

Linee guida sulle apparecchiature elettromeccaniche per il compostaggio di piccola scala dinamico

Guidelines on electromechanical equipment for dynamic small scale composting

La prassi di riferimento si applica alle apparecchiature elettromeccaniche per il compostaggio di piccola scala dinamico (biomassa movimentata all'interno di un contenitore) e non alle apparecchiature elettromeccaniche per il compostaggio di piccola scala statico (biomassa accumulata in cumuli sottoposti ad aerazione passiva o forzata).

Il documento definisce dei criteri guida per l'acquisto delle apparecchiature riferendosi alle taglie più diffuse.

Fornisce infatti indicazioni all'acquirente (pubblica amministrazione o privato) per:

- identificare le caratteristiche delle apparecchiature fondamentali per garantire una corretta gestione del processo di compostaggio;
- eseguire, prima dell'acquisto, il dimensionamento dell'apparecchiatura sulla base della produzione di rifiuto organico
- verificare che siano rispettate determinate caratteristiche funzionali in fase di installazione e prestazionali durante l'intero processo di compostaggio.

È quindi un utile strumento di riferimento per le amministrazioni pubbliche per la redazione dei bandi di gara, per gli acquirenti privati per la richiesta di fornitura e infine per i fabbricanti per la fabbricazione delle apparecchiature stesse.

Publicata il 12 gennaio 2023

ICS 13.030



© UNI
Via Sannio 2 – 20137 Milano
Telefono 02 700241
www.uni.com – uni@uni.com

Tutti i diritti sono riservati.

Documento distribuito gratuitamente da UNI.

I contenuti del documento possono essere riprodotti o diffusi solo previa autorizzazione scritta di UNI, citando la fonte.

PREMESSA

La presente prassi di riferimento UNI/PdR 137:2023 non è una norma nazionale, ma è un documento pubblicato da UNI, come previsto dal Regolamento UE n.1025/2012, che raccoglie prescrizioni relative a prassi condivise all'interno del seguente soggetto firmatario di un accordo di collaborazione con UNI:

AIC - Associazione Italiana Compostaggio

Via Anguillarese km 1+300

00123 Roma

La presente prassi di riferimento è stata elaborata dal Tavolo “Apparecchiature compostaggio di piccola scala” condotto da UNI, costituito dai seguenti esperti:

Andrea Cocchi – Project Leader (AIC)

Fabio Musmeci (AIC)

Umberto Lo Re (AIC)

Ivano Esposito (AIC)

Luciano Dell’Acqua (UNI/CT 004 “Ambiente”/GL 05 Suolo e rifiuti)

La presente prassi di riferimento è stata ratificata dal Presidente dell’UNI ed entra in vigore il 12 gennaio 2023.

Le prassi di riferimento, adottate esclusivamente in ambito nazionale, rientrano fra i “prodotti della normazione europea”, come previsti dal Regolamento UE n.1025/2012, e sono documenti che introducono prescrizioni tecniche, elaborati sulla base di un rapido processo ristretto ai soli autori, sotto la conduzione operativa di UNI.

Le prassi di riferimento sono disponibili per un periodo non superiore a 5 anni, tempo massimo dalla loro pubblicazione entro il quale possono essere trasformate in un documento normativo (UNI, UNI/TS, UNI/TR) oppure devono essere ritirate.

Chiunque ritenesse, a seguito dell’applicazione della presente prassi di riferimento, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento è pregato di inviare i propri contributi all’UNI, Ente Italiano di Normazione, che li terrà in considerazione.

SOMMARIO

INTRODUZIONE	4
1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	4
2 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI	4
3 TERMINI E DEFINIZIONI	5
4 PRINCIPIO	8
5 CLASSIFICAZIONE DELLE APPARECCHIATURE	8
6 DESCRIZIONE DELL'APPARECCHIATURA E DEL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO DI PICCOLA SCALA	8
6.1 DESCRIZIONE DELL'APPARECCHIATURA	8
6.1.1 ELEMENTI PRINCIPALI	8
6.1.2 DESCRIZIONE DEL BIOFILTRO	10
6.1.3 ELEMENTI OPZIONALI	10
6.2 DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO DI PICCOLA SCALA	11
7 INFORMAZIONI FORNITE DALL'ACQUIRENTE	12
8 CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE E DELLE AREE DI PERTINENZA	13
8.1 CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE	13
8.1.1 GENERALITÀ	13
8.1.2 MATERIALI	13
8.1.3 SENSORISTICA	13
8.1.4 INTERFACCIA UOMO-MACCHINA	13
8.1.5 POTENZE INSTALLATE E CONSUMI	14
8.2 CARATTERISTICHE DELLE AREE DI PERTINENZA DELLE APPARECCHIATURE	14
8.2.1 GENERALITÀ	14
8.2.2 ERGONOMIA	15
9 DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE E DELLE AREE DI STOCCAGGIO DEI CUMULI	15
9.1 GENERALITÀ	15
9.2 DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE	15
9.2.1 STIMA DELLA PRODUZIONE DI RIFIUTO ORGANICO E DEGLI ABITANTI SERVITI	15
9.2.2 VOLUMI DELLE APPARECCHIATURE	17
9.2.3 VOLUMI MINIMI DEL BIOFILTRO	18
9.3 DIMENSIONAMENTO DELLE AREE DI STOCCAGGIO DEI CUMULI	18
9.3.1 GENERALITÀ	18
9.3.2 AREE DEI CUMULI IN MATURAZIONE	18
9.3.3 AREE DEI CUMULI DI STRUTTURANTE	21

10	VERIFICHE	22
10.1	GENERALITÀ	22
10.2	VERIFICHE DI PROCESSO	22
10.2.1	VERIFICHE DELLA QUALITÀ MERCEOLOGICA DEI RIFIUTI ORGANICI.....	22
10.2.2	VERIFICHE PRESTAZIONALI DEL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO DI PICCOLA SCALA DINAMICO.....	23
10.2.3	VERIFICHE DELLA TARATURA DEL SISTEMA DI PESATURA, DEI LIVELLI DI RUMORE E DELLA FUNZIONALITÀ DEI SENSORI.....	26
10.3	VERIFICHE IN FASE DI INSTALLAZIONE.....	26
10.4	VERIFICHE DOPO L'AVVIO DELLE APPARECCHIATURE (ENTRO I PRIMI 30 GIORNI).....	28
10.4.1	GENERALITÀ	28
10.4.2	PREPARAZIONE DELLE VERIFICHE	28
10.4.3	ESECUZIONE DELLE VERIFICHE	29
10.5	VERIFICHE IN FASE DI ESERCIZIO (DOPO I PRIMI 30 GIORNI).....	29
10.5.1	VERIFICHE DEL GRADO DI MATURAZIONE DEL COMPOST	29
10.5.2	VERIFICHE DELL'EFFICACIA DEL BIOFILTRO	30
	APPENDICE A CALCOLO DEI VOLUMI DELLE APPARECCHIATURE.....	33
	APPENDICE B CALCOLO DEI VOLUMI DEL BIOFILTRO	38
	APPENDICE C CALCOLO DELLE AREE DEI CUMULI IN MATURAZIONE.....	40
	APPENDICE D CALCOLO DELLE AREE DI PERTINENZA DELL'APPARECCHIATURA	42
	APPENDICE E FORMAZIONE SUL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO DI PICCOLA SCALA DINAMICO	46
	APPENDICE F ASPETTI DI SICUREZZA.....	48
	BIBLIOGRAFIA.....	51

INTRODUZIONE

Il compostaggio è il processo aerobico (in presenza d'ossigeno) di riciclo del rifiuto organico che permette il recupero del materiale come ammendante. Fino a pochi anni fa il compostaggio veniva effettuato a livello volontario nella singola utenza (compostaggio domestico) oppure a livello di grande impianto industriale.

Tra il compostaggio industriale e quello domestico si è andata affermando, da alcuni anni, una tecnologia intermedia basata sull'introduzione di apparecchiature elettromeccaniche di piccola scala. Queste apparecchiature, in termini di capacità di trattamento annuo, sono di molto inferiori al limite delle 1000 tonnellate/anno degli impianti presi in considerazione dall'ISPRA nei propri rapporti annuali sui rifiuti urbani, e per questo classificate di seguito come "apparecchiature per il compostaggio di piccola scala". Questo tipo di apparecchiature si offrono, in particolare, come possibile soluzione per la gestione "in loco" dei rifiuti organici in quello che viene denominato "compostaggio di prossimità", concetto citato nella nota prot. 4223 del 7 marzo 2019 del Ministero dell'Ambiente.

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente prassi di riferimento si applica alle apparecchiature elettromeccaniche per il compostaggio di piccola scala dinamico (biomassa movimentata all'interno di un contenitore) e non alle apparecchiature elettromeccaniche per il compostaggio di piccola scala statico (biomassa accumulata in cumuli sottoposti ad aerazione passiva o forzata).

Il documento definisce dei criteri guida per l'acquisto delle apparecchiature riferendosi alle taglie più diffuse.

Fornisce infatti indicazioni all'acquirente (pubblica amministrazione o privato) per:

- identificare le caratteristiche delle apparecchiature fondamentali per garantire una corretta gestione del processo di compostaggio;
- eseguire, prima dell'acquisto, il dimensionamento dell'apparecchiatura sulla base della produzione di rifiuto organico;
- verificare che siano rispettate determinate caratteristiche funzionali in fase di installazione e prestazionali durante l'intero processo di compostaggio.

È quindi un utile strumento di riferimento per le amministrazioni pubbliche per la redazione dei bandi di gara, per gli acquirenti privati per la richiesta di fornitura e infine per i fabbricanti per la fabbricazione delle apparecchiature stesse.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

La presente prassi di riferimento rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi e legislativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nel presente documento come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento.

Decreto 29 dicembre 2016, n. 266 Regolamento recante i criteri operativi e le procedure autorizzative semplificate per il compostaggio di comunità di rifiuti organici ai sensi dell'articolo 180, comma 1-octies, del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, così come introdotto dall'articolo 38 della Legge 28 dicembre 2015, n. 221

Decreto Legislativo 29 aprile 2010, n. 75 Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della Legge 7 luglio 2009, n. 88

Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale

UNI EN 10088-1 Acciai inossidabili - Parte 1: Lista degli acciai inossidabili

UNI 10780 Compost - Classificazione, requisiti e modalità di impiego

UNI 11184 Rifiuti e combustibili ricavati da rifiuti - Determinazione della stabilità biologica mediante l'Indice di Respirazione Dinamico (IRD)

UNI/PdR 123 Metodo di prova per la determinazione della qualità del rifiuto organico da recuperare attraverso i processi di digestione anaerobica e compostaggio

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini del presente documento valgono i termini e le definizioni seguenti:

3.1 apparecchiatura di compostaggio di piccola scala: Struttura idonea all'attività di compostaggio di quantitativi di rifiuto organico entro 1000 t/anno, finalizzata alla produzione di compost mediante decomposizione aerobica in cui l'aerazione avviene in modo naturale o indotto.

NOTA Comprende autocompostaggio, compostaggio di comunità, e compostaggio locale.

3.2 autocompostaggio: Compostaggio dei rifiuti organici dei propri rifiuti urbani, effettuato da utenze domestiche e non domestiche, ai fini dell'utilizzo in sito del materiale prodotto.

NOTA Definizione tratta da D.Lgs. 152/2006, art. 183 comma 6.

3.3 biofiltro: Substrato utilizzato per il trattamento di depurazione delle emissioni gassose basato sul processo di ossidazione biochimica effettuata da parte di microrganismi aerobici (lieviti, muffe e batteri) sui composti organici inquinanti aerodispersi e spesso odorigeni.

3.4 compostaggio: Processo aerobico di degradazione, stabilizzazione e umificazione della sostanza organica per la produzione di compost.

3.5 biomassa organica: Rifiuto organico mescolato con materiale strutturante.

3.6 compost: Miscela di sostanze umificate derivanti dalla degradazione biologica aerobica di rifiuti organici in ambiente controllato (ovvero gestito da uno o più operatori).

3.7 compost fresco: Compost non maturo conseguente alla fase di bioossidazione accelerata che avviene nei primi 30 giorni di attività microbiologica.

3.8 compostaggio statico: Compostaggio in cui la biomassa viene accumulata in cumuli sottoposti ad aerazione passiva o forzata.

3.9 compostaggio dinamico: Compostaggio in cui la biomassa viene movimentata all'interno di un contenitore.

NOTA Il compostaggio dinamico può prevedere una fase di maturazione esterna all'apparecchiatura in cui la biomassa viene accumulata in cumuli o in contenitori forati o traspiranti per garantire il flusso di aria all'interno della biomassa in maturazione.

3.10 compostaggio di comunità: Compostaggio, effettuato collettivamente da più utenze domestiche e non domestiche, della frazione organica dei rifiuti urbani prodotti dalle medesime, al fine dell'utilizzo del compost prodotto da parte delle utenze conferenti.

NOTA 1 Definizione tratta da D.Lgs. 152/2006, art. 183, comma qq-bis.

NOTA 2 Il compostaggio di comunità è effettuato da apparecchiature di taglia minore o uguale a 130 t/anno.

