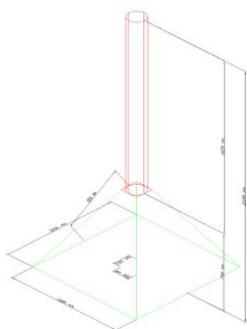




LINEE GUIDA PER IL MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI GASSOSE PROVENIENTI DAGLI IMPIANTI DI COMPOSTAGGIO E BIOESSICAZIONE



dott. Franco De Risio
Direttore del Dip.to Provinciale
ARTA CHIETI

dott. ing. Angela delli Paoli
Coll. Tecnico Prof.le
ARTA CHIETI

SOMMARIO

PREMESSA	1
1 IL CONTROLLO DEGLI ODORI	3
1.1 LA BIOFILTRAZIONE	4
1.2 STADI DEL PROCESSO.....	6
1.3 COMPONENTI COSTRUTTIVI	8
1.4 PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO	9
1.5 DOTAZIONI IMPIANTISTICHE MINIME E CONDIZIONI OPERATIVE OTTIMALI.	10
2 PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO	12
2.1 VALORI LIMITE, PARAMETRI DI MONITORAGGIO E FREQUENZA DEGLI AUTOCONTROLLI DELLE EMISSIONI PROVENIENTI DAL BIOFILTRO.	12
2.2 REQUISITI E MODALITÀ PER IL CONTROLLO	13
2.3 PARAMETRI SOTTOPOSTI A CONTROLLO TRIMESTRALE	13
<i>CONTROLLI A VALLE DEL BIOFILTRO</i>	13
2.3.1 <i>Mappatura delle velocità</i>	13
<i>Divisione in AREE</i>	13
<i>Divisione in sub_ aree</i>	14
2.3.2 <i>Individuazione delle subaree su cui effettuare il prelievo</i>	16
2.3.3 <i>Campionamenti delle emissioni</i>	17
2.3.4 <i>Determinazioni analitiche di NH₃, H₂S, COT</i>	17
2.3.5 <i>Misura U.O.: Concentrazione di odore delle emissioni</i>	17
<i>CONTROLLO PARAMETRI DI FUZIONAMENTO DEL BIOFILTRO</i>	17
2.3.6 <i>Velocità media del modulo filtrante alla superficie</i>	17
2.3.7 <i>Carico specifico medio</i>	18
2.3.8 <i>Verifica del tempo di residenza medio</i>	19
2.3.9 <i>Efficienza di abbattimento</i>	19
2.3.10 <i>Controllo dell'umidità del letto del biofiltro</i>	19
<i>CONTROLLI A MONTE DEL BIOFILTRO</i>	20
2.3.11 <i>Misura U.O.: Concentrazione di odore delle emissioni</i>	20
2.4 PARAMETRI SOTTOPOSTI A CONTROLLO IN CONTINUO	20
<i>CONTROLLI A VALLE DEL BIOFILTRO</i>	20
2.4.1 <i>Temperatura</i>	20
2.4.2 <i>Umidità superficiale</i>	21
2.4.3 <i>pH</i>	21
<i>CONTROLLI A MONTE DEL BIOFILTRO</i>	21
2.4.4 <i>Umidità della corrente gassosa in ingresso al biofiltro</i>	21
3 ATTREZZATURA NECESSARIA AL CAMPIONAMENTO DA BIOFILTRO	24
3.1 DESCRIZIONE DELLA CAPP.....	24
3.2 CARATTERISTICHE DELL'ANEMOMETRO	24
3.3 STIMA DELLA VELOCITÀ DELL'EFFLUENTE IN USCITA DAL BIOFILTRO	24
3.4 PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	26
4 CRITERI GENERALI DI MISURA DELLE IMMISSIONI	26
5 VALORI LIMITE E FREQUENZA DEGLI AUTOCONTROLLI PER LE EMISSIONI PROVENIENTI DALLA SEZIONE DI RAFFINAZIONE	27
6 PRESCRIZIONI SPECIFICHE	27
7 CRITERI DI MANUTENZIONE	28
ALLEGATI	30

Indice delle tabelle

<i>Tabella 1: Composti odorosi identificati presso impianti di compostaggio e le relative soglie di odore.</i>	2
<i>Tabella 2: Principali composti odorigeni riscontrabili in impianti di compostaggio e di trattamento meccanico biologico. Soglie di percettibilità olfattiva (100% ORC) e livelli ammissibili di esposizione negli ambienti di lavoro (TLV) in ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</i>	2
<i>Tabella 3: Valori limite e valori guida relativi agli autocontrolli trimestrali.</i>	12
<i>Tabella 4: Valori guida relativi ai parametri sottoposti a controllo in continuo.</i>	12
<i>Tabella 5: Mappatura delle velocità</i>	15
<i>Tabella 6: Mappatura delle velocità</i>	16
<i>Tabella 7: Valori limite e prescrizioni per il camino asservito alla raffinazione.</i>	27
<i>Tabella 8: prospetto degli interventi di manutenzione.</i>	29

Premessa

Il processo di **bioconversione** è accompagnato dalla produzione di sostanze odorigene (acidi grassi volatili, ammine, ammoniacca, composti gassosi organici ed inorganici, ecc.) in quantità ponderalmente minime ma comunque potenzialmente moleste dal punto di vista olfattivo.

Il problema delle emissioni odorose è strutturale negli impianti di compostaggio, come in tutti quelli che gestiscono e trasformano grandi masse di sostanza organica: infatti, i processi di decomposizione o di semplice dispersione di composti organici, sono potenzialmente vettori di stimoli olfattivi.

Le emissioni odorose sono dovute alla presenza nelle arie esauste di cataboliti ridotti (composti non completamente ossidati dello zolfo, dell'azoto, del carbonio), che si pongono in contraddizione con le caratteristiche aerobiche del processo di compostaggio che dovrebbe portare alla produzione e al rilascio di cataboliti ossidati e inodori.

I motivi dello sviluppo dei suddetti fenomeni odorosi, a volte particolarmente intensi, possono essere ricondotti soprattutto alla presenza di situazioni processistiche o impiantistiche come:

- La presenza di sacche anaerobiche nei rifiuti,
- Lo scarso o intempestivo utilizzo dell'aerazione forzata della biomassa,
- Rivoltamenti inopportuni o intempestivi.

La prevenzione richiede dunque una buona attenzione ai connotati progettuali e alle condizioni gestionali dell'impianto.

Le fasi potenzialmente più odorigene sono ovviamente quelle iniziali del processo di bioconversione, durante le quali il materiale presenta ancora una putrescibilità elevata.

Allo scopo di ridurre le emissioni odorigene nell'ambiente esterno, gli impianti che trattano matrici ad elevata putrescibilità e gli edifici deputati alle fasi di ricevimento e bioossidazione devono essere confinati e mantenuti in **depressione**. Il tipo di tecnologie di aspirazione dell'aria e il numero di ricambi d'aria orari dipendono dal tipo di processo e dalla presenza di operatori nel locale, e devono, in ogni caso, garantire un microclima che rispetti i limiti di sicurezza e il relativo benessere prescritti dalle norme relative agli ambienti di lavoro.

Le arie aspirate devono poi essere avviate ad idoneo impianto di trattamento per abbattere gli inquinanti presenti nonché l'eventuale carica odorigena.

Composto	odore	soglia di odore bassa($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	soglia di odore alta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ¹
Composti dello zolfo			
idrogeno solforato	uova marce	0.7	14
disolfuro di carbonio	dolce, sgradevole	24.3	23000
dimetilsolfuro	cavolo marcio	25	50.8
dimetildisolfuro	zolfo	0.1	346
dimetiltrisolfuro	zolfo	6.2	6.2
metilmercaptano	zolfo, aglio, pungente	0.04	82
etilmercaptano	zolfo, terra	0.032	92
Ammoniaca e composti dell'N			
NH ₃	pungente	26.6	39600
metilammina	pesce pungente	25.2	12000
dimetilammina	pesce	84.6	84.6
trimetilammina	pesce, pungente	0.8	0.8
scatolo	fecale, nauseante	$4 \cdot 10^{-5}$	268
Acidi grassi volatili			
acido formico	pungente, aspro	45	37800
acido acetico	di aceto	2500	25000
acido propionico	rancido, pungente	84	64000
acido butirrico	rancido	1	9000
acido valerianico	sgradevole	2.6	2.8
acido isovalerianico	formaggio rancido	52.8	52.8
Chetoni			
acetone	dolciastro, di menta	47500	161000
butanone (MEK)	dolciastro di acetone	737	147000
2-pentanone (MPK)	dolciastro	28000	45000
Altri composti			
benzotiozolo	penetrante	442	2210
acetaldeide	dolciastro, di erba	0.2	4140
fenolo	medicinale	178	2240

Tabella 1: Composti odorosi identificati presso impianti di compostaggio e le relative soglie di odore.

E' importante sottolineare che le molestie olfattive sono causate da sostanze presenti in quantità minime e che *alla molestia olfattiva, nel settore del compostaggio, non corrisponde in generale un impatto tossicologico.* (Tabella 2)

SOSTANZA	100%ORC	TLV
idrogeno solforato	1,4	14000
metilmercaptano	70	1000
dimetilsolfuro	16	
trimetilammina	9.8	24000
acido butirrico	73	
acido esanoico	29	
acetaldeide	549	180000

Tabella 2: Principali composti odorogeni riscontrabili in impianti di compostaggio e di trattamento meccanico biologico. Soglie di percettibilità olfattiva (100% ORC) e livelli ammissibili di esposizione negli ambienti di lavoro (TLV) in ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

¹ La soglia di percettibilità dell'odore (OT 50) è definita come la minima concentrazione di un composto odoroso che porta alla percezione dell'odore con una probabilità del 50% (soglia bassa). La soglia di riconoscimento al 100%(ORC100) è la concentrazione alla quale il composto viene identificato al 100%.

Dall'esame della **Tabella 2** è possibile rilevare che le soglie di percettibilità delle sostanze odorigene prodotte sono ben inferiori alle concentrazioni alle quali le stesse potrebbero ingenerare rischi sanitari (TLV).

Pertanto, le molestie olfattive che potrebbero ingenerarsi in seguito ad anomalie di processo, in quanto immediatamente percettibili, possono dare modo di intervenire tempestivamente per la loro risoluzione prima che possano originarsi rischi di tipo sanitario.

