)	32 (1 1/4)	38 (1 1/2)	50 (2)	76 (3)	89 (3 1/2)
	Berl saddles										
Ceramic:											
$C_f$	900		240		170	110		65	45		
$C_D$			508		295	184					
$\epsilon$	0.60		0.63		0.66	0.69		0.75	0.72		
$a_p, m^2/m^3 (ft^2/ft^3)$	899 (274)		466 (142)		269 (82)	249 (76)		144 (44)	105 (32)		
	Intalox saddles										
Ceramic:											
$C_f$	725	330	200		145	98		52	40	22	
$C_D$			399		256	241.5		96.2	71.3	40.6	
$\epsilon$	0.75		0.78		0.77	0.775		0.81	0.79		
$a_p, m^2/m^3 (ft^2/ft^3)$	984 (300)		623 (190)		335 (102)	256 (78)		195 (59.5)	118 (36)		
Plastic:											
$C_f$						33			21	16	
$C_D$						96.7			56.5	30.1	
$\epsilon$						0.91			0.93	0.94	
$a_p, m^2/m^3 (ft^2/ft^3)$						207 (63)			108 (33)	89 (27)	

Super Intalox											
Ceramic:†											
$C_f$						60			30		
$C_D$						123			63.3		
$\epsilon$						0.79			0.81		
$a_p, m^2/m^3 (ft^2/ft^3)$						253 (77)			105 (32)		
Plastic:‡											
$C_f$						33			21	16	
$C_D$						79.5			53.5	30.1	
$\epsilon$						0.90			0.93	0.94	
$a_p, m^2/m^3 (ft^2/ft^3)$						207 (63)			108 (33)	89 (27)	
Tellerettes											
Plastic:										67-mm	95-mm (R)
$C_f$						40			20		
$C_D$						0.87			0.93	0.93	0.92
$\epsilon$											
$a_p, m^2/m^3 (ft^2/ft^3)$						180 (55)			112 (34)	112 (34)	

† Data are for wet-dumped packing from Chemical Process Products Division, Norton Co.; Koch Engineering Co.; Celcolte Co.; *Chemical Engineering Progress*, and *Chemical Engineering*.

‡ Sizes, 1, 2, and 3.

#### Appendice 4 - Isotherme, capacità di adsorbimento del carbone attivo per diversi inquinanti e scheda tecnica



L'efficacia del carbone attivo dipende da innumerevoli fattori, quali la temperatura, l'umidità relativa, il tempo di contatto, la velocità e la distribuzione dell'aria attraverso il letto di carbone, la natura e la concentrazione delle sostanze contaminanti.

La tabella qui di seguito, faciliterà l'identificazione del grado di adsorbibilità delle diverse sostanze chimiche sulle nostre qualità di carbone attivo della linea aria.

La numerazione da 1 a 4 che affianca ciascuna sostanza, ha il seguente significato:

- 1 = eccellente adsorbimento, dell'ordine del 30% in peso
- 2 = buon adsorbimento, dell'ordine del 15% in peso
- 3 = debole adsorbimento, normalmente inferiore al 5% in peso
- 4 = la sostanza non viene adsorbita in misura apprezzabile.

### Elenco delle capacità di adsorbimento di alcune sostanze in fase gassosa su carbone attivo:

Acetaldeide	3	Bromo	1	Dipropilchetone	1	Nitrobenzeni	1
Acetato di butile	1	Bromuro di etile	2	Disinfettanti	1	Nitroetano	1
Acetato di etile	1	Bromuro di metile	2	Eptano	1	Nitroglicerina	1
Acetato di metile	2	Butadiene	2	Eptilene	1	Nitroluene	1
Acetato di propile	1	Butano	3	Esano	2	Nitrometano	1
Acetato isopropilico	1	Butanone	3	Esilene	2	Nitropropano	1
Acetilene	4	Butene	3	Etano	4	Oli lubrificanti e grassi	1
Acido acetico	1	Butilcellosolve	1	Etere	2	Ossido di etilene	1
Acido acrilico	1	Butilcloruro	1	Etere amilico	1	Ossido di metile	2
Acido bromidrico	3	Butilene	3	Etere butilico	1	Ottano	1
Acido butirrico	1	Canfora	1	Etere dicloroetilico	1	Ozono	1
Acido caprilico	1	Carburanti liquidi	1	Etere etilico	2	Pentano	1
Acido cianidrico	3	Cellosolve	1	Etere isopropilico	1	Pentanone	2
Acido cloridrico	3	Cellosolve acetato	1	Etere metilico	2	Pentene	1
Acido fluoridrico	3	Cherosene	1	Etere propilico	1	Percloroetilene	2
Acido formico	2	Cibi aromatici	1	Etilacrilato	1	Piridina	1
Acido iodidrico	3	Cicloesano	1	Etilammina	2	Profumi	1
Acido lattico	1	Cicloesanolo	1	Etilbenzene	1	Propano	1
Acido nitrico	2	Cicloesanone	1	Etilene	4	Propilene	3
Acido palmitico	1	Cicloesene	1	Etilmercaptano	1	Propilmercaptano	3
Acido propionico	1	Cloridrina etilenica	1	Eucaliptolo	1	Putrescina	1
Acido solforico	1	Cloro	3	Fenolo	1	Resine	1
Acido urico	1	Clorobenzene	1	Fluorotriclorometano	2	Solfuro di carbonio	1
Acido valerianico	1	Clorobutadiene	1	Formaldeide	3	Solfuro di idrogeno	3
Acrilato di metile	1	Cloroformio	1	Fosgene	2	Stirene	3
Acrilonitrile	1	Cloronitropropano	1	Freon	2	Tetracloroetano	1
Acroleina	2	Cloropicrina	1	Fumo di sigarette	1	Tetracloroetilene	1
Adesivi	1	Cloruro di etile	2	Gas corrosivi	3	Tetracloruro di carbonio	1
Alcol amilico	1	Cloruro di metile	3	Idrogeno	4	Toluene	1
Alcol butilico	1	Cloruro di metilene	1	Idrogeno solforato	3	Toluidina	1
Alcol isopropilico	1	Cloruro di propile	1	Incenso	1	Tricloroetilene	1
Alcol metilico	2	Cloruro di vinile	2	Indolo	1	Urea	1
Alcol propilico	1	Creosolo	1	Iodio	1	Xilene	2
Aldeide butilica	2	Creosoto	1	Iodoformio	1		
Aldeide crotonica	1	Decano	1	Isoprene	2		
Aldeide valerianica	1	Deodoranti	1	Mentolo	1		
Amilacetato	1	Detergenti	1	Mercaptani	1		
Ammine	3	Diclorobenzene	1	Metano	4		
Anidride acetica	1	Diclorodifluorometano	2	Metilbutilchetone	1		
Anidride solforica	3	Dicloroetano	1	Metilcellosolve	1		
Benzene	1	Dicloroetilene	1	Metilcellosolve acetato	1		
		Dicloromonofluorometa					
Biossido d'azoto	3	no	2	Metilcicloesano	1		