3.11 compostaggio locale: Compostaggio aerobico di rifiuti biodegradabili derivanti da attività agricole e vivaistiche o da cucine, mense, mercati, giardini o parchi, che hanno una capacità di trattamento non eccedente 80 tonnellate annue.

NOTA 1 Definizione tratta da D.Lgs. 152/2006, art. 214, comma 7 bis.

NOTA 2 L'art. 214, comma 7 bis del D.Lgs. 152/06 prevede che l'impianto di compostaggio locale sia destinato esclusivamente al trattamento di rifiuti raccolti nel comune dove i suddetti rifiuti sono prodotti e nei comuni confinanti che stipulano una convenzione di associazione per la gestione congiunta del servizio, acquisito il parere dell'Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente (Arpa) previa predisposizione di un regolamento di gestione dell'impianto che preveda anche la nomina di un gestore da individuare in ambito comunale.

3.12 compostaggio di piccola scala: Compostaggio di rifiuti organici entro le 1000 t/anno.

NOTA Comprende autocompostaggio, compostaggio di comunità, compostaggio locale, nonché il compostaggio di rifiuti organici, svolto in apparecchiature entro le 1000 ton/anno, autorizzato ai sensi delle parti IV e V del TUA.

3.13 conduttore: Soggetto incaricato della conduzione dell'apparecchiatura.

NOTA Definizione tratta da DM 266/2016, art. 2, comma 1g.

3.14 cumulo: Ammasso ordinato di strutturante nella fase iniziale del processo oppure di compost fresco per la maturazione nella fase finale del processo (in caso di utilizzo di apparecchiature a 30 giorni e a 60 giorni).

NOTA Il cumulo per la maturazione è aerato mediante ventilazione forzata ovvero mediante movimentazione.

3.15 fornitore: Persona fisica e giuridica che commercializza le apparecchiature.

NOTA Il fornitore può coincidere con il fabbricante e con il gestore del servizio di conduzione e manutenzione dell'apparecchiatura.

3.16 indice di umificazione (HI): Indicatore di stabilità del compost dato da $HI = \frac{NH}{HA+FA}$

Dove:

NH = frazione non umificata

HA = acidi umici

FA = acidi fulvici

HA +FA = frazione umificata

NOTA Nella biomassa organica avvengono delle trasformazioni con formazione di sostanze umiche quali acidi umici e acidi fulvici.

3.17 indice di respirazione: Indice che rappresenta la stima del consumo di ossigeno della biomassa organica.

NOTA L'indice di respirazione è inversamente correlato con la stabilità biologica del materiale: più alto è l'indice di respirazione, meno stabile è il prodotto e viceversa.

Si suddivide in due tipi:

- dinamico: la misura del consumo di ossigeno avviene su un substrato aerato;
- statico: la misura del consumo di ossigeno avviene su un substrato non aerato.

3.18 rifiuto organico: Rifiuto biodegradabile di giardini e parchi, rifiuto alimentare e di cucina prodotto da nuclei domestici, ristoranti, uffici, attività all'ingrosso, mense, servizi di ristorazione e punti vendita al dettaglio e rifiuto equiparabile a prodotti dagli impianti dell'industria alimentare.

NOTA Definizione tratta da D.Lgs. 152/2006, art. 183, comma d.

3.19 strutturante: Materiale ligneo-cellulosico o materiale di pari efficacia, di granulometria adeguata alle caratteristiche dell'apparecchiatura, impiegato con la funzione di ottimizzare il processo di compostaggio.

3.20 substrato filtrante: Materiale ligneo poroso e igroscopico, in grado di trattenere l'umidità e costituito da cortecce o cippato grossolano di legno (di oltre 2 cm di spessore) utilizzato all'interno del biofiltro.

3.21 taglia: Capacità dell'apparecchiatura in t/anno.

NOTA Le taglie più diffuse in commercio sono le seguenti: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 200, 250, 500, 1000.

3.22 valore limite di esposizione professionale (TLV - Treshold Limit Value): Concentrazione nell'aria di sostanze chimiche al di sotto della quale si ritiene che quasi tutti i lavoratori possano essere esposti ripetutamente, giorno dopo giorno, nel corso della vita lavorativa, senza effetti nocivi per la salute.

NOTA 1 Esistono tre tipi di TLV: TLV-TWA, TLV-STEL e TLV-C.

NOTA 2 I TLV sono utilizzati come guida per effettuare, se prevista, la valutazione del rischio di esposizione dei lavoratori agli agenti chimici pericolosi ma non come limite legislativo.

NOTA 3 I TLV sono misurati in [ppm], [mg/m³] o [mg/100 cm²].

NOTA 4 Un elenco non esaustivo dei TLV è riportato nell'allegato XXXVIII del D.Lgs. 81/08 e s.m.i.

3.23 valore limite per esposizioni prolungate nel tempo TLV-TWA (Threshold Limit Value - Time Weighted Average): Concentrazione media, ponderata nel tempo, degli inquinanti presenti nell'aria degli ambienti di lavoro nell'arco dell'intero turno lavorativo che indica il livello di esposizione al quale si presume che, allo stato delle attuali conoscenze scientifiche, il lavoratore possa essere esposto 8 ore al giorno, per 5 giorni alla settimana, per tutta la durata della vita lavorativa, senza risentire di effetti dannosi per la salute.

3.24 valore limite di esposizione a breve termine TLV-STEL (Threshold Limit Value - Short Term Exposure Limit): Concentrazione media che può essere raggiunta da un inquinante per un periodo massimo di 15 minuti, e comunque per non più di 4 volte al giorno con intervalli di almeno 1 ora tra i periodi di punta.

3.25 valore limite di soglia TLV-C (Threshold Limit Value - Ceiling): Concentrazione che non può essere mai superata durante tutto il turno lavorativo.

NOTA Tale limite viene impiegato soprattutto per quelle sostanze ad azione immediata, irritanti per le mucose o narcotiche, tali da interferire rapidamente sullo stato di attenzione del lavoratore con possibili conseguenze dannose sulla persona stessa (infortuni) e/o sulle operazioni tecniche a cui è preposto.

4 PRINCIPIO

La presente prassi di riferimento definisce, al punto 5, la classificazione delle apparecchiature di compostaggio di piccola scala dinamico. Descrive quindi al punto 6 l'apparecchiatura e il processo eseguito al suo interno e all'esterno. Il punto 7 definisce le informazioni fornite dall'acquirente al momento della richiesta di fornitura o durante la redazione di un bando di gara. Su queste informazioni si soffermano i punti 8 e 9 che affrontano rispettivamente:

- le caratteristiche delle apparecchiature e delle loro aree di pertinenza;
- il dimensionamento delle apparecchiature stesse e delle aree di stoccaggio dei cumuli (nel caso di apparecchiature a 30 giorni e a 60 giorni).

Infine il punto 10 tratta tutte le verifiche che devono essere effettuate in fase di installazione e durante l'intero corso del processo di compostaggio.

5 CLASSIFICAZIONE DELLE APPARECCHIATURE

Le apparecchiature per il compostaggio di piccola scala dinamico si classificano in relazione alla durata del processo che avviene all'interno del contenitore:

- apparecchiature a 30 giorni (minimo) con cumuli in maturazione a 60 giorni;
- apparecchiature a 60 giorni con cumuli in maturazione a 30 giorni;
- apparecchiature a 90 giorni (o a "ciclo completo") senza cumuli in maturazione.

A differenza delle apparecchiature a 90 giorni o a ciclo completo, le apparecchiature a 30 giorni e a 60 giorni non portano a maturazione la biomassa organica.

Solo nel caso di apparecchiature a 90 giorni il compost prodotto può essere utilizzato direttamente, essendo la maturazione avvenuta all'interno dell'apparecchiatura.

6 DESCRIZIONE DELL'APPARECCHIATURA E DEL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO DI PICCOLA SCALA

6.1 DESCRIZIONE DELL'APPARECCHIATURA

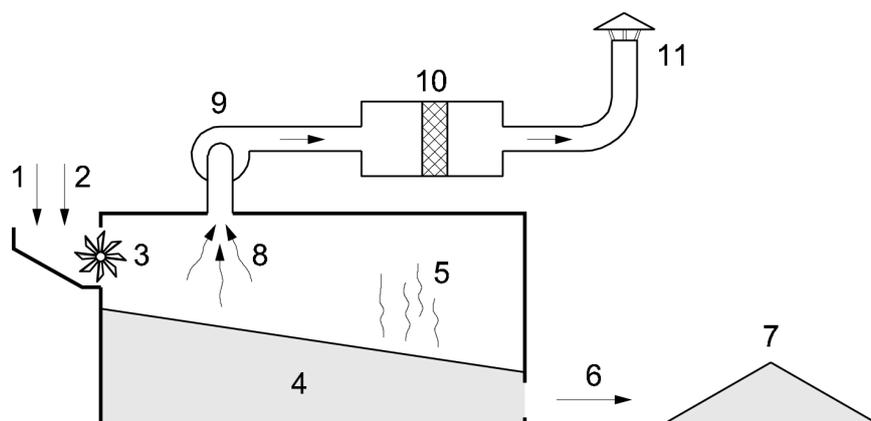
6.1.1 ELEMENTI PRINCIPALI

Il processo di compostaggio di piccola scala è eseguito da una apparecchiatura generalmente di forma cilindrica costituita dai seguenti elementi principali (vedere Figura 1):

- tramoggia di carico della biomassa organica, con sistema di pesatura del materiale immesso;
- contenitore dove avviene la trasformazione in compost della biomassa organica (può essere un corpo unico oppure può essere costituito da 2 o 3 corpi);

- sistema per la movimentazione della biomassa organica (ad esempio sistema di aspi e coclee interne);
- motore e ventola per l'aspirazione dell'aria;
- sistema di filtrazione dell'aria esausta per abbattere gli eventuali cattivi odori presenti, tipicamente un biofiltro (vedere descrizione del biofiltro al punto 6.1.2), eventuale raccordo idraulico a complemento del biofiltro per l'immissione dell'aria esausta nel sistema fognario;
- camino di uscita dell'aria filtrata e sensori di gas (CO₂, CH₄, NH₃, H₂S);
- eventuale resistenza con motore per il riscaldamento artificiale della biomassa organica, collocata nella parte anteriore dell'apparecchiatura (dove avviene l'ingresso della biomassa organica) o, in alternativa, lungo il corpo del contenitore;
- eventuale sensoristica di monitoraggio in grado di misurare in tempo reale i parametri del processo di compostaggio (quali CO₂, O₂, CH₄, umidità e temperatura) direttamente negli spazi interstiziali della massa;
- eventuale elettronica del PLC per gestire il processo automaticamente;
- eventuale sistema di TLC per monitoraggio e controllo dell'apparecchiatura;
- eventuale vagliatura finale integrata per affinamento del compost prodotto.

Figura 1 - Schematizzazione di un'apparecchiatura di compostaggio di piccola scala dinamico



Legenda:

- 1 Scarti organici
- 2 Strutturante
- 3 Trituratore
- 4 Biomassa organica in permanenza 30 giorni/60 giorni/90 giorni
- 5 Temperatura compresa tra 55 °C e 70 °C
- 6 Compost fresco per apparecchiature a 30 giorni o apparecchiature a 60 giorni
- 7 Cumulo di compost in maturazione per 60 giorni (apparecchiature a 30 giorni), 30 giorni (apparecchiature a 60 giorni)
- 8 Aria
- 9 Ventola
- 10 Biofiltro
- 11 Camino

Oltre agli elementi sopracitati, possono essere presenti ulteriori elementi opzionali (vedere punto 6.1.3).

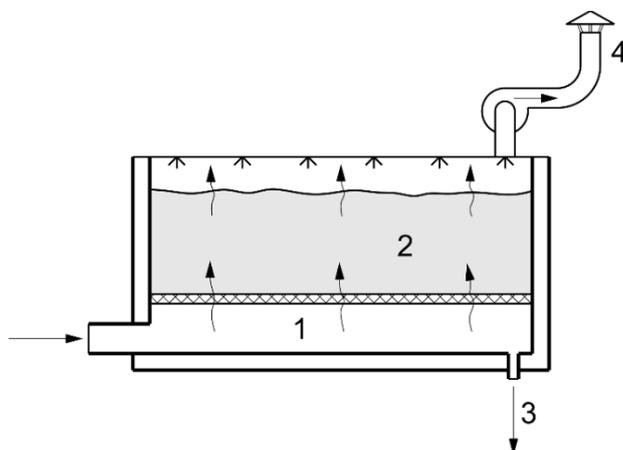
6.1.2 DESCRIZIONE DEL BIOFILTRO

Il biofiltro è un contenitore a forma di parallelepipedo o cubica.

È costituito dai seguenti elementi (vedere Figura 2):

- camera di espansione dell'aria esausta;
- griglia per il passaggio dell'aria esausta nella zona soprastante;
- substrato filtrante poroso e igroscopico per trattenere l'umidità costituito da cortecce o cippato grossolano di legno (di oltre 2 cm di spessore);
- coperchio;
- scarico condensa.

Figura 2 - Schematizzazione del biofiltro



Legenda:

- 1 Camera di espansione aria
- 2 Substrato filtrante
- 3 Scarico liquidi di condensazione
- 4 Aspiratore con fuoriuscita dell'aria trattata

L'aria esausta entra nella camera di espansione in basso, passa attraverso la griglia, entra in contatto con il substrato filtrante, e viene convogliata esternamente attraverso il camino.