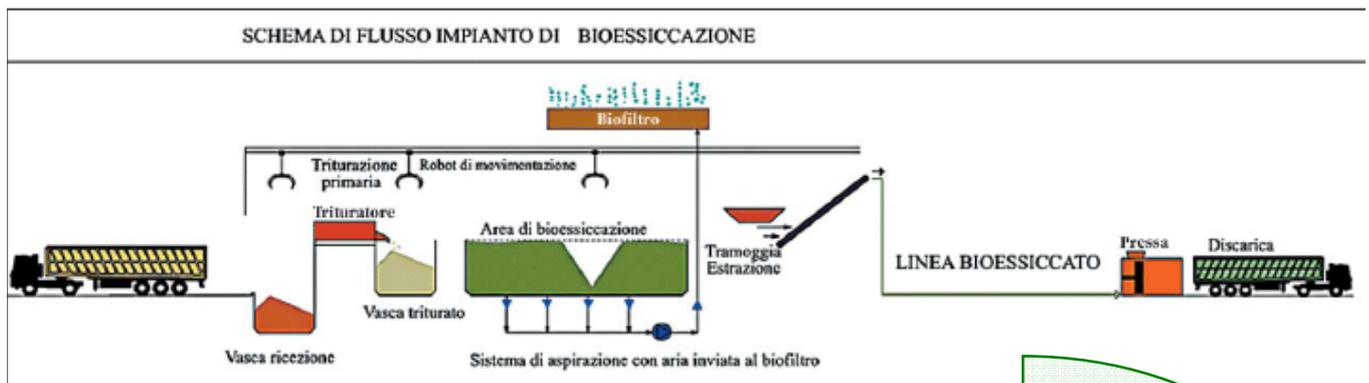


Figura 1: Schema di flusso tipico di un impianto di bioessiccazione e particolare del biofiltro ad esso asservito.

1 Il controllo degli odori

Gli odori che si producono negli impianti di compostaggio e bioessiccazione possono essere eliminati ricorrendo a sistemi tecnologici più o meno sofisticati. Presupposto affinché questi sistemi possano essere applicati è che le emissioni rilasciate dai materiali in trattamento siano intercettate. Ciò significa che le operazioni potenzialmente a rischio per la formazione di odori dovranno essere condotte in ambiente confinato dal quale sia possibile evacuare l'aria

arricchitasi di composti maleodoranti. Per il trattamento delle emissioni odorigene sono state proposte soluzioni impiantistiche che prevedono l'assorbimento su carbone attivo o altri materiali ad elevata capacità di trattenimento oppure la loro combustione.

Questi sistemi, benché risultati molto efficaci e con rese di abbattimento prossime al 99%, non hanno tuttavia trovato pratica applicazione a causa degli eccessivi costi complessivi del trattamento.

Pertanto, considerata la natura relativamente "diluita" dei composti odorigeni da trattare, che pone limiti strutturali all'efficienza dei sistemi chimico fisici di abbattimento, viene sempre più presa in considerazione l'utilizzazione dei **biofiltri** per il trattamento delle emissioni dovute agli impianti di compostaggio e bioessiccazione. Infatti, i sistemi biologici hanno mostrato buone capacità di rimozione e, soprattutto, caratteristiche spiccatamente adattative al variare della natura degli effluenti da trattare, garantendo un'adeguata rimozione degli inquinanti nonostante le attendibili fluttuazioni della composizione delle emissioni odorigene (per stagionalità dei conferimenti, variazioni nel flusso delle matrici da compostare, ecc.).

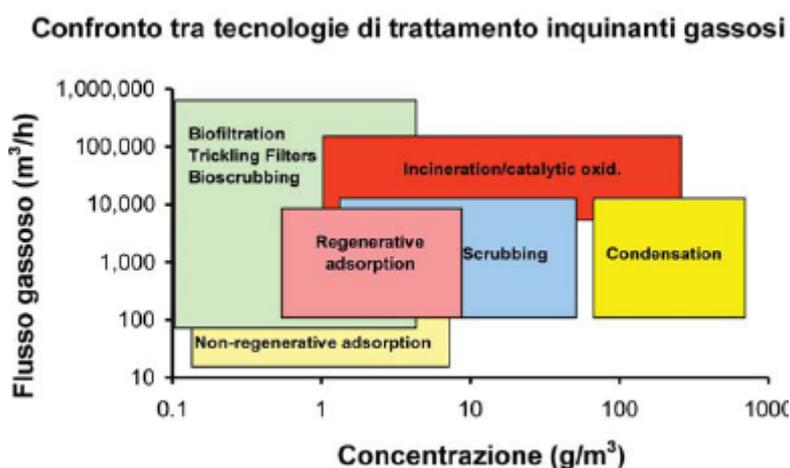


Figura 2: Le condizioni di migliore funzionamento dei sistemi biologici si hanno ad una concentrazione medio bassa di sostanze organiche nell'effluente gassoso.

1.1 La Biofiltrazione

La biofiltrazione è una tecnologia mediante la quale le emissioni gassose da trattare vengono fatte passare uniformemente attraverso un mezzo poroso biologicamente attivo, ovvero in un apposito letto riempito con materiali quali cortecce, legno triturato, compost maturo, torba, ecc., mantenuti a condizioni di temperatura e umidità costanti e che vengono colonizzati da *microrganismi aerobi* in grado di degradare i composti da trattare presenti nelle emissioni.

È importante sottolineare che la colonizzazione e le attività metaboliche avvengono all'interno del **biofilm** che, in questo caso, deve intendersi come la pellicola d'acqua che si crea attorno alle particelle della matrice solida di cui il biofiltro è costituito.

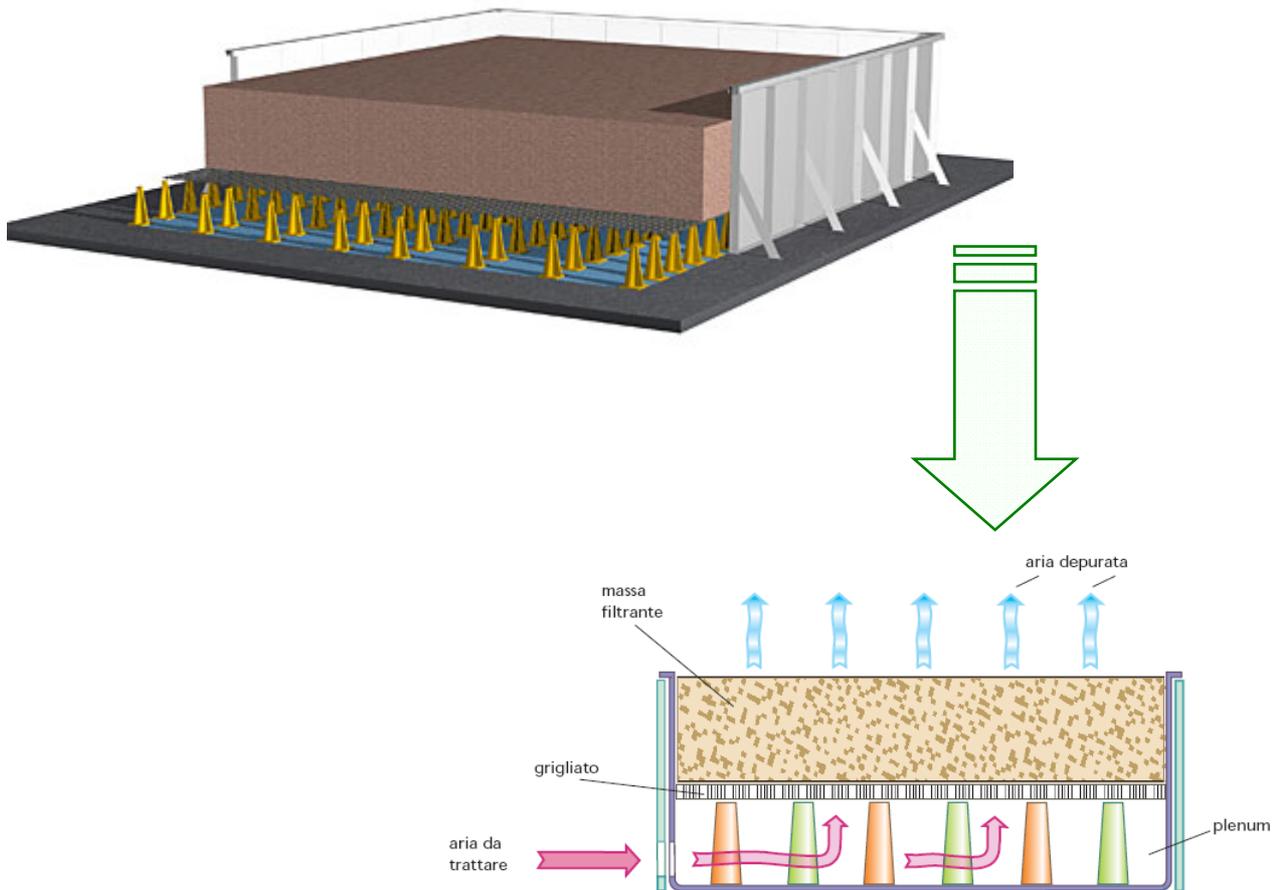


Figura 3: Particolare del sistema di distribuzione dell'aria al di sotto del biofiltro.

Prima dell'uscita dal letto filtrante, la corrente emissiva si arricchisce di CO_2 , degli altri composti volatili prodotti e del calore generato dalle reazioni biochimiche. I composti rimovibili con la biofiltrazione sono: ammoniaca, monossido di carbonio, acido solfidrico, acetone, benzene, butanolo, acetato di butile, dietilammina, disolfuro di metile, etanolo, esano, etilbenzene, butilaldeide, acetato, scatolo, indolo, metanolo, metiletilchetone, stirene, isopropanolo, metano, metilmercaptano, monoditriclorometano, monossido di azoto, tricloroetano, tetracloroetano, 2-etilesanolo, xilene.

	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) min - max	Efficienza (%) min - max	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) min - max	Efficienza (%) min - max	Concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) min - max	Efficienza (%) min - max
Acetaldeide	2100 - 2500	78 - 89	46 - 740	89 - 96	4.900 - 6.100	99
n -Butilacetato	150 - 425	97 - 99	30 - 120	83 - 96	170 - 980	73 - 99
Etilbenzene	250 - 310	12 - 42	60 - 190	27 - 61	250 - 740	16 - 43
2 - Etiltoluene	180 - 220	33 - 41	25 - 105	14 - 89	80 - 270	25 - 55
3,4 - Etilltoluene	480 - 640	23 - 45	70 - 260	38 - 96	230 - 1.000	48 - 77
Limonene	1.700 - 4.300	29 - 40	810 - 2.200	94 - 98	1.300 - 3.700	30 - 63
Toluene	490 - 550	16 - 39	130 - 280		460 - 1.000	7 - 36
m/p - Xylene	850 - 1.400	9 - 42	280 - 620	30 - 71	720 - 2.000	19 - 45
o - Xylene	260 - 290	23 - 41	60 - 150	7 - 63	160 - 650	20 - 45
Acetone	2.450 - 2.900	99 - 100	1.200 - 2.800	99 - 100	4.700 - 8.200	93 - 97
2 - Butanone	960 - 2.800	99 - 100	80 - 770	94 - 99	370 - 11.000	95 - 100
Etanolo	5.200 - 5.300	100	88 - 750	94 - 99	14.000 - 18.000	100
α - Pinene	370 - 700	8 - 44	280 - 790	53 - 83	560 - 930	5 - 39
β - Pinene	330 - 800	12 - 44	120 - 300	53 - 81	230 - 490	38 - 49

Fonte: "Best Available Techniques Reference Document for the Waste Treatments Industries" [132 UBA, 2003]

Figura 4: Efficienza di abbattimento dei biofiltri per alcuni intervalli di concentrazione tipici degli impianti di trattamento meccanico biologico.

Con la biofiltrazione si rimuovono i composti organici volatili e i composti ridotti dello zolfo e dell'azoto che vengono degradati sia come substrati primari che come metaboliti.

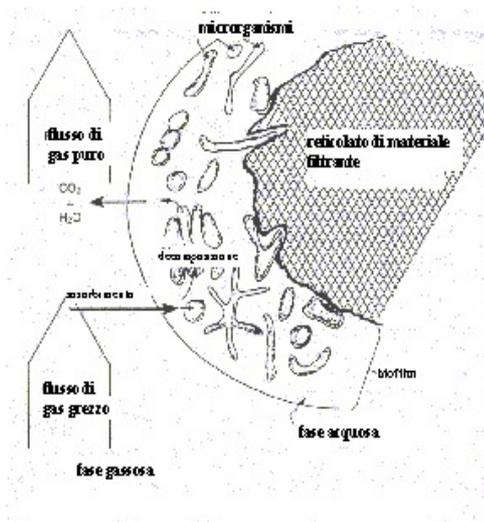
Al fine di ottenere una buona efficienza del biofiltro le sostanze da rimuovere devono avere due caratteristiche fondamentali:

- Facile biodegradabilità;
- Non tossicità per i microrganismi.

1.2 Stadi del processo

Il processo di biofiltrazione consta di tre stadi:

1. l'inquinante, contenuto nel flusso gassoso da depurare, attraversa l'interfaccia fra il gas di trasporto e il biofilm acquoso che circonda il mezzo solido;
2. il composto diffonde attraverso il biofilm in un consorzio di microrganismi acclimatati;
3. i microrganismi traggono energia dall'ossidazione del composto utilizzato come substrato primario, oppure lo metabolizzano attraverso vie enzimatiche alternative. Simultaneamente nel biofilm si verifica una diffusione e un consumo di nutrienti (come le forme prontamente disponibili del fosforo e dell'azoto) e di ossigeno.



Alcuni **sistemi di pretrattamento** si rivelano importanti per il corretto funzionamento di un biofiltro, tra questi possiamo annoverare:

1. **rimozione del particolato e/o eventuali aerosol grassi;**
2. **equalizzazione del carico:** le arie derivanti dai TMB possono avere concentrazioni di COV estremamente variabili in funzione della zona dell'impianto da cui provengono:

U.O.: Unità Olfattometriche

Area operativa	U.O. (m ³ /h)
Ricezione	470
Pretrattamento	142
Superficie dei cumuli (prima fase compostaggio)	2000 - 70000
Superficie dei cumuli (maturazione)	100 - 10000
Vagliatura	118
Aria in uscita dal biofiltro	< 200 - 300

Figura 5: Concentrazione di odore (espressa come U.O.) presente nelle arie provenienti dalle diverse fasi di un processo di compostaggio.

In questi casi, al fine di consentire un funzionamento ottimale e omogeneo del biofiltro, è necessario operare un'equalizzazione del carico inquinante ovvero una miscelazione delle arie provenienti dalle aree a diversa attività biologica.

3. **Regolazione della temperatura:** potrebbe essere necessario per raggiungere il range ottimale dell'attività batterica (optimum dei batteri mesofili=37°C). Come in tutti i sistemi biologici non occorre un controllo preciso della temperatura, in quanto il sistema, nel suo complesso, è versatile ed adattativo; il range ottimale di temperatura si ha comunque tra i **15 e i 40°C**;
4. **Umidificazione:** l'umidità è il parametro che in genere condiziona maggiormente l'efficienza di un biofiltro in quanto i microrganismi richiedono adeguate condizioni di umidità per il loro metabolismo.

Condizioni di scarsa umidità possono portare alla cessazione dell'attività biologica nonché al formarsi di zone secche e fessurate in cui l'aria scorre, in vie preferenziali, non trattata. E' buona norma, pertanto, installare in modo omogeneo sulla superficie del biofiltro degli irrigatori ad essa asserviti

Un biofiltro troppo umido provoca, al contrario, elevate contropressioni, problemi di trasferimento di ossigeno al biofilm, creazione di zone anaerobiche, lavaggio di nutrienti dal mezzo filtrante nonché formazione di percolato a basso pH ed alto carico inquinante che necessiterebbe di ulteriori adempimenti per il suo smaltimento.

Il contenuto di umidità ottimale del mezzo filtrante è nell'ordine del **40-60%**.

5. **Distribuzione del flusso gassoso:** è importante assicurare, per uniformare l'alimentazione del carico inquinante al biofiltro, un'omogenea distribuzione del flusso attraverso:

1. la predisposizione di un sistema di distribuzione efficace al di sotto del letto di biofiltrazione;
2. la prevenzione del compattamento della biomassa filtrante per evitare una "cortocircuitazione" delle arie.

A tal proposito, **indagini anemometriche** periodiche sulla superficie del biofiltro si rivelano **decisive** per controllare la uniforme distribuzione dell'alimentazione del biofiltro.

1.3 Componenti costruttivi

Costruttivamente nei biofiltri si individuano i seguenti componenti:

1. Una struttura di contenimento

Per la realizzazione delle strutture di contenimento sono utilizzati diversi materiali e soluzioni che vanno dal legno e calcestruzzo ai più moderni sistemi modulari prefabbricati in metallo o calcestruzzo.

2. Un sistema di diffusione dell'aria

Tutti i sistemi prevedono accorgimenti atti a contenere o eliminare le vie preferenziali di attraversamento da parte dell'effluente gassoso.

Al fine di migliorare la diffusione e il drenaggio, la distribuzione dell'aria può essere realizzata mediante una rete di tubi forati posta al di sotto del letto filtrante e solitamente annegata in un bacino di materiale inerte.

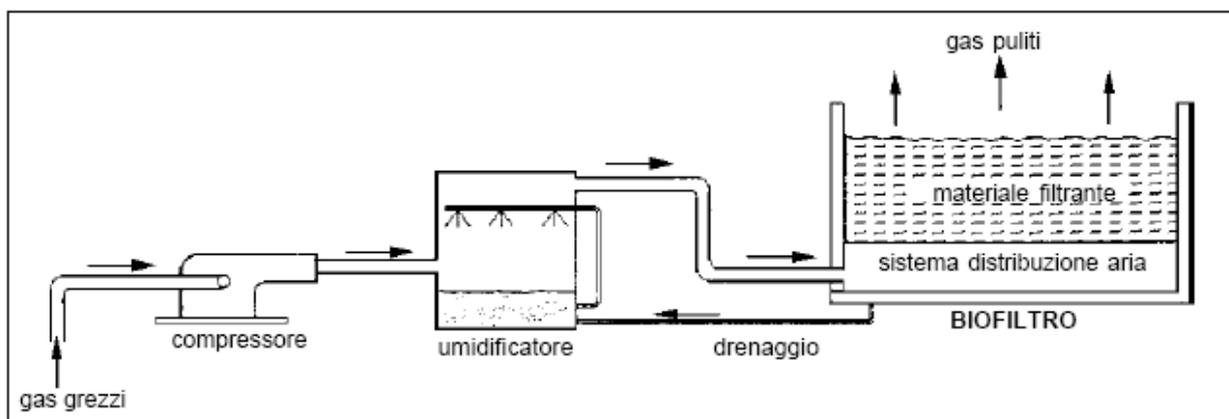


Figura 6: Percorso del gas da trattare in ingresso al biofiltro.

3. Un letto filtrante

I letti filtranti possono essere grossolanamente suddivisi in funzione del tipo di materiale utilizzato per favorire la crescita e l'attività metabolica dei batteri.

Si possono distinguere biofiltri con letto filtrante di origine naturale a base di torba e biofiltri costituiti da materiale inerte, molto meno diffusi dei precedenti perchè di più recente applicazione. In questo ultimo caso i letti vengono bagnati di continuo per favorire il mantenimento di un'adeguata carica batterica. Le proprietà richieste ad una buona miscela filtrante sono:

- Ambiente microbico ottimale;
- Ampia area superficiale specifica;
- Integrità strutturale;
- Elevata umidità;
- Elevata porosità (80-90 %)
- Bassa densità volumetrica.
- Capacità di ritenzione idrica (umidità 40-60%)

Il compost, le torbe e le cortecce possiedono molte delle caratteristiche sopra menzionate. Qualora si utilizzi il compost esso deve essere di grossa pezzatura, privo di componente polverosa ed estremamente leggera: per tale motivo si utilizza normalmente compost ottenuto da potature triturate. Inoltre, tale materiale filtrante ha il vantaggio di fornire minori resistenze al passaggio del gas e quindi presenta perdite di carico inferiori.

Tali proprietà influiscono sensibilmente sull'efficienza del biofiltro e sui costi di gestione, fornendo minori perdite di carico del sistema e quindi minori consumi energetici e un numero inferiore di interventi di manutenzione necessari a ripristinare le originarie condizioni di porosità.

4. Un sistema per il mantenimento dell'umidità del letto.

Come già precedentemente illustrato, ogni biofiltro deve essere dotato di un idoneo sistema per il mantenimento dell'umidità del letto in quanto fattore determinante per il suo funzionamento.

La quota d'acqua da apportare per ogni metro cubo di biofiltro si stima compresa fra i 40 e i 60l/giorno (carico specifico $100\text{Nm}^3/\text{m}^2\text{h}$; altezza del letto 1 m).

L'apporto di umidità può avvenire attraverso sistemi di distribuzione sulla superficie o in misura variabile attraverso la stessa aria da filtrare.

1.4 Parametri di dimensionamento

La tecnologia costruttiva di base risulta molto semplice e sono relativamente poco numerose le variabili progettuali e operative che ne condizionano il buon funzionamento.

Sotto il profilo del dimensionamento, assume importanza :

1. **Carico specifico superficiale:** tale parametro esprime il flusso di gas che attraversa l'unità di superficie (sezione) del biofiltro, viene espresso in ($\text{Nm}^3/\text{m}^2 \text{ h}$), ed è generalmente inferiore ai $200 \text{ Nm}^3/\text{m}^2 \text{ h}$.
2. **Carico specifico volumetrico:** inteso come quantitativo di aria da trattare nell'unità di tempo e per unità di volume di biofiltro. Anche se sono stati riportati casi di buona efficienza di letti filtranti con carichi specifici fino a $400 \text{ Nm}^3/\text{m}^3 \text{ h}$, i carichi specifici consigliati vanno da 50 a $200 \text{ Nm}^3/\text{m}^3 \text{ h}$. Questo parametro è indirettamente collegato al tempo medio di residenza dell'aria all'interno del letto.
3. **Tempo medio di residenza:** è il tempo di residenza del flusso gassoso nel biofiltro. Un valore adeguato del tempo di residenza è necessario per permettere il trasporto e la degradazione degli inquinanti.