6.1.3 ELEMENTI OPZIONALI

Elementi opzionali per la miscelazione di rifiuto organico e strutturante e il recupero delle frazioni estranee a fine processo sono:

- pressomiscelatori ad alberi con dentatura calettata, accorpati all'apparecchiatura o esterni e aventi funzione di premere il materiale, miscelarlo e avanzarlo senza sminuzzare i materiali estranei;
- miscelatori, a coclee con dentatura grossa, accorpati all'apparecchiatura o esterni e aventi funzione di miscelarlo e avanzarlo;
- trituratori a lame rotanti o a mulino.

I sistemi di carico e scarico (ribaltatori, nastri di selezione, coclee o nastri trasportatori), presenti sulle apparecchiature più grandi, possono essere:

- accorpati all'apparecchiatura e annessi elettricamente ad essa con opportune sicurezze elettriche e meccaniche, oppure
- sistemi con gestione elettrica indipendente, ma con interscambio di segnali con l'apparecchiatura di compostaggio.

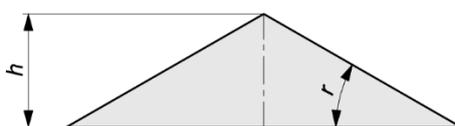
I contenitori per scaricare il compost dall'apparecchiatura sono dotati di ruote per trasportarlo in apposite aree dove completa la maturazione.

6.2 DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO DI PICCOLA SCALA

Il processo di compostaggio di piccola scala consta dei seguenti passi:

- lo strutturante viene stoccato per esempio in cumuli di forma conica (vedere Figura 3);
- il rifiuto organico e lo strutturante vengono immessi nella tramoggia;
- la biomassa organica entra nel contenitore dove viene sottoposta a movimentazione e sospinta verso il lato opposto a quello d'entrata. La biomassa organica viene messa in depressione a mezzo di motore e ventola e l'aria esausta viene convogliata nel sistema di filtrazione dell'aria, che diventa il solo punto emissivo e impedisce quindi all'aria e ad eventuali odori di uscire dalle aperture di conferimento, di ispezione e di uscita del compost. La ventola fornisce aria e quindi ossigeno alla biomassa organica;
- l'aria ripulita esce dal sistema di filtrazione dell'aria ed entra nel camino, dove viene analizzata dai sensori di gas e dove viene misurata la sua velocità con un anemometro;
- la biomassa organica completa la maturazione nel contenitore (apparecchiature a 90 giorni) o all'esterno in cumuli o in contenitori idonei (apparecchiature a 30 giorni o apparecchiature a 60 giorni);
- il processo termina dopo non meno di 90 giorni dall'entrata della biomassa organica nell'apparecchiatura;
- entro tre mesi dall'istallazione dell'apparecchiatura e ogni qual volta si svuotano completamente i contenitori possono essere aggiunti alla biomassa organica microrganismi selezionati (per esempio microrganismi effettivi), lieviti, o compost fresco (contenente microrganismi effettivi), per aumentare la temperatura e facilitare quindi il processo.

Figura 3 - Cumulo a forma di cono



Legenda:

h altezza del cono

r angolo di natural declivio per terre vegetali umide (pari a 30°)

Il processo può essere monitorato e gestito per massimizzarne l'efficienza grazie ai sensori installati nella biomassa in compostaggio (vedere punto 8.1.3).

I principali parametri di processo sono: rapporto C/N, umidità, concentrazione di O_2 (o in alternativa CO_2), dimensioni delle particelle, pH, temperatura (vedere punto 10.2.2)

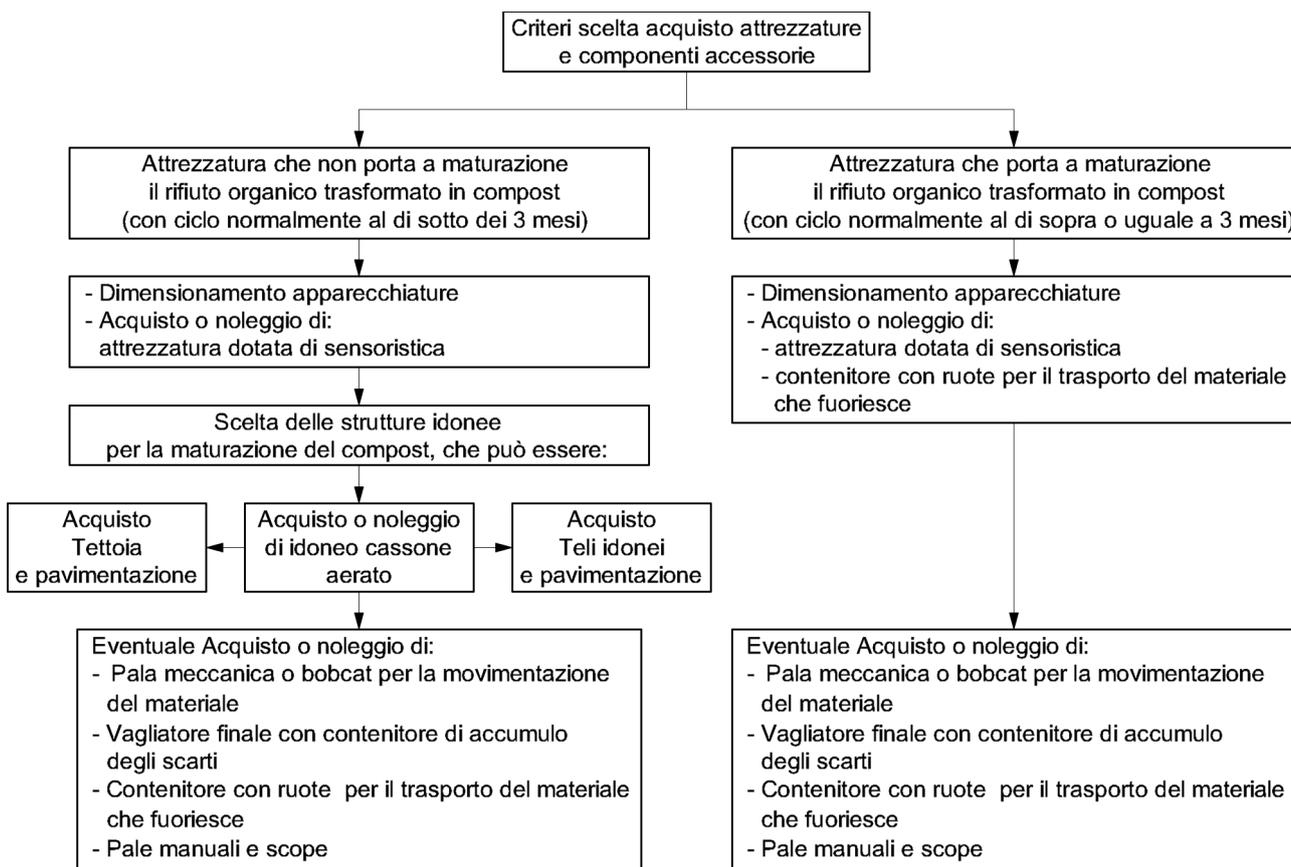
7 INFORMAZIONI FORNITE DALL'ACQUIRENTE

Al momento della richiesta di fornitura o nel bando, l'acquirente dovrebbe fornire le seguenti informazioni:

- caratteristiche delle apparecchiature (materiali, sensoristica, interfaccia uomo-macchina, potenze installate e consumi);
- dimensionamento delle apparecchiature (volumi minimi apparecchiature, volume biofiltro);
- dimensionamento delle aree di stoccaggio dei cumuli (aree dei cumuli in maturazione, aree dei cumuli di strutturante) nel caso di apparecchiature a 30 giorni o apparecchiature a 60 giorni.

Il diagramma di flusso in Figura 4 rappresenta i criteri di scelta per l'acquisto delle apparecchiature e delle componenti accessorie in caso di ciclo di maturazione sotto i 90 giorni (3 mesi) o uguale o maggiore di 90 giorni (3 mesi).

Figura 4 - Diagramma di flusso sui criteri di scelta per l'acquisto di apparecchiature e componenti accessorie



8 CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE E DELLE AREE DI PERTINENZA

8.1 CARATTERISTICHE DELLE APPARECCHIATURE

8.1.1 GENERALITÀ

Le apparecchiature per il compostaggio di piccola scala dinamico rientrano nel campo di applicazione della Direttiva Macchine 2006/42/CE, recepita in Italia dal D.Lgs. 17/2010.

8.1.2 MATERIALI

Tutte le tipologie di apparecchiature considerate, comprese le eventuali tramogge, le vasche di ricezione, le vasche di trasferimento e il contenitore del biofiltro, dovrebbero essere costruite con materiali o rivestimenti che non rilascino residui di ossidazione da attacchi acidi (dovuti alla trasformazione dell'organico) e che trattengano i liquidi.

In particolare, per la realizzazione di tutte le zone a diretto contatto con il rifiuto organico, si raccomanda l'utilizzo di acciaio inox AISI 316L X5CrNiMo 17-12-2 (UNI EN 10088-1) o AISI 304 X5CrNi 18-10 (UNI EN 10088-1). Possono essere utilizzati altri materiali purché abbiano caratteristiche di resistenza meccanica e all'aggressione degli acidi umici simili a quelle dei materiali sopracitati.

8.1.3 SENSORISTICA

I sensori di CO₂ e CH₄ dovrebbero essere collocati nel condotto di emissione dell'aria esausta dell'apparecchiatura. Gli altri sensori dovrebbero essere collocati nel condotto di emissione dell'aria esausta del biofiltro. Qualora l'apparecchiatura sia collocata in realtà confinate e scarsamente areate, i sensori dovrebbero essere collocati anche al di fuori del condotto ad una distanza di 2 m dall'apparecchiatura. I sensori per il rilievo della temperatura e dell'umidità dovrebbero essere collocati in zone a diretto contatto con il rifiuto organico.

8.1.4 INTERFACCIA UOMO-MACCHINA

L'interfaccia dovrebbe garantire la leggibilità dei valori rappresentati attraverso l'utilizzo di caratteri e con una dimensione minima di 12 pixel.

Nel caso di apparecchiature semplici e di piccole dimensioni l'interfaccia può essere di tipo elettromeccanico, altrimenti dovrebbe essere costituita da un sistema di pannelli operatori touchscreen dotati di menù che consente di:

- evincere i valori di temperatura e umidità, la concentrazione di anidride carbonica CH₄, NH₃, H₂S, e le pesate di processo;
- evidenziare l'innescò della fase termofila in maniera naturale e non indotta (per una corretta igienizzazione);
- dare la possibilità agli operatori di fare le giuste correzioni parametriche al fine di rendere ottimale il processo.

8.1.5 POTENZE INSTALLATE E CONSUMI

Le potenze variano in funzione della tipologia di macchina: le apparecchiature ad aspi interne necessitano di potenze maggiori rispetto a quelle a tamburo rotante.

In assenza di fonti di calore aggiuntive, le potenze dovrebbero rientrare entro i valori massimi indicati nel Prospetto 1.

Fonti di calore aggiuntive (preferibilmente utilizzando energie rinnovabili come pannelli termici, pannelli solari, geotermia ecc.) possono essere utilizzate soltanto a completamento del riscaldamento naturale derivante dall'attività microbica ottenuto con aggiunta di microorganismi, cicli di rimescolamento e insufflazione di aria nella biomassa organica.

Prospetto 1 - Potenze installate e consumi

Taglia/Tonnellate	KW max installati	Consumo mensile (KW/h mese)
10	4,3	127
20	4,9	153
30	5,4	177
40	5,8	186
50	6,8	232
60	7,0	239
70	8,4	298
80	9,8	314
90	9,8	314
100	9,8	314
120	11,6	396
130	11,7	396
200	14,5	502
250	15,5	547
500	18,7	667
1000	24,2	888

8.2 CARATTERISTICHE DELLE AREE DI PERTINENZA DELLE APPARECCHIATURE

8.2.1 GENERALITÀ

Si raccomanda che le apparecchiature poggino su un basamento in cemento e qualora non siano collocate in ambiente confinato (capannone, casetta in legno, ecc.) siano protette da tettoia.

Le aree di pertinenza delle apparecchiature dovrebbero comprendere anche aree di stoccaggio dei cumuli che siano:

- collocate in ambiente confinato (per esempio in cassoni ermetici aerati), oppure
- coperte da tettoie o teli impermeabili, ma traspiranti, chimicamente stabili contro acidi e alcali e biologicamente stabili, resistente ai raggi UV in modo tale da proteggere il compost fresco dall'esposizione agli agenti atmosferici (vento o sole) e garantire il corretto livello di umidità gravimetrica (vedere punto 10.2.2).

Le superfici di accumulo dovrebbero essere progettate in maniera tale da avere un indice di permeabilità k minore di 10^{-7} m/s su 10 cm di spessore (raggiungibile per esempio con una platea di cemento o teli impermeabili o argille compresse). Eventuali residui liquidi prodotti dai cumuli dovrebbero essere raccolti in apposite vasche di stoccaggio e successivamente riutilizzati sui cumuli stessi oppure smaltiti ai sensi del D.Lgs. 152/2006. In caso di utilizzo di cassoni ermetici aerati questi possono essere collocati direttamente sul terreno indipendentemente dall'indice di permeabilità k .