Tale tempo di residenza è calcolato mediante la seguente formula

$$\text{Tr(s)} = \frac{3600}{\text{Cs}}$$

dove:

Tr = tempo di residenza

Cs = carico specifico volumetrico.

4. **Carico volumetrico:** è definito come la massa di COV che arriva al biofiltro, per unità di volume di mezzo filtrante, nell'unità di tempo ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$). In impianti di compostaggio il carico viene espresso in U.O. (unità olfattometriche).
5. **Capacità di rimozione:** è la misura della rimozione dei COV da parte di un determinato carico volumetrico ($\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}^{-1}$), ovvero indica il quantitativo di COV(g), che può essere trattenuto nel mezzo filtrante (m^3) nell'unità di tempo(h). La capacità di rimozione è funzione del carico volumetrico, del tempo di residenza medio, del tipo di mezzo, delle caratteristiche dei COV e delle condizioni ambientali.
6. **Altezza del letto:** le altezze del letto filtrante che più hanno trovato applicazioni sono comprese fra 1 e 2 m. Altezze superiori darebbero origine a incrementi di perdite di carico e maggiori difficoltà di distribuzione dell'umidità senza migliorarne significativamente l'efficienza, al contrario, altezze inferiori non assicurerebbero un tempo di residenza adeguato.

1.5 Dotazioni impiantistiche minime e condizioni operative ottimali.

Le dotazioni impiantistiche minime e le condizioni di funzionamento ottimali sono:

1. Rimozione del particolato e grassi dalla corrente gassosa da trattare
2. Sistema di umidificazione del biofiltro tale da garantire che l'umidità relativa del mezzo filtrante sia in un range del 40-60%.

- 3.** Equalizzazione delle arie inviate al sistema di filtrazione al fine di assicurare un funzionamento ottimale della massa filtrante.
- 4.** Omogenea distribuzione del flusso attraverso un adeguato sistema di distribuzione del flusso.
- 5.** Adeguata capacità tampone del mezzo filtrante in modo da prevenire fenomeni di acidificazione.
- 6.** Adeguata umidità relativa dell'aria in ingresso al biofiltro (il valore ottimale è circa 95%).
- 7.** Efficienza di abbattimento minima del 99%, in modo tale da assicurare un valore in uscita dal biofiltro inferiore o uguale a 300 U.O.
- 8.** Predisposizione del letto di biofiltrazione atto ad evitare fenomeni di canalizzazione dell'aria dovuti ad effetto bordo.
- 9.** Costruzione di ogni singola unità di biofiltrazione con almeno **3 moduli**, singolarmente disattivabili in sede di manutenzione straordinaria, con particolare riferimento al cambiamento del mezzo filtrante.
- 10.** Tempo di contatto degli effluenti (tempo di residenza) non inferiore a 36 secondi (tempo ottimale 45 sec).
- 11.** Altezza del letto di biofiltrazione compresa fra 100 e 200 cm
- 12.** Adeguato dimensionamento della portata oraria specifica in modo da garantire l'abbattimento del carico odorigeno delle aree da trattare. Il valore di riferimento per la portata specifica riportato nella norma regionale è $80-100\text{Nm}^3\text{h}^{-1}\text{m}^{-3}$, dai dati reperiti in letteratura **80** è indicato quale **valore ottimale**.
- 13.** Dimensionamento del sistema di convogliamento degli effluenti aeriformi che tenga conto delle perdite di carico dovute all'eventuale impaccamento delle torri ad umido e/o della porosità del mezzo filtrante.
- 14.** L'eventuale copertura-chiusura fissa o mobile può essere prevista in funzione delle seguenti condizioni:
 - A.** Vicinanza di un centro urbano ancorché l'impianto sia dislocato in zona industriale
 - B.** Vicinanza di un centro urbano anche se l'impianto è dislocato in zona agricola
 - C.** Dislocazione in località ad elevata piovosità media (acqua meteorica > 2000 mm/anno).

2 PIANO DI MONITORAGGIO E CONTROLLO

Il piano di monitoraggio e controllo dovrà prevedere la verifica del rispetto dei valori limite nonché delle condizioni operative ottimali. Inoltre, in sede autorizzatoria, sarà verificata l'adeguatezza delle dotazioni impiantistiche minime e la loro rispondenza alle MTD.

2.1 Valori limite, parametri di monitoraggio e frequenza degli autocontrolli delle emissioni provenienti dal biofiltro.

In riferimento alle norme vigenti, alle migliori tecniche disponibili e alle considerazioni precedentemente esposte si propongono i limiti e i parametri tecnici riportati nelle tabelle seguenti.

PARAMETRI SOTTOPOSTI A CONTROLLO TRIMESTRALE

PARAMETRO	VALORE LIMITE	METODICA
CONTROLLI A VALLE DEL BIOFILTRO		
Mappatura delle velocità	/	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.1
Individuazione dei punti di prelievo	/	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.2.
NH ₃ (mg/Nmc)	5	unichim 632
H ₂ S (mg/Nmc)	3,5	Niosh 6013
COT (mg/Nmc)	50	UNI EN 12619
U.O.	300	EN 13725
CONTROLLO DEL FUNZIONAMENTO DEL BIOFILTRO		
Carico specifico medio	$\leq 80 \text{ Nm}^3/\text{h} \cdot \text{m}^3$	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.7
Tempo di residenza medio	$> 36 \text{ s}$	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.8
Efficienza media di abbattimento	99%	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.9
Umidità BIOFILTRO	40-60%	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.10
CONTROLLI A MONTE DEL BIOFILTRO		
U.O.		EN 13725

Tabella 3: Valori limite e valori guida relativi agli autocontrolli trimestrali.

PARAMETRI SOTTOPOSTI A CONTROLLO IN CONTINUO

PARAMETRO	VALORE LIMITE	METODICA
CONTROLLI A VALLE DEL BIOFILTRO		
Temperatura BIOFILTRO	15-40°C	Modalità riportata nel paragrafo 2.4.1
CONTROLLI A MONTE DEL BIOFILTRO		
Umidità superficiale BIOFILTRO	95-100%	Modalità riportata nel paragrafo 2.4.2
pH	5-7	Modalità riportata nel paragrafo 2.4.3
Umidità corrente gassosa in ingresso al BIOFILTRO	95-100%	Modalità riportata nel paragrafo 2.4.4

Tabella 4: Valori guida relativi ai parametri sottoposti a controllo in continuo.

2.2 Requisiti e modalità per il controllo

- Gli inquinanti ed i parametri, le metodiche di campionamento e di analisi, le frequenze ed i punti di campionamento devono rispettare quanto riportato nella **Tabella 3**
- I controlli dovranno essere eseguiti nelle più gravose condizioni di esercizio dell'impianto.
- I punti di emissione devono essere chiaramente identificati mediante apposizione di idonee segnalazioni.
- L'accesso ai punti di prelievo deve essere sempre garantito e deve possedere i requisiti di sicurezza previsti dalle norme vigenti.

I risultati delle analisi eseguiti sulle emissioni devono riportare i seguenti dati:

- a. Concentrazione degli inquinanti espressa in mg/Nm^3 ;
- b. Portata dell'aeriforme espressa in Nm^3/h ;
- c. Il dato di portata deve essere riferito alle condizioni di normalità ($273,15 \text{ °K}$ e $101,323\text{kPa}$);
- d. Temperatura dell'aeriforme espressa in $^{\circ}\text{C}$;
- e. Ove non indicato diversamente, il tenore dell'ossigeno di riferimento è quello derivante dal processo.

2.3 Parametri sottoposti a controllo trimestrale

CONTROLLI A VALLE DEL BIOFILTRO

Per ogni campagna di monitoraggio sarà effettuata:

- la mappatura delle velocità,
- la scelta dei punti dove effettuare il prelievo,
- il campionamento degli effluenti.

2.3.1 Mappatura delle velocità.

Prima di procedere all'effettuazione dei campionamenti è necessario verificare l'assenza di flussi preferenziali mediante il riscontro dei valori delle velocità in uscita dell'effluente.

I valori di velocità dovranno essere rilevati, mediante anemometro allocato nel punto di prelievo di una cappa acceleratrice (**vedi paragrafo 3**), su sub_aree opportunamente individuate secondo i criteri di seguito descritti.

Divisione in AREE.

Preliminarmente la superficie del biofiltro sarà suddivisa in aree. La divisione in aree di opportune dimensioni è finalizzata ad impedire che, in presenza di grosse superfici, i campionamenti possano localizzarsi solo in alcune porzioni del biofiltro.

Pertanto, qualora la superficie dei moduli filtranti fosse superiore a **100 mq**, si procederà alla suddivisione del modulo in un numero di aree tale che la superficie da indagare sia $\leq 100\text{mq}$. In tutti gli altri casi le aree da indagare coincideranno con i moduli filtranti.

Ad esempio, supponendo di dover controllare un biofiltro costituito da un unico modulo filtrante di superficie pari a 180mq, sarà necessario suddividerlo in 2 aree ciascuna da 90 mq.

Se al contrario il biofiltro fosse costituito da 3 moduli filtranti da 60 mq ciascuno, le aree da indagare coinciderebbero con i moduli filtranti.

Individuate le aree le stesse saranno suddivise in sub_aree.

Divisione in sub_aree

Per ogni area sarà individuato un numero di sub_aree pari al valore dato dalla seguente formula:

Formula 1 $N = 0,2 * S$

Dove:

N = numero sub_aree

S = superficie dell'area

Le sub aree dovranno essere delimitate in maniera tale da approssimarle il più possibile ad una forma quadrata al fine di individuare nell'area considerata una griglia che permetta la formazione di una scacchiera.

Esempio 1: Superficie biofiltro con modulo di 50 mq (10*5)

Si individuano il numero delle sub_aree

$$N = 0,2 * 50 = 10.$$

Ottenuto il numero delle sub_aree, le stesse saranno delimitate in maniera tale da approssimarle il più possibile ad una forma quadrata es. 2*2,5.

	a	b	c	d	e
1	a1	b1	c1	d1	e1
	5 mq				
2	a2	b2	c2	d2	e2
	5 mq				

Sulla griglia ottenuta tracciamo una scacchiera come da figura seguente:

	a	b	c	d	e
1	a1	b1	c1	d1	e1
2	a2	b2	c2	d2	e2

Individuata la scacchiera, la determinazione delle velocità sarà effettuata operando o sulla scacchiera bianca o su quella gialla, nel nostro caso supponiamo di operare nelle sub_ree colorate in giallo (pertanto sul 50% delle sub_ree individuate).

Determinate le velocità nelle sub_ree considerate si compilerà la seguente tabella (riportata anche in allegato).

N.	codice campione	area	sub_area	velocità (m/s) (al punto di prelievo della cappa)
		1	a1	1,1
		1	c1	0,9
		1	e1	1,2
		1	b2	0,6
		1	d2	1,4
VELOCIA' MEDIA DELL'AREA				1,04

Tabella 5: Mappatura delle velocità.

Esempio 2: Superficie biofiltro = 180 mq (60*3 mq)

In questo caso il biofiltro è costituito da un unico modulo filtrante da 180 mq. Poiché la superficie delle aree non dovrà essere superiore a 100mq, il biofiltro sarà idealmente suddiviso in due aree da 90 mq (30*3). Pertanto si avrà la seguente ripartizione:



Figura 7 Sono state individuate due aree da 90 mq.

Si procederà poi, come precedentemente descritto, all'individuazione delle sub_ree, il cui numero è dato dalla formula:

$$N = 0,2 * 90 = 18.$$

Ogni sub_area avrà una superficie di 5 mq (3,3*1,5) e le misurazioni di velocità saranno effettuate, secondo un criterio a scacchiera, nelle sub_ree colorate in giallo.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t
1	a1	b1	c1	d1	e1	f1	g1	h1	i1	l1	m1	n1	o1	p1	q1	r1	s1	t1
2	a2	b2	c2	d2	e2	f2	g2	h2	i2	l2	m2	n2	o2	p2	q2	r2	s2	t2

Figura 8: Sono state individuate 18 sub_ree da 5 mq per ogni area. In totale, relativamente al modulo filtrante sono state individuate 36 sub_ree.

Una volta eseguita la mappatura delle velocità si procederà al calcolo della velocità media delle singole aree.

N. biofiltro	codice campione	area	sub area	velocità (m/s) (al punto di prelievo della cappa)
		1	a1	1,1
		1	c1	0,9
		1	e1	1,2
		1	g1	0,6
		1	i1	0,7
		1	b2	1,5
		1	d2	1,9
		1	f2	0,9
		1	h2	0,88
		2	m1	1
		2	o1	1,3
		2	q1	1,7
		2	s1	0,9
		2	l2	0,55
		2	n2	1,38
		2	p2	1,1
		2	r2	0,7
		2	t2	1,3
VELOCITA' MEDIA DELLE AREE				1,09

Tabella 6: Mappatura delle velocità.

2.3.2 Individuazione delle subree su cui effettuare il prelievo.

Una volta eseguita la mappatura delle velocità dell'effluente si procederà all'effettuazione del campionamento delle emissioni

Il criterio che si è scelto di adottare è il seguente:

- Per ogni campagna di monitoraggio (4 l'anno) dovranno essere individuate scacchiere alterne su cui misurare la velocità. (ad esempio nei casi previsti precedentemente 1° campagna scacchiera gialla, 2° campagna scacchiera bianca, 3° campagna scacchiera gialla, 4° campagna scacchiera bianca.)
- Nel corso di ogni campagna di monitoraggio, per ogni scacchiera individuata nella propria area di appartenenza, dovrà essere sempre effettuato un numero di campionamenti pari al 50% delle sub_aree risultanti, scegliendo quelle a velocità più elevata.

Tale procedura comporterà che ogni anno sarà effettuato un numero di campionamenti pari al totale delle sub_aree individuate per ogni area.

2.3.3 Campionamenti delle emissioni

I campionamenti saranno eseguiti in corrispondenza del centro delle sub_aree precedentemente individuate, come riportato al **paragrafo 2.3.2**, e dovranno essere effettuati seguendo le norme di buona tecnica adottate per le emissioni convogliate utilizzando un camino acceleratore come descritto al **paragrafo 3**

2.3.4 Determinazioni analitiche di NH₃, H₂S, COT.

Per la determinazione dell'**ammoniaca ed acido solfidrico** si farà riferimento ai metodi UNICHIM riportati in **Tabella 3**.

Quale ulteriore indicatore (rispetto alle misure olfattometriche) della presenza di COV (metanici e non) nelle emissioni gassose si è deciso di monitorare il contenuto di **COT**, anche in questo caso si rimanda alla metodica UNICHIM riportata in **Tabella 3**.

2.3.5 Misura U.O.: Concentrazione di odore delle emissioni

La valutazione dei composti organici odorigeni verrà eseguita in base ai principi **dell'olfattometria**. La valutazione olfattometrica dovrà essere effettuata secondo le procedure previste dalla metodica **UNI EN 13725:2004** – "Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica".

CONTROLLO PARAMETRI DI FUZIONAMENTO DEL BIOFILTRO

2.3.6 Velocità media del modulo filtrante alla superficie

Effettuata la mappatura delle velocità medie delle singole aree (**vedi paragrafo 2.3.1**) con misure di velocità che, si ricorda, vengono eseguite nel punto di prelievo situato nella canna fumaria della cappa acceleratrice, al fine di verificare i parametri di funzionamento del biofiltro è necessario riferire tale velocità media alla superficie di tutto il modulo filtrante. Tale dato, indicato con \bar{v} , sarà calcolato moltiplicando 0,0176 (**vedi paragrafo 3**) per la velocità media delle aree (**vedi tabella 5 o 6**)

2.3.7 Carico specifico medio

Per il calcolo del carico specifico medio dato dalla formula

Formula 2
$$Cs = \frac{Q}{V}$$

è necessario conoscere il volume, la portata volumetrica oraria, e quindi, la velocità media del flusso gassoso in uscita dalla superficie del biofiltro. A tal proposito siano:



S = superficie geometrica del biofiltro (m^2);

d = altezza del biofiltro (m);

V = volume biofiltro (m^3);

\bar{v} = velocità media modulo filtrante (m/s);

Q = portata volumetrica (Nm^3/h);

Note le caratteristiche geometriche del biofiltro è noto il volume:

Formula 3
$$V = S \cdot d$$

Determinata la velocità media della corrente in uscita dal biofiltro (\bar{v}) è possibile determinare la portata volumetrica oraria che sarà uguale a:

Formula 4
$$Q\left(\frac{Nm^3}{m^3h}\right) = \bar{v} \cdot S \cdot 3600.$$

E' ora possibile determinare il carico specifico medio e verificare che esso sia conforme al

valore guida proposto $\leq 80 \frac{Nm^3}{m^3h}$

Poiché $Cs = \frac{Q}{V}$

Sostituendo a Q la **Formula 4** e a V la **Formula 3** si avrà:

Formula 5
$$Cs = \frac{Q}{V} = \frac{\bar{v} \cdot S \cdot 3600}{S \cdot d} \leq 80 \frac{Nm^3}{m^3h}$$

2.3.8 Verifica del tempo di residenza medio.

Il tempo di residenza medio (Tr) per definizione è dato dalla seguente formula:

Formula 6:
$$Tr = \frac{\text{VOLUME}}{\text{PORTATA}} = \frac{V}{Q}$$

Tale definizione coincide con il reciproco del carico specifico medio (vedi **Formula 5**), pertanto avremo che:

Formula 7
$$Tr[h] = \frac{1}{Cs}$$

Essendo il carico specifico medio riferito all'ora, anche il Tempo di residenza deve intendersi riferito all'ora; pertanto al fine di esprimere il tempo di residenza in secondi sarà sufficiente moltiplicare la **Formula 7** per 3600 e ottenere la **Formula 8**:

Formula 8
$$Tr[s] = \frac{3600}{Cs} > 36s$$

Il tempo di residenza medio può essere calcolato anche direttamente dalla velocità media della corrente gassosa, infatti essendo $\bar{v} = \frac{\text{spazio_percorso}}{\text{tempo}}$ ed essendo lo spazio percorso uguale

allo spessore del biofiltro (d) e il tempo uguale al tempo di residenza medio (Tr) si avrà che:

Formula 9
$$Tr = \frac{d}{\bar{v}} > 36 s$$

2.3.9 Efficienza di abbattimento.

L'efficienza di abbattimento sarà monitorata confrontando le U.O. a monte e a valle del biofiltro. Tale parametro è un importante indicatore sia delle condizioni operative del biofiltro che della sua durata temporale. Infatti, una brusca diminuzioni dell'efficienza di abbattimento potrà richiedere o una modifica delle condizioni operative o l'inoculo di nutrienti o addirittura la sostituzione del biofiltro.

Formula 10
$$\text{EFFICIENZA} = \frac{\text{U.O.valle}}{\text{U.O.monte}} * 100 > 99\%$$

Pertanto, come riportato in **Tabella 3**, per ogni campagna di monitoraggio sarà necessario effettuare un **campionamento** anche **a monte** del biofiltro ed effettuare la determinazione delle U.O.

A tale scopo la condotta di adduzione al presidio depurativo dovrà essere equipaggiata con opportuno punto di prelievo.

2.3.10 Controllo dell'umidità del letto del biofiltro

Il livello di umidità del letto non può essere monitorato in continuo, in quanto non esistono sistemi adatti al rilevamento di tale parametro all'interno di un mezzo eterogeneo quale il sistema del letto filtrante. Eventuali sonde, infatti, misurerebbero semplicemente l'umidità

dell'atmosfera presente negli interstizi, senza fornire valori attendibili dell'umidità effettiva del letto. Per questo motivo l'umidità del letto del biofiltro sarà controllata periodicamente tramite un programma di campionamenti puntuali del materiale stesso.

Tali campionamenti verranno effettuati prelevando una parte del materiale filtrante a 20 e 50cm di profondità in 5 punti distinti del letto filtrante opportunamente scelti in maniera rappresentativa.

Tutte le porzioni prelevate verranno mescolate insieme per poi procedere, tramite inquarteramento, all'ottenimento di un campione rappresentativo di ciascun modulo filtrante da inviare in laboratorio per la determinazione dell'umidità. La determinazione sarà effettuata ponendo in forno, a 105°C per 45 minuti, una quota del campione. Si estrarrà il campione dal forno e lo si porrà all'interno di un essiccatore per 30 minuti, in modo da raffreddarlo senza che riassorba umidità dall'esterno. Si eseguirà quindi la pesata nel minor tempo possibile e si ripeterà l'operazione fino a peso costante.

Il valore ottimale di umidità da rispettare è compreso tra 40-60%.

CONTROLLI A MONTE DEL BIOFILTRO

2.3.11 Misura U.O.: Concentrazione di odore delle emissioni

Per ogni campagna di monitoraggio dovrà essere effettuata la valutazione dei composti organici odorogeni, in base ai principi **dell'olfattometria**, a monte del presidio depurativo. La valutazione olfattometrica dovrà essere effettuata secondo le procedure previste dalla metodica **UNI EN 13725:2004** – "Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica".

2.4 Parametri sottoposti a controllo in continuo

Ciascun biofiltro dovrà essere dotato di strumentazione automatica per la misura della temperatura, dell'umidità nella condotta di adduzione, dell'umidità superficiale e del pH.

Tutti i parametri per cui è prevista la misurazione in continuo devono essere registrati ed archiviati in via informatica.

CONTROLLI A VALLE DEL BIOFILTRO

2.4.1 Temperatura

Per il rilievo in continuo della temperatura dei biofiltri si utilizzeranno sonde appropriate poste sul letto filtrante.

Il range di temperatura che bisognerà rispettare è compreso tra 15 e 40°C, dal momento che questi valori sono ottimali, almeno dal punto di vista termico, per l'attività degradatoria dei microrganismi aerobi presenti nel letto del biofiltro. Temperature non ottimali, infatti, rallenterebbero le reazioni di degradazione.