8.2.2 ERGONOMIA

Qualora i punti di carico non siano ad altezza d'uomo (minimo 1,00 m; massimo 1,50 m), dovrebbero essere previsti accessori che facilitino la corretta fruizione della macchina, per esempio: passerelle, sistemi di caricamento, contenitori per la raccolta e per l'eventuale messa in cumulo del compost prodotto, ecc.

Qualora il compostaggio non sia a livello del terreno, lo scarico per la raccolta in contenitori o accessori simili dovrebbe essere posto ad un'altezza maggiore o uguale a 60 cm.

9 DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE E DELLE AREE DI STOCCAGGIO DEI CUMULI

9.1 GENERALITÀ

Prima dell'ordine o della redazione di un bando, l'acquirente dovrebbe effettuare il dimensionamento delle apparecchiature e delle aree di stoccaggio dei cumuli al fine di individuare l'apparecchiatura adatta alle proprie esigenze.

Il dimensionamento delle apparecchiature consta dei seguenti passi:

- stima della produzione di rifiuto organico e degli abitanti da servire;
- calcolo della taglia dell'apparecchiatura;
- calcolo del volume dell'apparecchiatura.

Il dimensionamento delle aree di stoccaggio dei cumuli consta dei seguenti passi:

- dimensionamento dei cumuli di strutturante;
- dimensionamento dei cumuli o dei contenitori aerati per la maturazione del compost, qualora si opti per apparecchiature con trattamento a 30 giorni o a 60 giorni.

9.2 DIMENSIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE

9.2.1 STIMA DELLA PRODUZIONE DI RIFIUTO ORGANICO E DEGLI ABITANTI SERVITI

In assenza di analisi merceologiche puntuali (per le quali si rimanda alla UNI/PdR 123/2021), si raccomanda di utilizzare, per la stima della produzione di rifiuto organico, i dati del proprio comune presenti nel catasto rifiuti).

In assenza anche di dati nel catasto comunale, o qualora il dato sia inferiore a 80 kg/ab/anno, si dovrebbe utilizzare:

- per le mense (maggiori produttori di rifiuto organico urbano) la stima di 235 g/pasto;
- in tutti gli altri casi, la stima di 120 kg/ab/anno ai sensi del DM 266/2016.

UNI/PdR 137:2023

Data una produzione di rifiuto organico pari a 120 kg/ab/anno, noti la quantità di materiale strutturante (pari al 15% della biomassa organica) e il numero di abitanti da servire è possibile calcolare la taglia dell'apparecchiatura (vedere Prospetto 2):

$$Taglia = \frac{ab}{7,083}$$

Dove:

7,083 è un coefficiente lineare ($\frac{ab \times anno}{t}$)

ab sono gli abitanti da servire.

Qualora la produzione di rifiuti organici sia diversa da 120 kg/ab/anno, la taglia si calcola con formula seguente, approssimando il risultato a quello immediatamente superiore tra quelli commercialmente disponibili.

$$Taglia = \frac{(pr * ab)}{85} \times 100$$
$$Taglia = \frac{1000}{1000}$$

Dove:

pr è la produzione di rifiuto organico kg/ab/anno

ab sono gli abitanti da servire.

Prospetto 2 - Taglia in funzione di produzione di rifiuto organico, strutturante e abitanti da servire

Taglia	Pr	Strutturante	Abitanti
t/anno	t/anno	t/anno	-
10	8.5	1.5	71
20	17,0	3.0	142
30	25,5	4.5	213
40	34,0	6.0	283
50	42,5	7.5	354
60	51,0	9.0	425
70	59,5	10.5	496
80	68,0	12.0	567
90	76.5	13.5	638
100	85,0	15.0	708
110	93.5	16.5	779
120	102.0	18,0	850
130	110.5	19.5	921
200	170,0	30	1.417
250	212,5	37,5	1.771
500	425,0	75,0	3.541
1000	850,0	150	7.083

9.2.2 VOLUMI DELLE APPARECCHIATURE

Si raccomanda che i volumi ricadano nell'intervallo tra $\pm 10\%$ dei valori indicati nel Prospetto 3 in funzione della taglia e del tempo di permanenza del materiale (30 giorni, 60 giorni o 90 giorni). Le modalità di calcolo sono illustrate in Appendice A.

Prospetto 3 - Volumi minimi in funzione della taglia

Taglia t/anno	Volumi (m^3)		
	30 giorni	60 giorni	90 giorni
10	1,4	2,4	3,4
20	2,7	4,8	6,8
30	4,1	7,2	10,3
40	5,5	9,6	13,7
50	6,8	12,0	17,1
60	8,2	14,4	20,5
70	9,6	16,8	24,0
80	11,0	19,2	27,4
90	12,3	21,6	30,8
100	13,7	24,0	34,2
110	15,1	26,4	37,7
120	16,4	28,8	41,1
130	17,8	31,2	44,5
200	27,4	47,9	68,5
250	34,2	59,9	85,6
500	68,5	119,9	171,2
1000	137,0	239,7	342,5

9.2.3 VOLUMI MINIMI DEL BIOFILTRO

I volumi minimi raccomandati del biofiltro in funzione di taglia e classe di apparecchiatura (a 30 giorni, a 60 giorni o a 90 giorni) sono indicati nel Prospetto 4. Le modalità di calcolo sono illustrate in Appendice B.

Prospetto 4 - Volumi minimi del biofiltro

Taglia	Apparecchiatura a 30 giorni	Apparecchiatura a 60 giorni	Apparecchiatura a 90 giorni
t/anno	m ³	m ³	m ³
10	0,07	0,10	0,14
20	0,14	0,21	0,28
30	0,21	0,31	0,42
40	0,28	0,42	0,56
50	0,35	0,52	0,69
60	0,42	0,63	0,83
70	0,49	0,73	0,97
80	0,56	0,83	1,11
90	0,63	0,94	1,25
100	0,69	1,04	1,39
110	0,76	1,15	1,53
120	0,83	1,25	1,67
130	0,90	1,35	1,81
200	1,39	2,08	2,78
250	1,74	2,60	3,47
500	3,47	5,21	6,94
1000	6,94	10,42	13,89

9.3 DIMENSIONAMENTO DELLE AREE DI STOCCAGGIO DEI CUMULI

9.3.1 GENERALITÀ

Il dimensionamento delle aree di stoccaggio dei cumuli e dei contenitori aerati per la maturazione della biomassa organica e per l'accumulo dello strutturante è fondamentale per finalizzare al meglio gli acquisti delle strutture accessorie necessarie (vedere punto 8.2.1).

Per calcolare le aree dei cumuli si raccomanda di schematizzare i cumuli come coni (vedere Figura 3).

9.3.2 AREE DEI CUMULI IN MATURAZIONE

9.3.2.1 AREE DEI CUMULI IN MATURAZIONE A 60 GIORNI (APPARECCHIATURE A 30 GIORNI)

Le aree raccomandate per i cumuli in maturazione a 60 giorni in funzione di taglia, biomassa organica immessa, biomassa organica in maturazione, volume, raggio e altezza del cono sono indicati nel Prospetto 5. Le modalità di calcolo sono illustrate in Appendice C.

Prospetto 5 - Aree dei cumuli in maturazione per 60 giorni (apparecchiature a 30 giorni)

Taglia	Biomassa organica immessa	Biomassa organica in maturazione	Volume	Raggio	Altezza	Area
t/anno	t/mese	t/mese	m3	m	m	m2
10	0,8	0,4	1,0	1,2	0,7	4,5
20	1,7	0,8	2,1	1,5	0,9	7,2
30	2,5	1,3	3,1	1,7	1,0	9,4
40	3,3	1,7	4,2	1,9	1,1	11,4
50	4,2	2,1	5,2	2,1	1,2	13,2
60	5,0	2,5	6,3	2,2	1,3	14,9
70	5,8	2,9	7,3	2,3	1,3	16,5
80	6,7	3,3	8,3	2,4	1,4	18,1
90	7,5	3,8	9,4	2,5	1,4	19,5
100	8,3	4,2	10,4	2,6	1,5	21,0
110	9,2	4,6	11,5	2,7	1,5	22,3
120	10,0	5,0	12,5	2,7	1,6	23,7
130	10,8	5,4	13,5	2,8	1,6	25,0
200	16,7	8,3	20,8	3,3	1,9	33,3
250	20,8	10,4	26,0	3,5	2,0	38,6
500	41,7	20,8	52,1	4,4	2,5	61,3
1000	83,3	41,7	104,2	5,6	3,2	97,3

NOTA Le aree sono riferite al singolo cumulo, qualora si adottino delle scelte tecniche differenti si possono prevedere più cumuli.

9.3.2.2 AREE DEI CUMULI IN MATURAZIONE PER 30 GIORNI (APPARECCHIATURE A 60 GIORNI)

Le aree raccomandate dei cumuli in maturazione per 30 giorni in funzione di taglia, biomassa organica immessa, biomassa organica in maturazione, volume, raggio e altezza del cono sono indicati nel Prospetto 6. Le modalità di calcolo sono illustrate in Appendice C.

Prospetto 6 - Aree dei cumuli in maturazione per 30 giorni (apparecchiature a 60 giorni)

Taglia	Biomassa organica immessa	Biomassa organica in maturazione	Volume	Raggio	Altezza	Area
t/anno	ton/mese	ton/mese	m3	m	m	m2
10	0,8	0,3	0,8	1,1	0,6	3,9
20	1,7	0,7	1,7	1,4	0,8	6,2
30	2,5	1,0	2,5	1,6	0,9	8,1
40	3,3	1,3	3,3	1,8	1,0	9,8
50	4,2	1,7	4,2	1,9	1,1	11,4
60	5,0	2,0	5,0	2,0	1,2	12,9
70	5,8	2,3	5,8	2,1	1,2	14,2
80	6,7	2,7	6,7	2,2	1,3	15,6
90	7,5	3,0	7,5	2,3	1,3	16,8
100	8,3	3,3	8,3	2,4	1,4	18,1
110	9,2	3,7	9,2	2,5	1,4	19,2
120	10,0	4,0	10,0	2,5	1,5	20,4
130	10,8	4,3	10,8	2,6	1,5	21,5
200	16,7	6,7	16,7	3,0	1,7	28,7
250	20,8	8,3	20,8	3,3	1,9	33,3
500	41,7	16,7	41,7	4,1	2,4	52,8
1000	83,3	33,3	83,3	5,2	3,0	83,8

9.3.3 AREE DEI CUMULI DI STRUTTURANTE

Le aree raccomandate per i cumuli di strutturante, in accumulo per minimo 30 giorni, in funzione di taglia, biomassa organica immessa, biomassa organica in maturazione, volume, raggio e altezza del cono sono indicati nel Prospetto 7. Le modalità di calcolo sono illustrate in Appendice C.

Prospetto 7 - Aree dei cumuli di strutturante

Taglia	Biomassa organica immessa	Strutturante	Volume	Raggio	Altezza	Area
t/anno	t/mese	t/mese	m3	m	m	m2
10	0,8	0,1	0,4	0,9	0,5	2,5
20	1,7	0,3	0,8	1,1	0,6	3,8
30	2,5	0,4	1,3	1,3	0,8	5,3
40	3,3	0,5	1,7	1,4	0,8	6,2
50	4,2	0,6	2,1	1,5	0,9	7,1
60	5,0	0,8	2,5	1,6	0,9	8,0
70	5,8	0,9	2,9	1,7	1,0	9,1
80	6,7	1,0	3,3	1,8	1,0	10,2
90	7,5	1,1	3,8	1,8	1,0	10,2
100	8,3	1,3	4,2	1,9	1,1	11,3
110	9,2	1,4	4,6	2	1,2	12,6
120	10,0	1,5	5,0	2	1,2	12,6
130	10,8	1,6	5,4	2,1	1,2	13,8
200	16,7	2,5	8,3	3,1	1,8	30,2
250	20,8	3,1	10,4	4,1	2,4	52,8
500	41,7	6,3	20,8	5,1	2,9	81,7
1000	83,3	12,5	41,7	6,1	3,5	116,8

10 VERIFICHE

10.1 GENERALITÀ

Le verifiche si articolano in quattro categorie:

1. Verifiche durante l'intero corso del processo di compostaggio di piccola scala dinamico:
 - verifica della qualità merceologica dei rifiuti organici;
 - verifiche delle caratteristiche prestazionali del processo;
 - verifiche della taratura del sistema di pesatura e dei livelli di rumore.
2. Verifiche in fase di installazione delle apparecchiature.
3. Verifiche di collaudo dopo l'avvio delle apparecchiature entro i primi 30 giorni (opzionali).
4. Verifiche in fase di esercizio del processo di compostaggio di piccola scala dinamico (dopo i primi 30 giorni):
 - verifica del grado di maturazione del compost;
 - verifica dell'efficacia del biofiltro.

A queste si aggiungono le verifiche previste dal D.Lgs. 75/2010, unicamente riferite al compostaggio locale, che dovrebbero essere effettuate ogni due anni qualora la qualità del rifiuto sia elevata (vedere punto 10.2.1) e sia presente una sensoristica in grado di rilevare in continuo (almeno 1 all'ora) livelli di CO₂, temperatura e componenti odorigene (NH₃, H₂S). Qualora la qualità del rifiuto non sia elevata dovrebbero essere effettuata almeno un'analisi l'anno al fine di monitorare l'andamento del processo al fine di riportarlo entro livelli accettabili.

10.2 VERIFICHE DI PROCESSO

10.2.1 VERIFICHE DELLA QUALITÀ MERCEOLOGICA DEI RIFIUTI ORGANICI

Il rifiuto organico da utilizzare nella miscela deve poter produrre compost con una presenza di frazioni estranee non compostabili al di sotto del 2% in peso, come anche indicato nel DM 266/2016. La valutazione delle impurità dovrebbe essere eseguita su un campione di partenza di 50 kg procedendo ad analisi merceologica secondo le indicazioni fornite dalla UNI/PdR 123/2021.

Con apparecchiature di taglia fino a 50 t/anno si raccomanda di effettuare almeno 1 analisi all'anno. Con apparecchiature di taglia sopra le 50 t/anno si raccomanda di effettuare almeno 2 analisi all'anno, distanziate di almeno 3 mesi.

Qualora vengano rilevate delle impurità oltre il 2%, le analisi dovrebbero essere ripetute altre 2 volte e se il superamento del 2% viene confermato, il rifiuto organico dovrebbe essere avviato a smaltimento o ad impianto industriale di recupero.

10.2.2 VERIFICHE PRESTAZIONALI DEL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO DI PICCOLA SCALA DINAMICO

Le verifiche prestazionali del processo di compostaggio di piccola scala dinamico riguardano i seguenti parametri (valori di riferimento riportati nel Prospetto 8).

- Rapporto carbonio azoto (C/N): la verifica si effettua confrontando i dati ottenuti tramite almeno due analisi merceologiche su un campione di rifiuto organico di peso minore o uguale a 50 kg, eseguite secondo la UNI/PdR 123:2021, con i dati indicati nell'Appendice 1 del Manuale ANPA. Conoscendo il rapporto C/N di ogni componente del rifiuto organico e il rapporto C/N dello strutturante, si esegue la media pesata per ricavare il rapporto carbonio azoto da confrontare con il rapporto carbonio azoto (C/N) accettabile o ottimale di Prospetto 8. In alternativa si sottopone il residuo organico, derivante dai due campionamenti (effettuati sempre secondo la UNI/PdR 123:2021) ad un'analisi secondo la UNI 10780 e si confronta con il rapporto carbonio azoto accettabile o ottimale di Prospetto 8.
- Temperatura nella biomassa organica: la temperatura dovrebbe essere compresa tra 35 °C e 60 °C e non dovrebbe mai superare 65 °C, perché oltre questa temperatura il processo uccide i microrganismi utili. Inoltre, per almeno 3 giorni, la temperatura dovrebbe raggiungere 55 °C. La temperatura si misura prima nella biomassa organica e successivamente nei cumuli in maturazione (ove presenti). Il rilievo si effettua in continuo (almeno 1 rilievo all'ora) tramite sensori collocati alla base del contenitore. Qualora si rilevi una temperatura sotto 35 °C, si diminuiscono le insufflazioni di aria o i rimescolamenti e si aggiunge materiale fresco. Se le temperature superano i 70°C, si aggiunge acqua nell'apparecchiatura.
- Umidità gravimetrica: la percentuale di umidità gravimetrica dovrebbe essere compresa tra 57% e 63% e non dovrebbe mai essere minore di 45% o maggiore del 65%. Un'umidità minore del 45% o maggiore del 65%, infatti, provoca l'arresto del processo di compostaggio. Il rilievo si effettua in continuo (almeno 1 all'ora) tramite sensori posti nel camino di uscita del biofiltro. Se l'umidità è minore del 57% si aggiunge acqua nell'apparecchiatura, se è maggiore del 63% si aggiunge materiale strutturante e si aumentano i rimescolamenti/insufflazioni di aria.
- Proprietà fisico-meccaniche del substrato (solo per apparecchiature con taglia maggiore di 30 t/anno): il diametro medio delle particelle di biomassa organica dovrebbe essere compreso tra 0,5 cm e 5 cm al fine di avere una congrua porosità. La misura si esegue ogni qual volta viene conferito il rifiuto organico nell'apparecchiatura e comunque almeno una volta ogni 90 giorni. Si esegue prendendo circa 10 kg di rifiuto organico dello scarico di giornata, facendo 10 prelievi in 5 punti diversi scelti casualmente. In ogni punto si preleva circa 1 kg di materiale in superficie e un 1 kg di materiale ad una profondità di tra 20 cm e 30 cm. Successivamente si setacciano i 10 kg con vaglio avente maglie di 5 cm². Il sottovaglio ottenuto, viene vagliato a sua volta con setaccio avente maglie di 0,5 cm². Infine si eseguono le pesate del sopravaglio della setacciatura a 5 cm² e del sottovaglio della setacciatura a 0,5 cm². In presenza di particelle con diametro maggiore di 5 cm eccedenti il 20% della verifica, si sottopone il rifiuto organico all'azione di un tritatore. In presenza di particelle con diametro minore di 0,5 cm eccedenti il 20% della verifica, il rifiuto organico può essere scartato oppure compostato qualora lo strutturante sia maggiore del 40% della biomassa organica.
- Ph: i valori di pH della biomassa organica dovrebbero essere compresi tra 5,5 e 9. Il rilievo si effettua tramite pHmetro a sonda, su 1 kg di biomassa organica, all'avvio dell'apparecchiatura e mensilmente, sul compost maturo ogni tre mesi. In caso di ph minore di 6,5 o maggiore di

8,5, si agisce sulle quantità delle varie componenti della miscela in termini e in particolare sul rapporto C/N.

- Portata d'aria nei primi 30 giorni: la portata d'aria nei primi 30 giorni dovrebbe essere maggiore o uguale di 10 m³/h per tonnellata di rifiuto organico presente nel contenitore. Questo valore si raggiunge con rimescolamenti della biomassa organica e insufflazione dell'aria nell'apparecchiatura (almeno tre ricambi di aria l'ora). Il rilievo è effettuato in continuo (almeno 1 all'ora) tramite anemometro nel camino di uscita del filtro.

Prospetto 8 - Intervalli di compatibilità e intervalli ottimali dei principali parametri di processo

Parametro	Intervallo compatibilità	Intervallo ottimale
Rapporto C/N	20:1 ÷ 40:1	20:1 ÷ 30:1
Temperatura nella biomassa organica (°C)	35 ÷ 70	35 ÷ 60
Umidità gravimetrica (%)	45 ÷ 65	57 ÷ 63
Dimensione delle particelle (Ø cm)	0,5 ÷ 5,0	0,5÷5,0
pH	5,5 ÷ 9,0	6,5 ÷ 8,5
Portata d'aria (m ³ /h/t)	≥10	≥10

Oltre ai parametri sopramenzionati, assumono particolare importanza i seguenti gas:

- CO₂ (anidride carbonica): indicatore della respirazione batterica;
- CH₄ (metano): indicatore di processi anaerobici in atto;
- NH₃ (ammoniaca): indicatore del rilascio di azoto e di cattivi odori;
- H₂S (acido solfidrico): indicatore del rilascio di zolfo e di cattivi odori.

Questi gas dovrebbero essere rilevati in continuo (almeno un rilievo all'ora):

- con strumento aspiratore munito di sensori, posto a due metri dal camino (area dove può trovarsi il lavoratore o l'utente del conferimento diretto);
- con sensori posti sul camino in uscita del biofiltro.

I valori misurati nel primo caso sono messi in relazione con le soglie massime TWA e STEL, nel secondo caso con le soglie limite di intervento.

Il Prospetto 9 riporta:

- le soglie massime TWA e STEL;
- i valori minimi e massimi che possono essere rilevati dai sensori;
- gli errori di misura dei sensori;
- le soglie limite di intervento (oltre le quali sono raccomandati uno o più interventi per rientrare nelle soglie limite);
- gli interventi raccomandati al superamento delle soglie limite.

Prospetto 9 – Valori di riferimento dei gas coinvolti nel processo di compostaggio di piccola scala dinamico

Parametro	TLV-TWA	TLV-STEL	Min	Max	Errore di misura	Soglia limite di Intervento ¹⁾	Intervento
CO2 (ppm)	5000 ¹⁾	15.000 ²⁾	400	100 000	100	10 000	Aumento della ventilazione
CH4 (ppm)	1 000 ³⁾	n.a.	2	1 000	10	100	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento di rimescolamenti /insufflazioni di aria – Nuova verifica di proprietà fisico-meccaniche della biomassa organica e rapporto C/N
NH3 (ppm)	20 ¹⁾	50 ¹⁾	0	1000	5	10	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento di rimescolamenti /insufflazioni di aria – Nuova verifica di rapporto C/N e efficienza del biofiltro
H2S (ppm)	5 ¹⁾	10 ¹⁾	0	100	5	5	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento di rimescolamenti /insufflazioni di aria – Nuova verifica proprietà fisico-meccaniche della biomassa organica, rapporto C/N e efficienza del biofiltro
<p>NOTA 1 I valori sono desunti dall'allegato XXXVIII del D.Lgs. 81/08.</p> <p>NOTA 2 Il valore è desunto dal riferimento bibliografico.</p> <p>NOTA 3 Il valore è desunto dal riferimento bibliografico.</p>							

10.2.3 VERIFICHE DELLA TARATURA DEL SISTEMA DI PESATURA, DEI LIVELLI DI RUMORE E DELLA FUNZIONALITÀ DEI SENSORI

La verifica della taratura del sistema di pesatura si effettua inserendo nella vasca, ad apparecchiatura ferma, 5 pesi campione (per esempio 5 sacchetti cadauno da 20 kg e rilevandone il peso).

Qualora si verificano delle difformità tra la pesatura e i pesi campione maggiori del 10%, l'apparecchiatura dovrebbe essere tarata nuovamente da azienda specializzata.

La verifica dei livelli di rumore dovrebbe essere effettuata almeno con cadenza annuale utilizzando strumenti empirici (per esempio vedere riferimento [17]). Qualora si ottenga uno sfioramento del 10% dei livelli di rumore rispetto ai livelli misurati in fase di collaudo, le verifiche dovrebbero essere ripetute da tecnico specializzato. Qualora queste verifiche confermino lo sfioramento, si sottopone l'apparecchiatura a manutenzione.

Con cadenza almeno quinquennale dovrebbe essere effettuata anche una verifica della corretta funzionalità dei sensori e della qualità della misura. Per quanto riguarda i sensori di gas si utilizzano contenitori o bombolette con quantità note dei gas che si vogliono rilevare, irrorati a qualche centimetro dai sensori, per quanto riguarda i sensori di temperatura fonti di calore a temperatura costante e nota.

10.3 VERIFICHE IN FASE DI INSTALLAZIONE

Le verifiche (valide anche per apparecchiature usate e/o noleggiate) in fase di installazione hanno inizio quando l'installatore e/o collaudatore (che potrebbe non coincidere con il fornitore) consegna la "dichiarazione di corretta installazione" all'acquirente e sono effettuate in giornata. Non si discostano da quelle eseguite presso lo stabilimento del fabbricante salvo il fatto che, nella fase finale, sono condotte in presenza dell'acquirente al fine di attestare che i requisiti prestazionali dichiarati siano effettivamente soddisfatti.

Sono suddivise in:

- Verifica della corrispondenza delle caratteristiche dimensionali rispetto a quanto indicato nel bando di gara o nella richiesta di fornitura.
- Verifica della corrispondenza dei parametri dell'apparecchiatura con quanto indicato nel "manuale d'uso e manutenzione" che dovrebbe avere i seguenti contenuti minimi:
 - descrizione dell'apparecchiatura;
 - materiali utilizzati;
 - specifiche tecniche dei motori, della parte elettrica, del biofiltro, dei sensori;
 - descrizione del ciclo di funzionamento in relazione alle varie parti dell'apparecchiatura;
 - modalità di installazione dell'apparecchiatura;
 - descrizione della manutenzione;
 - informazioni sulla sicurezza e utilizzo dei pittogrammi;
 - modalità di dismissione dell'apparecchiatura.