2.4.2 Umidità superficiale

La misura in continuo dell'umidità superficiale del biofiltro dovrà essere effettuata tramite un trasduttore di umidità. Il valore di umidità relativa dovrà essere al di sopra del 95%: se si registra un valore inferiore al 95%, si dovrà procedere con la umidificazione del biofiltro per circa 30-60 minuti.

In generale la quantità di acqua necessaria a mantenere un livello ottimale di umidità è stimata in fase progettuale ed è un parametro presente nella letteratura di settore (40-60 litri al giorno per metro cubo di biofiltro).

2.4.3 pH

Per la misurazione in continuo del pH si potrà procedere con un pHmetro posizionato direttamente nei pozzetti di raccolta del percolato dei biofiltri, considerata la difficoltà di effettuare tale determinazione direttamente sul materiale filtrante del biofiltro essendo lo stesso costituito da matrice solida.

CONTROLLI A MONTE DEL BIOFILTRO

2.4.4 Umidità della corrente gassosa in ingresso al biofiltro.

Per ogni campagna di monitoraggio sarà effettuato un controllo della corrente gassosa a monte del biofiltro, pertanto la condotta di mandata dovrà essere attrezzata con opportuno punto di prelievo.

Tale controllo potrà essere effettuato mediante trasduttore di umidità allocato o nella condotta di adduzione del biofiltro o nei plenum di distribuzione.

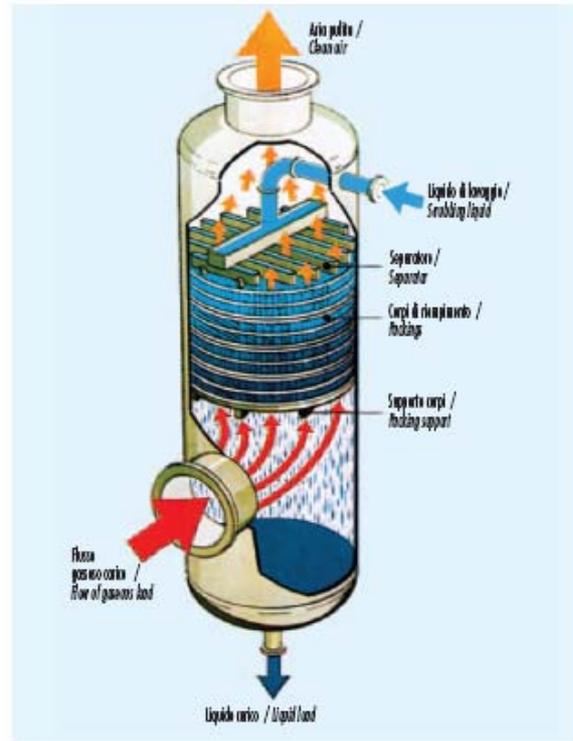


Figura 9: Particolare di scrubber asserviti agli impianti di trattamento meccanico biologico. Dettaglio costruttivo di uno scrubber.

Tale riscontro ha lo scopo di verificare:

1. **l'efficienza di abbattimento del biofiltro:** infatti il confronto fra le U.O. a monte e a valle del presidio depurativo consentirà di valutare l'efficienza di abbattimento del presidio stesso. (vedi **Formula 10**)
2. **l'umidità relativa della corrente di ingresso al biofiltro:** come è stato rilevato, la corrente in ingresso al biofiltro deve essere prossima alla saturazione. (U.R.= min 95%).

Dati di monitoraggio esistenti rivelano che le arie che derivano dalla biossificazione dei cumuli sono nella maggior parte dei casi già sature e pertanto non necessitano di un'ulteriore umidificazione.

Nel caso in cui i dati riscontrati durante il funzionamento dell'impianto rilevassero un tenore di umidità inadeguato, si potrà optare per uno scrubber ad acqua la cui funzione principale è quella di umidificare la corrente gassosa che contribuirà, anche se in misura ridotta, ad abbattere i COV non metanici (e di conseguenza a ridurre le U.O.). L'entità di abbattimento di tale scrubber in termini di COV, data la scarsa solubilità dei composti organici in acqua, è stimata intorno al 10% e tale abbattimento è dovuto principalmente a fenomeni di trascinalimento più che di assorbimento vero e proprio.

Diversamente, laddove l'esigenza di umidificare sia accompagnata dalla necessità di un ulteriore abbattimento dei composti organici volatili, prima dell'ingresso al biofiltro, si potrà optare per uno scrubber avente quale bagno di lavaggio acqua additivata di reagenti chimici

(acidi – H_2SO_4 , basici - NaOH , ossidativi – H_2O_2). In tal caso occorrerà predisporre un **demister**, a valle dello scrubber, per contrastare eventuali trascinamenti degli additivi chimici che andrebbero a compromettere la funzionalità della massa filtrante.

Poiché la produzione delle acque esauste provenienti dagli scrubber potrebbe ingenerare evidenti problemi gestionali, si ritiene di non dover prescrivere a priori l'installazione di uno scrubber a umido, tenuto conto che possono verificarsi problemi di intasamenti e di ricircolo delle acque dovuti allo sviluppo di flora batterica, oltre che produzione di acque maleodoranti. Pertanto dovrà essere valutato caso per caso, in relazione alle caratteristiche delle arie da trattare e delle prescrizioni da rispettare, l'opportunità di installare tale presidio.

3 Attrezzatura necessaria al campionamento da biofiltro.

Dal momento che la velocità della corrente gassosa in uscita dal biofiltro è talmente bassa da non consentirne una misurazione precisa, è necessario utilizzare un camino acceleratore (cappa statica).

3.1 Descrizione della CAPPa

Si propone di utilizzare una cappa a base quadrata in acciaio inox, con bocca di presa di 1 m^2 (sezione S1) e camino acceleratore avente una sezione di uscita di diametro di 150 mm (corrispondente ad una sezione $S2 = 0,0176 \text{ m}^2$).

Il tronco di piramide della cappa dovrà avere un' altezza di 740 mm e un' apotema di 856 mm. Al di sopra del tronco di piramide sarà posizionato un cilindro metallico di altezza di 1650 mm e, ad una distanza pari a 1200 mm dalla base del cilindro stesso, sarà realizzato il punto di prelievo costituito da un tronchetto a norma UNI avente diametro di 10 cm. In posizione diametralmente opposta a tale tronchetto sarà realizzato un ulteriore punto di prelievo del diametro di 2 cm per effettuare misure anemometriche. Ogni punto di prelievo dovrà essere equipaggiato di chiusura metallica a vite.

Il dettaglio assonometrico della cappa è riportato in allegato .

3.2 Caratteristiche dell'anemometro

Per la determinazione della velocità al punto di prelievo è necessario utilizzare un **anemometro ad elica** con le seguenti caratteristiche:

- precisione $\pm 0,1 \text{ m/s}$
- limite di rilevabilità $0,1 \text{ m/s}$.

3.3 Stima della velocità dell'effluente in uscita dal biofiltro

Nelle condizioni di usuale dimensionamento dei biofiltri la velocità nel camino acceleratore si attesta nel campo di moto laminare e pertanto si può assumere che la perdita di carico nel camino acceleratore sia trascurabile.

L'ipotesi di **moto laminare** porta a considerare la velocità tangente alla traiettoria e quindi normale alla sezione del filetto considerato.

Per poter semplificare l'equazione di continuità e poter agevolmente calcolare la velocità di uscita dal biofiltro è necessario ipotizzare la sussistenza del **regime stazionario**, la qual cosa equivale a dire che le grandezze fisiche: pressione, velocità, densità, sono costanti nel tempo alla generica sezione considerata.

Pertanto posto:

S1: (sezione quadrata - ingresso cappa)

S2: (sezione circolare al punto di prelievo)

ρ_1 :densità dell'effluente alla sezione 1

ρ_2 : densità dell'effluente alla sezione 2

v_1 : velocità alla sezione 1

v_2 : velocità alla sezione 2

Nelle condizioni di flusso laminare e regime stazionario l'equazione di continuità (conservazione della massa) diventa:

Formula 11 $\rho_1 S_1 v_1 = \rho_2 S_2 v_2$

Tale equazione può essere ulteriormente semplificata ipotizzando che il fluido sia incompressibile, o meglio assumendo che non vi siano variazioni di densità lungo la cappa. Tale assunzione è senza dubbio valida date le condizioni di isothermicità del flusso.

L'equazione di continuità quindi viene così semplificata:

Formula 12 $v_1 S_1 = v_2 S_2$.

Pertanto, nel caso di flusso stazionario e incompressibile, la velocità di flusso è inversamente proporzionale alla sezione del condotto, quindi:

Formula 13 $v_1 = v_2 * \frac{S_2}{S_1}$

Nel caso specifico note le dimensioni delle sezioni si ha che:

Formula 14 $v_1 = v_2 * \frac{S_2}{S_1} = v_2 * \frac{0,0176}{1} = 0,0176 * v_2$

La determinazione della velocità in uscita dalla superficie del biofiltro è necessaria per poter verificare i seguenti parametri di funzionamento: carico specifico medio e tempo di residenza medio. (paragrafi 2.3.7 e 2.3.8).

N.B.

Per l'individuazione delle sub_aree su cui eseguire i prelievi (vedi paragrafo 2.3.2) è sufficiente considerare la sola velocità riscontrata al punto di prelievo della cappa, che, di per sé, è già indicativa della velocità che si riscontrerebbe sulla superficie considerata.



Figura 10: Particolare della cappa statica e dei fogli di materiale plastico da disporre intorno alla bocca di presa.

Durante l'effettuazione del campionamento può essere necessario disporre di fogli di materiale plastico da posizionare intorno alla cappa al fine di escludere la miscelazione dell'aria proveniente dal biofiltro con quella esterna che proviene dai lati della base della cappa stessa, ed evitare, quindi, un effetto di diluizione e alterazione della velocità misurata.

3.4 Presentazione dei risultati

Nel registro dei risultati (**vedi allegati**) dovranno essere riportati i dati relativi allo stato dell'impianto e le modalità operative del campionamento.

4 Criteri generali di misura delle immissioni

A volte, pur in presenza del rispetto dei valori-limite delle emissioni da parte dei sistemi di presidio ambientale, si rilevano situazioni controverse con segnalazione di odori molesti in prossimità dell'impianto. Verosimilmente, in tali casi, l'odore è dovuto ai contributi, singoli od in combinazione, di altre potenziali fonti presidiate (es. zone di ricezione durante l'apertura dei portali di scarico) o non presidiate (es. maturazione, pozze di percolato sui piazzali esterni, ecc.)

Allo scopo di individuare oggettivamente i contributi delle diverse fonti, concentrando e accelerando gli sforzi tecnologici e gestionali intesi a superare le criticità emerse, possono

essere utilizzati a scopo diagnostico alcune metodiche volte alla caratterizzazione delle emissioni ed alla eventuale verifica della loro analogia con gli odori avvertiti sul territorio.

In particolare, si segnalano a scopo diagnostico (senza intenzione di escluderne altre che rispettino i principi di significatività nel caso di indagini sulle emissioni o immissioni da impianti di trattamento biologico) le seguenti 2 metodiche:

- a. **criofocalizzazione e GC/MS come ad esempio metodi EPA TO-1, TO-17,**
- b. **SPME e GC/MS**

5 Valori limite e frequenza degli autocontrolli per le emissioni provenienti dalla sezione di raffinazione

Laddove è presente una sezione di raffinazione del bioessiccato, le arie provenienti dal processo dovranno essere convogliate ad un impianto di abbattimento idoneo. Data la granulometria del particolato che si genera durante le fasi di questa lavorazione si prescrive l'installazione di un **filtro a maniche**. I valori limite da rispettare e la frequenza degli autocontrolli sono riportati in tabella

PARAMETRO	VALORE LIMITE	PERIODICITA'	METODICA
polveri (mg/Nmc)	10	semestrale	UNI EN 13284

Tabella 7: Valori limite e prescrizioni per il camino asservito alla raffinazione.

6 Prescrizioni specifiche

Gli impianti di abbattimento funzionanti secondo un ciclo ad umido che comportano lo scarico, anche parziale, continuo o discontinuo delle sostanze derivanti dal processo adottato, sono consentiti solo se lo scarico liquido, convogliato e trattato in un impianto di depurazione, risponde alle norme vigenti.

Qualora siano presenti condotti di adduzione e di scarico che convogliano gas, fumo e polveri, questi devono essere provvisti ciascuno di fori di campionamento del diametro di 100 mm. In presenza di presidi depurativi, le bocchette di ispezione devono essere previste a monte ed a valle degli stessi. Tali fori, devono essere allineati sull'asse del condotto e muniti di relativa chiusura metallica. Nella definizione della loro ubicazione si dovrà fare riferimento alla norma UNI EN 10169 e successive eventuali integrazioni e modificazioni e/o metodiche analitiche specifiche. Laddove le norme tecniche non fossero attuabili, il gestore potrà applicare altre opzioni (opportunamente documentate) comunque concordate con l'ARTA competente per territorio.

Qualunque interruzione nell'esercizio degli impianti di abbattimento necessaria per la loro manutenzione o dovuta a guasti accidentali, qualora non esistano equivalenti impianti di abbattimento di riserva, deve comportare la fermata, limitatamente al ciclo tecnologico a essi collegato, dell'esercizio degli impianti industriali, dandone comunicazione entro le otto ore successive l'evento all'Autorità Autorizzatoria, al Comune e all'ARTA competente per territorio. Gli impianti potranno essere riattivati solo dopo il ripristino dell'efficienza degli impianti di abbattimento a loro collegati.

7 Criteri di manutenzione

Gli interventi di controllo e di manutenzione ordinaria e straordinaria, finalizzati al monitoraggio dei parametri significativi dal punto di vista ambientale, dovranno essere eseguiti secondo quanto prescritto nel piano di monitoraggio. In particolare devono essere garantiti i seguenti parametri minimali:

- manutenzione parziale (controllo delle apparecchiature pneumatiche ed elettriche) da effettuarsi con frequenza quindicinale;
- manutenzione totale da effettuarsi secondo le indicazioni fornite dal costruttore dell'impianto (libretto d'uso / manutenzione o assimilabili), in assenza delle indicazioni di cui sopra con frequenza almeno semestrale;
- controlli periodici dei motori dei ventilatori, delle pompe e degli organi di trasmissione (cinghie, pulegge, cuscinetti, ecc.) al servizio dei sistemi d'estrazione e depurazione dell'aria.

Tutte le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria dovranno essere annotate in un registro dotato di pagine con numerazione progressiva, opportunamente vidimato dall'ente autorizzatorio, ove riportare:

- la data di effettuazione dell'intervento;
- il tipo di intervento (ordinario, straordinario, ecc.);
- la descrizione sintetica dell'intervento;
- l'indicazione dell'autore dell'intervento.

Tale registro deve essere tenuto a disposizione delle autorità preposte al controllo.

- Nel caso in cui si rilevi per una o più apparecchiature, connesse o indipendenti, un aumento della frequenza degli eventi anomali, le tempistiche di manutenzione e la gestione degli eventi dovranno essere riviste in accordo con l'ARTA territorialmente competente.
- Devono essere tenute a disposizione di eventuali controlli le schede tecniche degli impianti di abbattimento attestanti la conformità degli impianti ai requisiti impiantistici richiesti dalle normative di settore.

A solo scopo indicativo e fatte salve le caratteristiche specifiche si propone il seguente schema.

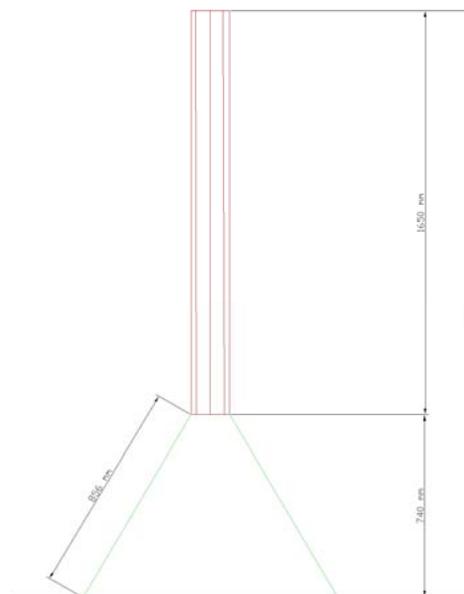
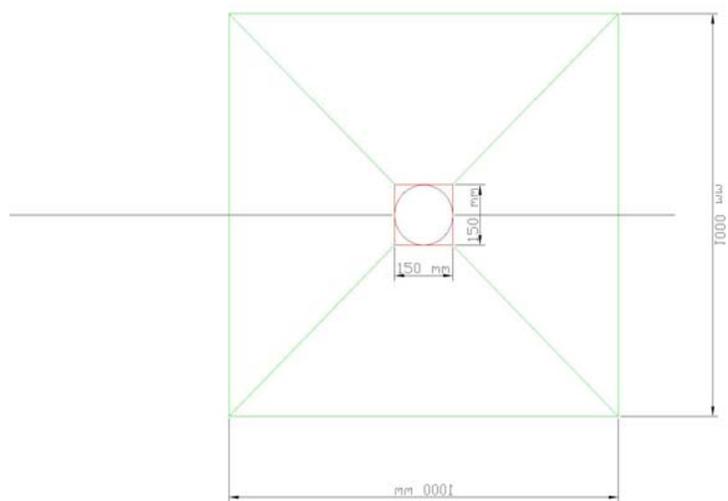
Impianto/parte di esso/fase di processo	Tipo di intervento	Frequenza
Sistemi di abbattimento emissioni gassose	Reintegro o cambio materiale filtrante del biofiltro	Biennale (reintegro) Quadriennale (ricambio)
Sistemi di abbattimento emissioni gassose	Pulizia materiale di riempimento scrubber	In base ai parametri di impianto (delta p)
Sistemi di abbattimento emissioni gassose	Ricambio completo acqua scrubber	mensile

Tabella 8: prospetto degli interventi di manutenzione.

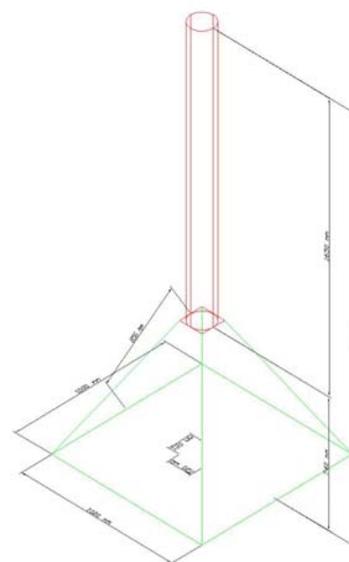
allegati

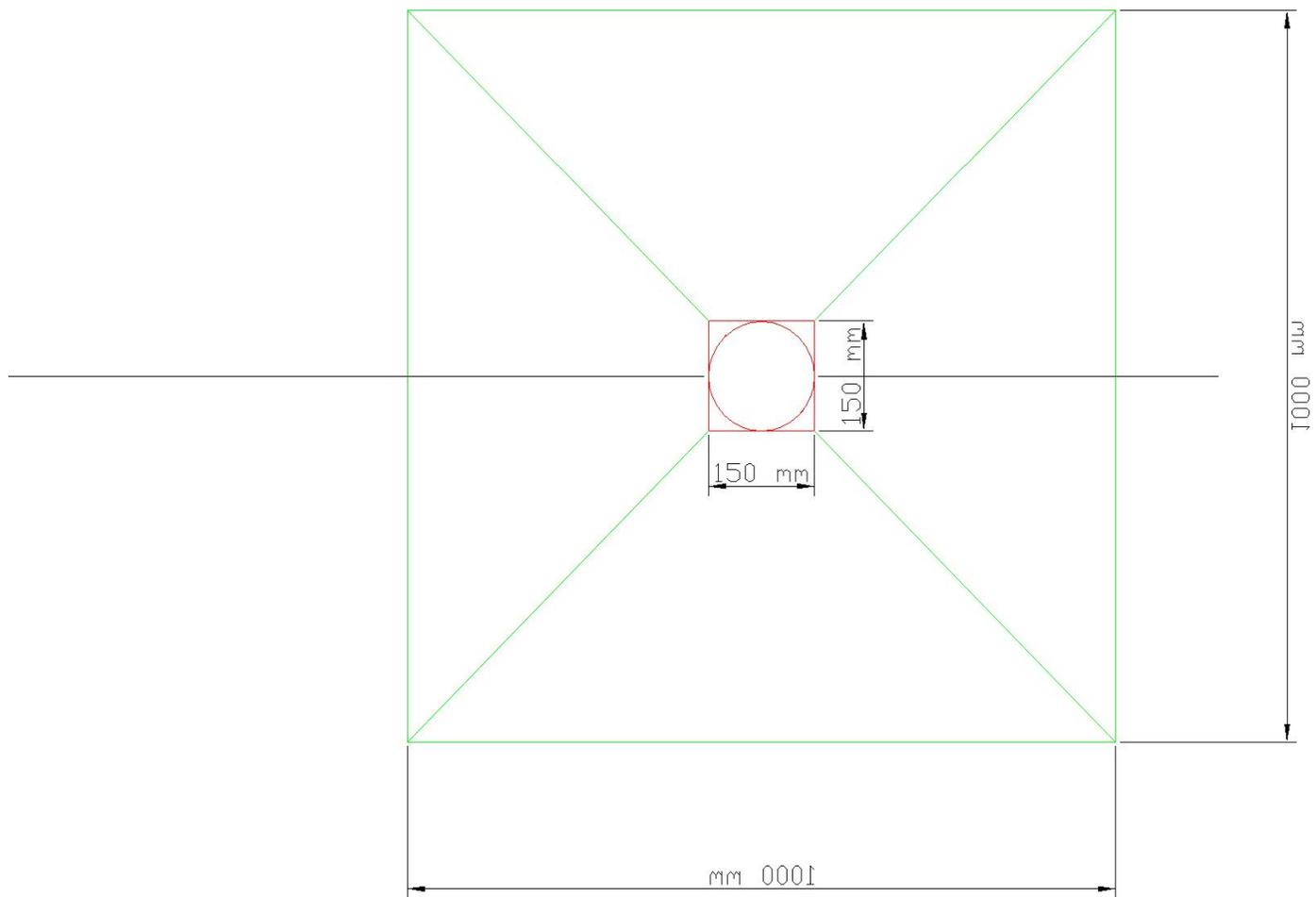
Di seguito è riportata documentazione di supporto per l'effettuazione degli autocontrolli. In primo luogo è stato fornito il dettaglio della cappa statica (camino acceleratore) così come descritto nel testo.