- Qualora sia presente un sistema di pesatura della biomassa organica, verifica della presenza di un apposito certificato di taratura secondo la UNI EN 17025.
- Verifica della presenza di un certificato fonometrico emesso secondo la UNI EN ISO 3740 e la UNI EN ISO 3747.
- Verifica della coibentazione (ossia del mantenimento del calore nei contenitori): la verifica si effettua con coperchi, prese d'aria e valvole chiuse, in assenza di vento e all'ombra e ha inizio quando la temperatura, misurata con termometri con risoluzione di ± 0.5 °C, supera la temperatura di 10 °C. Si carica un volume di acqua calda pari a 1/3 del volume dei contenitori. Si registra il tempo necessario affinché la temperatura dell'acqua calda scenda di 5 °C. La verifica è superata se il tempo necessario affinché la temperatura dell'acqua calda scenda di 5 °C, è maggiore o uguale di 4 ore.
- Verifica della coibentazione qualora le apparecchiature non presentino la tenuta del contenitore ai liquidi ma abbiano una vasca sotto al contenitore per la loro raccolta con sistema di ricircolo in continuo: una resistenza di calore si porta a 60 °C e si appoggia per 30 minuti su ognuno dei 4 punti opposti interni alla parete del contenitore. Trascorse 4 ore per ogni punto si misura la temperatura esternamente, nel punto corrispondente della parete del contenitore con un termoscaner. La verifica è superata qualora la temperatura rilevata in tutti i 4 punti sia compresa tra 0 °C e 40 °C.
- Verifica della tenuta idrica: si carica un volume di acqua calda pari a 1/3 del volume dei contenitori. Si esegue una linea di almeno 10 cm con un pennarello rosso a livello del pelo superficiale dell'acqua, in qualsiasi punto della parete del contenitore. Dopo almeno 4 ore (al termine del test di coibentazione), si esegue un'altra linea con pennarello rosso, a livello del pelo superficiale dell'acqua. A questo punto si misura con un metro la distanza in altezza delle due linee: la verifica è superata qualora questa distanza non superi i 5 cm.
- Verifica della tenuta idrica qualora le apparecchiature non presentino la tenuta del contenitore ai liquidi ma abbiano una vasca sotto al contenitore per la loro raccolta, con sistema di ricircolo in continuo: dopo aver chiuso tutte le valvole si riempie la vasca per circa 2/3 e si segna con un pennarello rosso una linea rossa di almeno 10 cm, sulla parte interna della vasca in qualsiasi punto. Dopo 4 ore si verifica se il livello si è abbassato, segnando il punto con pennarello rosso con una linea lunga almeno 10 cm. Si misura la distanza tra le due linee: la verifica è superata se tale distanza è inferiore a 1 cm.
- Verifica dei consumi elettrici: si eseguono due misurazioni dei consumi elettrici (1 ora per ciascuna misurazione) distanziate di almeno 24 ore e senza utilizzo di resistenze: la verifica è superata se le misure rientrano entro i limiti del Prospetto 1.

Dopo l'esecuzione delle prove, il fornitore redige e sottoscrive un rapporto di prova chiaro e conciso, attraverso il quale dà evidenza dell'esito positivo del collaudo finale e più in generale del corretto funzionamento della macchina. Nel rapporto di prova l'installatore e/o il collaudatore (persona incaricata dal fornitore) indica le condizioni di collaudo, i valori ottenuti durante le prove e le valutazioni effettuate durante le verifiche. La consegna del rapporto di prova all'utilizzatore finale individua la conclusione del processo di installazione dell'apparecchiatura.

10.4 VERIFICHE DOPO L'AVVIO DELLE APPARECCHIATURE (ENTRO I PRIMI 30 GIORNI)

10.4.1 GENERALITÀ

Tali verifiche, opzionali, hanno il fine di collaudare le apparecchiature nel corso dei primi 30 giorni e sono particolarmente raccomandate in caso di diatriba tra fabbricante e acquirente.

10.4.2 PREPARAZIONE DELLE VERIFICHE

Per effettuare le verifiche di collaudo nei primi 30 giorni è necessario preliminarmente creare una miscela di rifiuto organico e strutturante come segue:

- riempire il contenitore del biofiltro con corteccia di dimensioni comprese tra 1 cm e 5 cm, microrganismi effettivi e acqua (fino a raggiungere un contenuto di umidità pari al 60% del peso della massa filtrante);
- selezionare un campione di rifiuto organico che presenta le caratteristiche definite nel Prospetto 10 ed è stato sottoposto ad analisi merceologica secondo il punto 10.2.1;
- inserire il campione di rifiuto organico sopra citato a più riprese (da 8 a 12 volte);
- inserire nell'apparecchiatura uno strutturante costituito da segatura, cippato, pellet da stufa, o da un mix di questi materiali che rispetti le seguenti condizioni:
 - umidità compresa tra 20% e 30%;
 - rapporto C/N oltre 100.

Prospetto 10 - Parametri caratteristici del rifiuto organico utilizzato nelle verifiche entro i primi 30 giorni

Parametro	Limite di accettabilità	Modalità di verifica
C/N	25÷35	Analisi merceologica e determinazione come specificato nel punto 10.2.2
Umidità in %	50÷60	Analisi merceologica e determinazione attraverso apposita sonda e sensoristica
Impurità presenti in %	< 2	Analisi merceologica

In termini quantitativi:

- quantità totale di rifiuto organico (QTRUF) da sottoporre a verifica: $QTRUF = \frac{Taglia}{12}$
- quantità giornaliera di rifiuto organico (QGRUF) da sottoporre a verifica: $QGRUF = \frac{QTRUF}{30}$
- quantità giornaliera di strutturante: almeno il 15% della quantità giornaliera di rifiuto organico;
- quantità giornaliera di biomassa organica artificiale:

$$QGBOA = QGRUF + STRUT \times \frac{QGRUF}{100} \times 15$$

10.4.3 ESECUZIONE DELLE VERIFICHE

Le verifiche da effettuare nei primi 30 giorni (dopo l'avvio delle apparecchiature) sono le seguenti:

- verifica dei consumi elettrici giornalieri e delle potenze impegnate: la verifica è superata se i consumi elettrici giornalieri registrati e le potenze impegnate rientrano entro i limiti del Prospetto 1;
- verifica del tempo di permanenza della biomassa organica nell'apparecchiatura: almeno 20 elementi traccianti costituiti da tappi di bottiglia in plastica vengono immessi nel contenitore. All'uscita dell'apparecchiatura vengono raccolti gli elementi traccianti. I giorni trascorsi dall'immissione a quando sono usciti 10 elementi traccianti sono assunti come stima del tempo di permanenza che non dovrebbe essere mai minore di 30 giorni;
- verifica dell'areazione: si attiva la ventola e si misura la velocità del flusso di aria in uscita tramite anemometro collocato nel camino. La verifica è superata se le velocità rilevate sono maggiori o uguali delle velocità riportate nei prospetti riportati nel punto 10.5.2.2.

10.5 VERIFICHE IN FASE DI ESERCIZIO (DOPO I PRIMI 30 GIORNI)

10.5.1 VERIFICHE DEL GRADO DI MATURAZIONE DEL COMPOST

Per verificare il grado di maturazione del compost si raccomanda di misurare i seguenti parametri:

- l'indice di respirazione statico (vedere UNI 10780) o indice di respirazione dinamico (vedere UNI 11184);
- l'humus totale degli acidi umici e fulvici (vedere UNI 10780) o l'indice di germinazione (vedere UNI 10780).

I valori dell'indice di respirazione dovrebbero rispettare le seguenti disuguaglianze:

$$IR_{statico} < \frac{250 \text{ mg di } O_2}{\text{kg di solidi volatili all'ora}}$$

$$IR_{dinamico} < \frac{500 \text{ mg di } O_2}{\text{kg di solidi volatili all'ora}}$$

Il valore dell'humus totale degli acidi umici e fulvici dovrebbe essere minore del 7% del valore secco come indicato nel D.Lgs. 75/10.

In alternativa alla misura dell'humus totale degli acidi umici e fulvici, può essere eseguita la prova di germinazione utilizzando come pianta indicatore il *lepidium sativum* (vedere UNI 10780): qualora le radici del campione risultino avere un accrescimento maggiore del 25% rispetto al testimone, il compost, oltre a non avere componenti fitotossiche, può essere considerato maturo e utilizzabile come ammendante.

Le prove di respirazione sul compost dovrebbero essere eseguite dopo 90 giorni di trattamento e minimo ogni 2 anni, trimestralmente soltanto in assenza di una sola delle seguenti condizioni:

- sensoristica in grado di rilevare in continuo CO₂, temperatura e componenti odorigene (NH₃, H₂S);
- impurità nel compost finale minori del 2%.

La determinazione dell'humus totale degli acidi umici e fulvici o il test di germinazione dovrebbero eseguiti ogni tre mesi.

10.5.2 VERIFICHE DELL'EFFICACIA DEL BIOFILTRO

10.5.2.1 GENERALITÀ

L'efficacia del biofiltro dipende dai seguenti parametri:

- umidità relativa misurata una volta a settimana con sonda: qualora sia minore del 90% è necessario aggiungere acqua nel substrato filtrante;
- ph misurato una volta a settimana con phmetro a sonda: qualora il valore sia minore di 5 si sostituisce il substrato filtrante (che dovrebbe essere sostituita in ogni caso ogni 6 mesi);
- velocità del flusso dell'aria in uscita dal camino del biofiltro misurata in continuo con anemometro: vedere punto 10.5.2.2.

10.5.2.2 VERIFICA DELLA VELOCITÀ DEL FLUSSO DI ARIA IN USCITA DAL CAMINO DEL BIOFILTRO

La verifica è superata quando il valore della velocità di flusso è uguale o maggiore dei valori di velocità indicati in Prospetto 11, Prospetto 12, Prospetto 13. Tali valori garantiscono anche l'areazione minima della biomassa organica contenuta nel contenitore. Inoltre, per garantire l'abbattimento degli odori si dovrebbe avere un tempo minimo di contatto dell'aria esausta con il substrato filtrante di 30 secondi e una velocità del flusso d'aria all'interno del substrato filtrante di 0,014 m/s.

Prospetto 11 - Portate e velocità di flusso d'aria per apparecchiature a 30 giorni

Taglia	Taglia mensile	Portata d'aria totale richiesta	Velocità
t/anno	t/mese	m³/h	m/s
10	0,83	8,33	0,24
20	1,67	16,67	0,49
30	2,50	25,00	0,73
40	3,33	33,33	0,97
50	4,17	41,67	1,22
60	5,00	50,00	1,46
70	5,83	58,33	1,71
80	6,67	66,67	1,95
90	7,50	75,00	2,19
100	8,33	83,33	2,44
110	9,17	91,67	2,68
120	10,00	100,00	2,92
130	10,83	108,33	3,17
200	16,67	166,67	4,87
250	20,83	208,33	6,09
500	41,67	416,67	12,18
1000	83,33	833,33	24,37

Prospetto 12 - Portate e velocità di flusso d'aria per apparecchiature a 60 giorni

Taglia	Taglia mensile	Portata d'aria totale richiesta	Velocità
t/anno	t/mese	m³/h	m/s
10	0,83	12,50	0,37
20	1,67	25,00	0,73
30	2,50	37,50	1,10
40	3,33	50,00	1,46
50	4,17	62,50	1,83
60	5,00	75,00	2,19
70	5,83	87,50	2,56
80	6,67	100,00	2,92
90	7,50	112,50	3,29
100	8,33	125,00	3,65
110	9,17	137,50	4,02
120	10,00	150,00	4,39
130	10,83	162,50	4,75
200	16,67	250,00	7,31
250	20,83	312,50	9,14
500	41,67	625,00	18,27
1000	83,33	1250,00	36,55

Prospetto 13 - Portate e velocità di flusso d'aria per apparecchiature a 90 giorni

Taglia	Taglia mensile	Portata d'aria totale richiesta	Velocità
t/anno	t/mese	m³/h	m/s
10	0,83	16,67	0,49
20	1,67	33,33	0,97
30	2,50	50,00	1,46
40	3,33	66,67	1,95
50	4,17	83,33	2,44
60	5,00	100,00	2,92
70	5,83	116,67	3,41
80	6,67	133,33	3,90
90	7,50	150,00	4,39
100	8,33	166,67	4,87
110	9,17	183,33	5,36
120	10,00	200,00	5,85
130	10,83	216,67	6,34
200	16,67	333,33	9,75
250	20,83	416,67	12,18
500	41,67	833,33	24,37
1000	83,33	1666,67	48,73

Le modalità di calcolo delle velocità riportate in Prospetto 11, Prospetto 12 e Prospetto 13 sono le seguenti:

- dividendo la taglia per 12 si calcola la taglia mensile;
- si calcola la portata richiesta Q :
 - per apparecchiature di 30 gg $Q\left(\frac{m^3}{t}\right) = Q_1 = 10$
 - per apparecchiature di 60 gg $Q\left(\frac{m^3}{t}\right) = Q_1 + 5$
 - per apparecchiature di 90 gg $Q\left(\frac{m^3}{t}\right) = Q_1 + 2 \times (5)$
- si ricava la portata totale richiesta: $Q_{tot} = \text{Taglia mensile} \times Q$
- nota l'area della sezione del camino (generalmente $0,0095 \text{ m}^2$), si ricava la velocità:

$$v = \frac{Q_{tot}}{A}$$

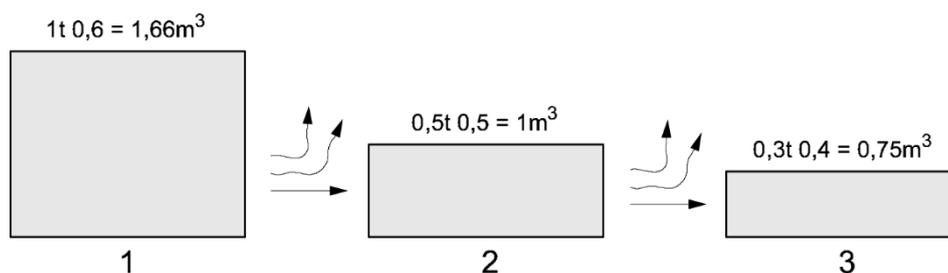
APPENDICE A CALCOLO DEI VOLUMI DELLE APPARECCHIATURE

A.1 IPOTESI ALLA BASE DEL CALCOLO DEI VOLUMI

Per dimensionare i volumi delle apparecchiature si considerano le seguenti ipotesi alla base:

- si suppone che la biomassa organica resti in macchina minimo 30 giorni;
- si considera, in via cautelativa, un riempimento del contenitore pari al 60% del volume;
- si ipotizza per l'apparecchiatura una forma cilindrica dove il rapporto tra la lunghezza e il diametro del cilindro sia pari al rapporto aureo ovvero 1,618 (i volumi riportati nel Prospetto 3 sono comunque validi anche per apparecchiature aventi forme o rapporti diametro e lunghezza diversi);
- si suppone che il volume medio occupato da una tonnellata di biomassa organica è di 1 m^3 nei primi 30 giorni di processo e di $0,75 \text{ m}^3$ al termine del processo (vedere Figura A.1), infatti:
 - 1 tonnellata di biomassa organica occupa un volume di $1,66 \text{ m}^3$ (peso specifico di $0,6 \text{ t/m}^3$);
 - nei primi giorni del processo di compostaggio la biomassa organica perde acqua fino a diventare compost con un peso di circa il 30% rispetto alla biomassa organica (per esempio 1 000 kg di biomassa organica diventano 300 kg di compost fresco);
 - al termine dei 30 giorni il compost diventa compost fresco con un peso di circa $0,5 \text{ t}$ che corrisponde a un volume di 1 m^3 (peso specifico di $0,5 \text{ t/m}^3$);
 - al termine del processo le quantità si riducono a $0,3 \text{ t}$ corrispondenti a $0,75 \text{ m}^3$ (peso specifico $0,4 \text{ m}^3/\text{ton}$).

Figura A.1 - Volumi occupati dalla biomassa organica nel corso del processo di compostaggio di piccola scala dinamico



Legenda:

- 1 Biomassa organica
- 2 Compost fresco
- 3 Compost maturo

A.2 VOLUMI APPARECCHIATURE A 30 GIORNI

A partire dalle ipotesi illustrate al punto A.1, il peso di biomassa organica si calcola come segue:

$$\text{peso biomassa organica} = \frac{\text{Taglia}}{365} \times 30$$

I volumi minimi nei primi 30 giorni, come indicato al punto A.1, corrispondono al peso di biomassa moltiplicato per uno (1 t di biomassa = 1 m³) e sono riportati nel Prospetto A.1.

Prospetto A.1 - Volumi minimi richiesti per i primi 30 giorni

Capacità	Biomassa organica	Volume
t/anno	t/30gg	m³
10	0,82	0,82
20	1,64	1,64
30	2,47	2,47
40	3,29	3,29
50	4,11	4,11
60	4,93	4,93
70	5,75	5,75
80	6,58	6,58
90	7,40	7,40
100	8,22	8,22
110	9,04	9,04
120	9,86	9,86
130	10,68	10,68
200	16,44	16,44
250	20,55	20,55
500	41,10	41,10
1.000	82,19	82,19

Si utilizzano le formule geometriche del cilindro (l'apparecchiatura è schematizzata come un cilindro capovolto): il raggio si ricava dal volume e la lunghezza dal rapporto aureo definito al punto A.1. Infine l'area occupata dall'apparecchiatura si schematizza come un rettangolo che ha come lati la lunghezza e il diametro dell'apparecchiatura stessa. I risultati del dimensionamento sono riportati nel Prospetto A.2.

Prospetto A.2 - Risultati del dimensionamento di apparecchiature a 30 giorni

Capacità	Mese	Volume	Riemp.	Volume cilindro	Raggio	Lunghezza	Area
t/anno	t/mese	m ³	%	m ³	m	m	m ²
10	0,82	0,82	60%	1,37	0,51	1,66	1,7
20	1,64	1,64	60%	2,74	0,65	2,09	2,7
30	2,47	2,47	60%	4,11	0,74	2,39	3,5
40	3,29	3,29	60%	5,48	0,81	2,63	4,3
50	4,11	4,11	60%	6,85	0,88	2,84	5,0
60	4,93	4,93	60%	8,22	0,93	3,02	5,6
70	5,75	5,75	60%	9,59	0,98	3,17	6,2
80	6,58	6,58	60%	10,96	1,03	3,32	6,8
90	7,40	7,40	60%	12,33	1,07	3,45	7,4
100	8,22	8,22	60%	13,70	1,10	3,57	7,9
110	9,04	9,04	60%	15,07	1,14	3,69	8,4
120	9,86	9,86	60%	16,44	1,17	3,80	8,9
130	10,68	10,68	60%	17,81	1,21	3,90	9,4
200	16,44	16,44	60%	27,40	1,39	4,50	12,5
250	20,55	20,55	60%	34,25	1,50	4,85	14,5
500	41,10	41,10	60%	68,49	1,89	6,11	23,1
1.000	82,19	82,19	60%	136,99	2,38	7,70	36,7

A.3 VOLUMI APPARECCHIATURE A 60 GIORNI

Nel caso in cui la biomassa organica resti nell'apparecchiatura per ulteriori 30 giorni, i volumi minimi richiesti sono indicati nel Prospetto A.3 (il volume occupato nella seconda fase è 0,75 m³ per tonnellata immessa, come definito al punto A.1).

Prospetto A.3 - Volumi minimi richiesti per i secondi 30 giorni

Capacità	Rifiuto organico	Volume
t/anno	t/30 giorni	m³
10	0,82	0,62
20	1,64	1,23
30	2,47	1,85
40	3,29	2,47
50	4,11	3,08
60	4,93	3,70
70	5,75	4,32
80	6,58	4,93
90	7,40	5,55
100	8,22	6,16
110	9,04	6,78
120	9,86	7,40
130	10,68	8,01
200	16,44	12,33
250	20,55	15,41
500	41,10	30,82
1.000	82,19	61,64

I risultati del dimensionamento sono riportati nel Prospetto A.4.

Prospetto A.4 - Risultati del dimensionamento di apparecchiature a 60 giorni

Taglia	Taglia mensile	Volume	Riempimento	Volume cilindro	Raggio	Lunghezza	Area
t/anno	t/mese	m³	%	m³	m	m	m²
10	0,82	1,4	60%	2,4	0,62	2,00	2,5
20	1,64	2,9	60%	4,8	0,78	2,52	3,9
30	2,47	4,3	60%	7,2	0,89	2,88	5,1
40	3,29	5,8	60%	9,6	0,98	3,17	6,2
50	4,11	7,2	60%	12,0	1,06	3,42	7,2
60	4,93	8,6	60%	14,4	1,12	3,63	8,2
70	5,75	10,1	60%	16,8	1,18	3,83	9,0
80	6,58	11,5	60%	19,2	1,24	4,00	9,9
90	7,40	12,9	60%	21,6	1,29	4,16	10,7
100	8,22	14,4	60%	24,0	1,33	4,31	11,5
110	9,04	15,8	60%	26,4	1,37	4,45	12,2
120	9,86	17,3	60%	28,8	1,41	4,58	13,0
130	10,68	18,7	60%	31,2	1,45	4,70	13,7
200	16,44	28,8	60%	47,9	1,68	5,43	18,2
250	20,55	36,0	60%	59,9	1,81	5,85	21,1
500	41,10	71,9	60%	119,9	2,28	7,37	33,5
1.000	82,19	143,8	60%	239,7	2,87	9,28	53,2

I volumi per una ipotetica terza fase di 30 giorni (dal 60° giorno al 90° giorno) sono gli stessi indicati nel Prospetto A.3.

A.4 VOLUMI APPARECCHIATURE A 90 GIORNI

I volumi minimi delle apparecchiature a 90 giorni sono riportati nel Prospetto A.5 e si ricavano sommando i volumi del Prospetto A.1 a quelli del Prospetto A.3 (per esempio il volume per una taglia di 80 t/anno è calcolato come $6,58 \text{ m}^3 + 4,93 \text{ m}^3 + 4,93 \text{ m}^3 = 16,44 \text{ m}^3$).

Prospetto A. 1 - Risultati del dimensionamento di apparecchiature a 90 giorni

Taglia	Taglia mensile	Volume	Riempimento	Volume cilindro	Raggio	Lunghezza	Area
t/anno	t/mese	m3	%	m3	m	m	m3
10	0,82	2,1	60%	3,4	0,70	2,25	3,1
20	1,64	4,1	60%	6,8	0,88	2,84	5,0
30	2,47	6,2	60%	10,3	1,00	3,25	6,5
40	3,29	8,2	60%	13,7	1,10	3,57	7,9
50	4,11	10,3	60%	17,1	1,19	3,85	9,2
60	4,93	12,3	60%	20,5	1,26	4,09	10,3
70	5,75	14,4	60%	24,0	1,33	4,31	11,5
80	6,58	16,4	60%	27,4	1,39	4,50	12,5
90	7,40	18,5	60%	30,8	1,45	4,68	13,6
100	8,22	20,5	60%	34,2	1,50	4,85	14,5
110	9,04	22,6	60%	37,7	1,55	5,01	15,5
120	9,86	24,7	60%	41,1	1,59	5,16	16,4
130	10,68	26,7	60%	44,5	1,64	5,30	17,3
200	16,44	41,1	60%	68,5	1,89	6,11	23,1
250	20,55	51,4	60%	85,6	2,03	6,58	26,8
500	41,10	102,7	60%	171,2	2,56	8,30	42,5
1.000	82,19	205,5	60%	342,5	3,23	10,45	67,5

APPENDICE B CALCOLO DEI VOLUMI DEL BIOFILTRO

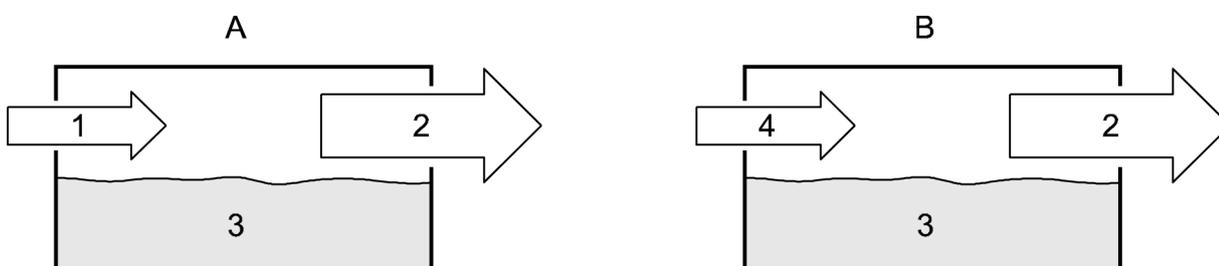
B.1 CALCOLO DELLA LUNGHEZZA DEL BIOFILTRO

Per dimensionare il volume del biofiltro è necessario calcolare la lunghezza del biofiltro.

Per calcolare la lunghezza del biofiltro si assumono:

- un tempo minimo di contatto tra aria e materiale filtrante pari a 30 s;
- una velocità dell'aria in uscita pari a 0,014 m/sec;
- una portata dell'aria di passaggio nella biomassa organica e convogliata nel substrato filtrante pari a 10 m³/h/ton. La portata richiesta cambia dopo i primi 30 giorni come indicato nella Figura B.1.

Figura B.1 - Parametri fase di bioossidazione e fase di maturazione



Legenda:

A Bioossidazione

B Maturazione

1 Portata d'aria fase di bioossidazione (10 m³/ora/t)

2 Velocità dell'aria in uscita (0,014 m/sec)

3 Tempo di permanenza (30 giorni/60 giorni/90 giorni)

4 Portata d'aria fase di maturazione (10 m³/ora/t)

La lunghezza del biofiltro (l) si calcola con la seguente formula:

$$l = 0,014 \frac{m}{s} \times 30 s = 0,42 m$$

I valori dei parametri del biofiltro sono riassunti nel Prospetto B.1.

Prospetto B.1 - Valori parametri del biofiltro

Parametro	Valore	Unità di misura
Portata richiesta	10	M ³ /h/t
Tempo di contatto	30	s
Velocità richiesta	0.014	m/s
Lunghezza biofiltro	0,42	m

I calcoli dei volumi del biofiltro (riportati nei punti 9.2.3.1, 9.2.3.2 e 9.2.3.3) variano a seconda della tipologia di apparecchiatura (a 30 giorni, a 60 giorni o a 90 giorni).

B.2 VOLUMI MINIMI DEL BIOFILTRO NEL CASO DI APPARECCHIATURE A 30 GIORNI

A partire dalla taglia e dalla portata richiesta si calcola la portata totale ($PT1$). Nota la portata totale e la velocità si calcola l'area di sezione ($SE1$). A partire dall'area di sezione e dalla lunghezza del biofiltro si calcola il volume del biofiltro ($VB1$).

Si riportano di seguito le formule:

$$PT1 = \left(\frac{Taglia}{12} \right) \times \frac{10}{3600}$$

$$SE1 = \frac{PT1}{0,014}$$

$$VB1 = SE1 \times 0,42$$

B.3 VOLUMI MINIMI DEL BIOFILTRO NEL CASO DI APPARECCHIATURE A 60 GIORNI

Nel calcolo occorre tenere conto di due diverse portate, nei primi 30 giorni ($10 \text{ m}^3/\text{ora}/t$) e nella fase di maturazione ($5 \text{ m}^3/\text{ora}/t$). Pertanto al volume $VB1$ dei primi 30 giorni si somma il volume $VB2$ dei secondi 30 giorni, per ottenere il volume complessivo totale $VB2T$.