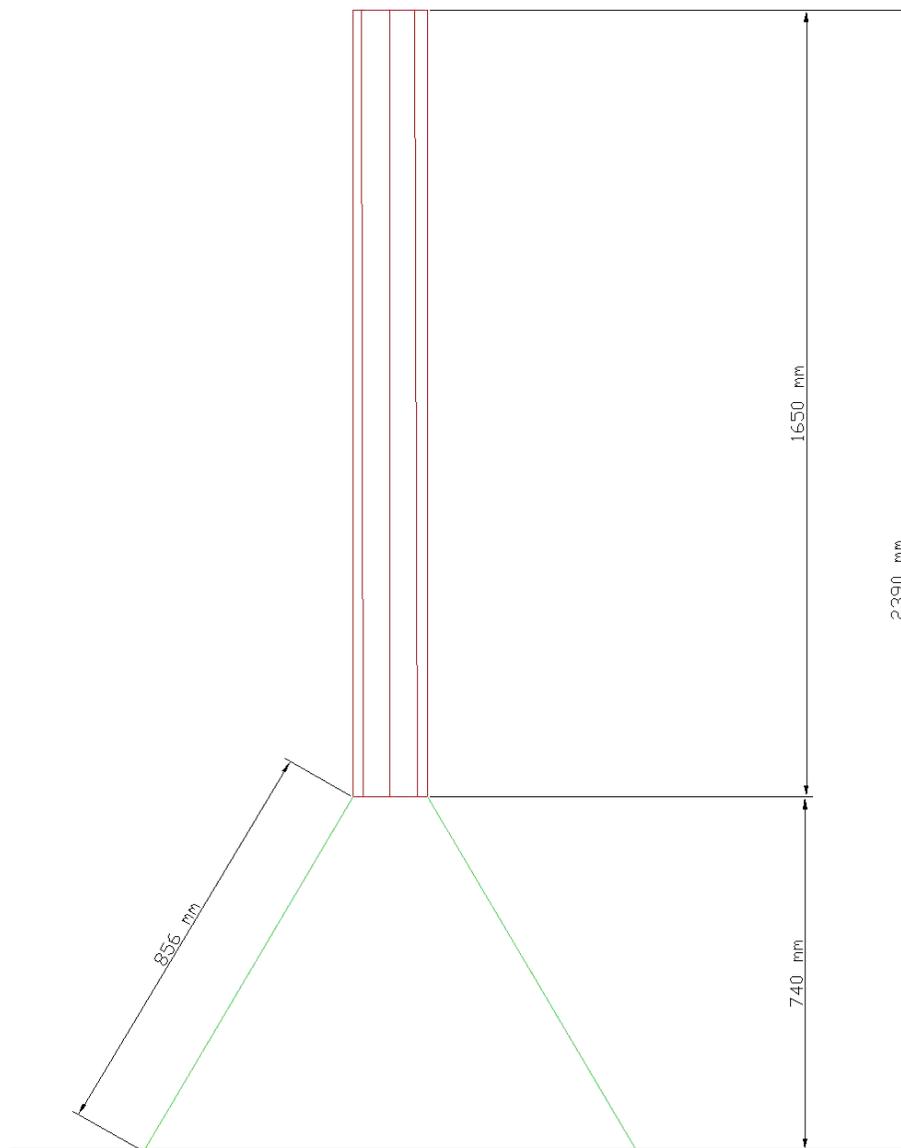
Di seguito sono state riportate le tabelle che dovranno essere accluse sia alla relazione tecnica che agli autocontrolli, utili per effettuare la mappatura della velocità e per verificare i parametri di processo. Tali tabelle sono integrative e non sostitutive della documentazione prevista a livello regionale per tale tipologia di impianto.

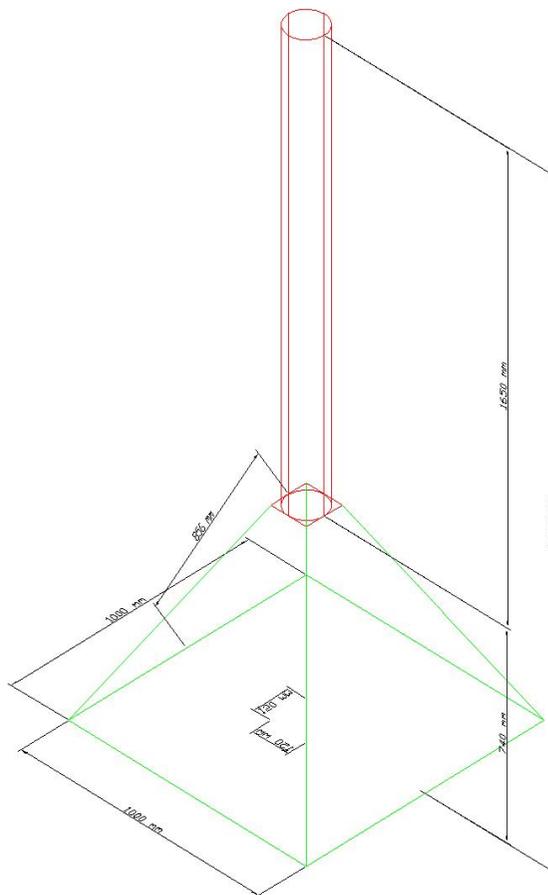


Allegato I- cappa statica









allegato II- scheda biofiltro

La scheda che segue fa riferimento ai parametri di progetto del biofiltro, parametri che saranno sottoposti a controllo ed autocontrollo durante l'esercizio del presidio depurativo stesso.

SCHEDA BIOFILTRO	
Tipo di abbattitore ²	
Impiego ³	
Denominazione	
Provenienza degli inquinanti	
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Temperatura dell'effluente gassoso in ingresso	
2. Tipo di BIOFILTRO (materiali impiegati, direzione del flusso d'aria, numero di moduli)	
3. Perdite di carico	
4. Altezza del letto	
5. Carico specifico medio	
6. Efficienza	
7. Umidità del letto	
8. Temperatura del letto	
9. (pH) del letto	
10. Percentuale del pieno	
11. Tempo medio di residenza	
12. Tipo di copertura (per biofiltri aperti) o di costruzione (per biofiltri chiusi)	
13. Concentrazione massima in ingresso al sistema (U.O.)	
14. Ulteriori apparecchi (sistema di umidificazione della corrente gassosa in ingresso, eventuale correzione pH)	
15. Operazioni di Manutenzione	
16. Informazioni aggiuntive	

² Specificare se si tratta di biofiltro chiuso o aperto

³ Abbattimento odori

allegato III- tabelle per le campagne di monitoraggio

Di seguito si riporta la tabella da compilare durante le campagne di monitoraggio per l'individuazione dei punti di prelievo. A titolo di esempio, in riferimento al caso citato nel testo, si riportano 4 tabelle relative alle diverse campagne dove sono individuate scacchiere alterne.

Campagna 1

N. biofiltro	codice campione	area	sub area	velocità (m/s) (al punto di prelievo)
			a1	
			c1	
			e1	
			g1	
			i1	
			b2	
			d2	
			f2	
			h2	
			m1	
			o1	
			q1	
			s1	
			l2	
			n2	
			p2	
			r2	
			t2	
VELOCITA' MEDIA DELLE AREE				

Campagna 2

N. biofiltro	codice campione	area	sub area	velocità (m/s) (al punto di prelievo)
			b1	
			d1	
			f1	
			h1	
			l1	
			a2	
			c2	
			e2	
			g2	
			m1	
			o1	
			q1	
			s1	
			l2	
			n2	
			p2	
			r2	
			t2	
VELOCITA' MEDIA DELLE AREE				

Campagna 3

N. biofiltro	codice campione	area	sub area	velocità (m/s) (al punto di prelievo)
			a1	
			c1	
			e1	
			g1	
			i1	
			b2	
			d2	
			f2	
			h2	
			m1	
			o1	
			q1	
			s1	
			l2	
			n2	
			p2	
			r2	
			t2	
VELOCITA' MEDIA DELLE AREE				

Campagna 4

N. biofiltro	codice campione	area	sub area	velocità (m/s) (al punto di prelievo)
			b1	
			d1	
			f1	
			h1	
			l1	
			a2	
			c2	
			e2	
			g2	
			m1	
			o1	
			q1	
			s1	
			l2	
			n2	
			p2	
			r2	
			t2	
VELOCITA' MEDIA DELLE AREE				

Effettuato questo screening ed individuati i punti di prelievo si procederà all'effettuazione dei campionamenti e delle misure

allegato IV - parametri analitici corrente gassosa a monte

Una volta individuate le sub_aree a maggiore velocità si procederà all'effettuazione dei campionamenti e delle analisi.

I punti di prelievo di seguito riportati fanno riferimento all'esempio riportato nel testo.

<i>parametri</i>	temperatura (°C)	UMIDITA' RELATIVA	U.O.	NH₃ (mg/Nmc)	H₂S (mg/Nmc)	COT (mg/Nmc)
<i>metodica</i>			<i>UNI EN 13725</i>	<i>unichim 632</i>	<i>unichim 634</i>	<i>unichim 631</i>
PUNTI DI PRELIEVO						
a monte:						
M1	/			/	/	/
a valle:						
a1						
e1						
b2						
d2						
o1						
q1						
n2						
p2						
t2						

allegato V – Rapporto di prova definitivo

BIOFILTRO N.....

	PARAMETRO	VALORE LIMITE	METODICA	VALORI RISCONTRATI
CONTROLLI A VALLE DEL BIOFILTRO				
	SUPERFICIE (mq)			
	velocità media alla superficie			
	temperatura media (°C)			
	portata oraria (m ³ /h)			
	portata oraria normalizzata (Nm ³ /h)			
	NH ₃ medio(mg/Nmc)	5	unichim 632	
	H ₂ S medio (mg/Nmc)	3,5	unichim 634	
	COT medio(mg/Nmc)	50	unichim 631	
	umidità media	95%		
	U.O.	300	EN 13725	
CONTROLLO DEL FUNZIONAMENTO DEL BIOFILTRO				
	Carico specifico medio	<= 80 Nm ³ /h*m ³ .	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.7	
	Tempo di residenza medio	> 36 s	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.8	
	Efficienza media di abbattimento	99%	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.9	
	Umidità BIOFILTRO	40-60%	Modalità riportata nel paragrafo 2.3.10	
CONTROLLI A MONTE DEL BIOFILTRO				
	U.O.		EN 13725	