Per il calcolo di $VB2$ si seguono i medesimi calcoli di cui al punto 9.2.3.2.

Si riportano di seguito le formule:

$$PT2 = \left(\frac{Taglia}{12} \right) \times \frac{5}{3600}$$

$$SE2 = \frac{PT2}{0,014}$$

$$VB2 = SE2 \times 0,42$$

$$VB2T = VB1 + VB2$$

B.4 VOLUMI MINIMI DEL BIOFILTRO NEL CASO DI APPARECCHIATURE A 90 GIORNI

Nel calcolo occorre tenere conto di due diverse portate, nei primi 30 giorni ($10 \text{ m}^3/\text{h}/t$) e nella fase di maturazione ($5 \text{ m}^3/\text{h}/t$). Pertanto al volume $VB1$ dei primi 30 giorni si somma il volume $VB2$ dei secondi 30 giorni, infine il $VB3$ dei terzi 30 giorni per ottenere il volume complessivo totale

Per il calcolo di $VB3$ si seguono i medesimi calcoli di cui ai punti 9.2.3.2 e 9.2.3.3.

Si riportano di seguito le formule:

$$PT3 = \left(\frac{Taglia}{12} \right) \times \frac{5}{3600}$$

$$SE3 = \frac{PT3}{0,014}$$

$$VB3 = SE3 \times 0,42$$

$$VB3T = VB1 + VB2 + VB3$$

APPENDICE C

CALCOLO DELLE AREE DEI CUMULI IN MATURAZIONE

Il calcolo dell'area dei cumuli in maturazione consta dei seguenti passi:

- 1) Si calcola il peso mensile della biomassa organica immessa (BO_i):

$$BO_i = \frac{Taglia}{12}$$

- 2) Si imposta il peso specifico della biomassa organica in maturazione ps :

- 0,5 t/m³ nel caso di cumuli in maturazione per 60 giorni;
- 0,4 t/m³ nel caso di cumuli in maturazione per 30 giorni;
- 0,3 t/m³ nel caso di cumuli di strutturante.

- 3) Si determina il peso mensile della biomassa organica in maturazione BO_m :

- 50% della biomassa organica immessa nel caso di cumuli in maturazione per 60 giorni;
- 40% della biomassa organica immessa nel caso di cumuli in maturazione per 30 giorni;
- 15% della biomassa organica immessa nel caso di cumuli di strutturante.

- 4) Si calcola il volume occupato dal cumulo: $V = \frac{BO_m}{ps}$

- 5) A partire dalla formula del volume del cono si ricava la formula del raggio con i seguenti passaggi:

$$V = \frac{\pi}{3} \times r^2 \times h$$

$$h = \tan(\alpha) \times r = 0,577 \times r$$

$$V = \frac{\pi}{3} \times r^3 \times 0,577$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{V \times 3}{\pi \times 0,577}}$$

- 6) Con la formula ricavata al punto 5) inserendo il volume calcolato al punto 4) si ricava il raggio.

- 7) Noto il raggio, si calcola l'area (formula del cerchio): $A = \pi \times r^2$

Alternativamente, nel caso in cui il compost fresco viene fatto maturare in contenitori aerati si procede come segue:

- 1) si seleziona il volume del contenitore forato (V_c) sulla base della geometria della compostiera elettromeccanica. Nel punto 9.3.2.1 sono assunti contenitori di dimensioni 100cmx100cmx100cm. Si seleziona la superficie occupata dal singolo cassone S_c .
- 2) si fissa un grado di riempimento (r) di circa l'85% tenendo conto che durante la maturazione si ha un'ulteriore riduzione volumetrica della massa;
- 3) si definisce il numero massimo di contenitori impilabili (k). Nel punto 9.3.2.1 si assume $k = 2$.

- 4) si applicano le seguenti relazioni per calcolare rispettivamente il numero di contenitori necessari (N) e la superficie (S) necessaria per stocarli impilati a coppie

$$N = \frac{V_{0m}}{(V_c \cdot R)}$$

Dove:

V_{0m} è il volume totale della massa di compost fresco da far maturare

V_c è il volume del contenitore forato

R è il grado di riempimento

$$S = \frac{N}{k} \cdot S_c$$

Dove:

N è il numero di contenitori necessari

k è il numero massimo di contenitori impilabili

S_c è la superficie occupata dal singolo cassone.

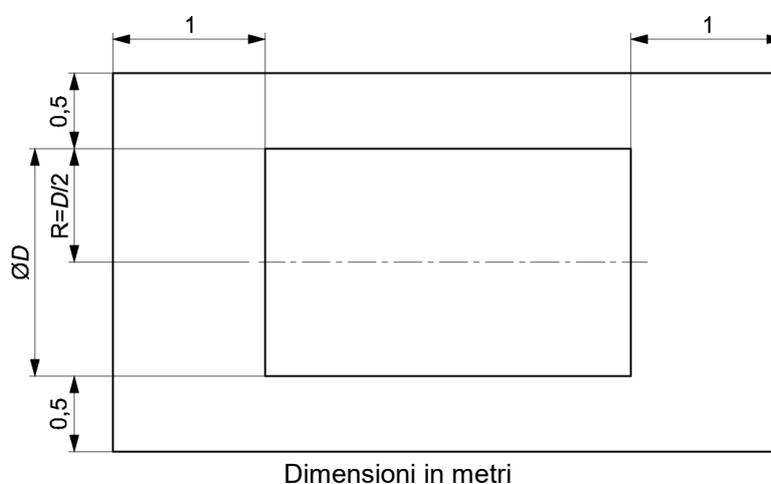
APPENDICE D

CALCOLO DELLE AREE DI PERTINENZA DELL'APPARECCHIATURA

L'area di pertinenza dell'apparecchiatura è costituita da:

- area occupata dall'apparecchiatura (vedere Appendice A);
- area di manovra attorno all'apparecchiatura: minimo 1 m dalla parte posteriore, minimo 1 m dalla parte anteriore dell'apparecchiatura e minimo 50 cm dai due lati dell'apparecchiatura (vedere Figura D.1);
- area del biofiltro: volumi del Prospetto 4 diviso altezza standard pari a 1 m.

Figura D.1 - Area di pertinenza dell'apparecchiatura



Le aree di pertinenza minime per le apparecchiature a 30 giorni, a 60 giorni e a 90 giorni sono riportate in Prospetto D.1, Prospetto D.2 e Prospetto D.3.

Prospetto D.1 - Aree di pertinenza apparecchiature a 30 giorni

Capacità	Larghezza	Lunghezza	Area	Area con biofiltro
t/anno	m	m	m2	m2
10	2,03	3,66	7,41	7,48
20	2,29	4,09	9,38	9,52
30	2,48	4,39	10,89	11,10
40	2,63	4,63	12,18	12,46
50	2,75	4,84	13,32	13,67
60	2,86	5,02	14,36	14,78
70	2,96	5,17	15,32	15,81
80	3,05	5,32	16,23	16,79
90	3,13	5,45	17,08	17,71
100	3,21	5,57	17,89	18,58
110	3,28	5,69	18,67	19,43
120	3,35	5,80	19,41	20,24
130	3,41	5,90	20,13	21,03
200	3,78	6,50	24,61	26,00
250	4,00	6,85	27,40	29,14
500	4,78	8,11	38,76	42,23
1.000	5,76	9,70	55,88	62,82

Prospetto D.2 - Aree di pertinenza per apparecchiature a 60 giorni

Capacità	Larghezza	Lunghezza	Area	Area con biofiltro
t/anno	m	m	m ²	m ²
10	2,24	4,00	8,94	9,04
20	2,56	4,52	11,56	11,77
30	2,78	4,88	13,59	13,90
40	2,96	5,17	15,32	15,74
50	3,11	5,42	16,87	17,39
60	3,25	5,63	18,28	18,91
70	3,36	5,83	19,60	20,33
80	3,47	6,00	20,83	21,66
90	3,57	6,16	21,99	22,93
100	3,66	6,31	23,10	24,14
110	3,75	6,45	24,17	25,32
120	3,83	6,58	25,19	26,44
130	3,91	6,70	26,18	27,53
200	4,35	7,43	32,34	34,42
250	4,61	7,85	36,20	38,80
500	5,55	9,37	52,01	57,22
1.000	6,74	11,28	75,99	86,41

Prospetto D.3 - Aree di pertinenza per apparecchiature a 90 giorni

Capacità	Larghezza	Lunghezza	Area	Area con biofiltro
t/anno	m	m	m²	m²
10	2,39	4,25	10,17	10,31
20	2,75	4,84	13,32	13,60
30	3,01	5,25	15,78	16,20
40	3,21	5,57	17,89	18,45
50	3,38	5,85	19,78	20,47
60	3,53	6,09	21,50	22,33
70	3,66	6,31	23,10	24,07
80	3,78	6,50	24,61	25,72
90	3,90	6,68	26,04	27,29
100	4,00	6,85	27,40	28,79
110	4,10	7,01	28,70	30,23
120	4,19	7,16	29,96	31,63
130	4,27	7,30	31,17	32,98
200	4,78	8,11	38,76	41,54
250	5,07	8,58	43,52	46,99
500	6,13	10,30	63,09	70,03
1.000	7,46	12,45	92,90	106,79

APPENDICE E

FORMAZIONE SUL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO DI PICCOLA SCALA DINAMICO

Il conduttore delle apparecchiature dovrebbe aver svolto due tipologie diverse di formazione, teorica e pratica.

La formazione teorica dovrebbe essere svolta da un esperto di compostaggio di piccola scala e riguardare i seguenti temi:

- la definizione del compostaggio;
- la legislazione;
- i parametri del compostaggio;
- le modalità di esecuzione del processo;
- la durata del processo;
- l'aereazione e i rimescolamenti;
- i parametri da misurare e la sensoristica;
- gli odori e la loro prevenzione;
- le problematiche igienico sanitarie e prevenzione;
- le operazioni da adottare in caso di problematiche;
- la maturazione;
- le operazioni finali di vagliatura;
- l'utilizzo del compost;
- la normativa applicabile in materia di salute e sicurezza.

La formazione pratica dovrebbe essere svolta dal produttore dell'apparecchiatura o da un suo incaricato e riguardare i seguenti temi:

- le apparecchiature per il compostaggio e il loro funzionamento;
- le modalità di carico;
- le modalità di scarico;
- i rimescolamenti;
- il passaggio da una camera all'altra;
- la parte elettrica ed elettronica;
- la sensoristica;
- i filtri;
- la manutenzione ordinaria;
- la sicurezza nel conferimento, del sistema elettrico, dell'apparato di movimentazione, durante le operazioni di manutenzione ordinaria, nella fase di scarico e maturazione;
- le operazioni da svolgere durante tutte le fasi di maturazione;
- i comportamenti in caso di incendio e ai fini preventivi;

- un test pratico ripetuto più volte di utilizzo dell'apparecchiatura;
- la qualità del rifiuto organico compostato e i relativi controlli;
- le verifiche effettuate nella biomassa organica in uscita dall'apparecchiatura;
- le verifiche sul prodotto finale maturo.

APPENDICE F ASPETTI DI SICUREZZA

F.1 GENERALITÀ

Le apparecchiature per il compostaggio di piccola scala dinamico rientrano nel campo di applicazione della Direttiva Macchine 2006/42/CE, recepita in Italia dal D.Lgs. 17/2010, che impone ai fabbricanti il soddisfacimento dei pertinenti Requisiti Essenziali di Sicurezza (RES) prima di procedere con l'immissione sul mercato o la messa in servizio di una macchina.

Nel dettaglio, la direttiva individua le operazioni che costituiscono la cosiddetta procedura di certificazione, la quale prevede che il fabbricante prima di adempiere formalmente alla redazione della Dichiarazione di conformità e all'apposizione della marcatura CE effettui quanto di seguito riportato:

- individuare la procedura di valutazione della conformità da adottare;
- verificare che i RES siano soddisfatti;
- redigere il fascicolo tecnico e il manuale di uso e manutenzione (Allegato VII della Direttiva Apparecchiature 2006/42/CE).

F.2 VALUTAZIONE E RIDUZIONE DEL RISCHIO

Per completare l'iter di certificazione di una apparecchiatura è fondamentale eseguire la valutazione del rischio, ovvero il processo complessivo attraverso il quale i rischi vengono analizzati e calcolati. Solo a valle di questo processo è possibile progettare e mettere in atto i sistemi e le procedure atte a gestire i rischi individuati.

In particolare, la Direttiva Macchine 2006/42/CE sancisce per i fabbricanti l'obbligo di eseguire la valutazione del rischio e di considerarne i risultati sin dalle prime fasi della progettazione della macchina e in tutte le fasi dell'esistenza prevedibile della stessa.

Nella fattispecie la UNI EN ISO 12100 definisce i principi e la metodologia per ottenere la sicurezza nella progettazione del macchinario. Nello specifico, le azioni per implementare la valutazione e la riduzione del rischio sono:

- determinare i limiti del macchinario (uso previsto e qualsiasi uso scorretto ragionevolmente prevedibile dello stesso);
- identificare i pericoli e le situazioni pericolose associate;
- stimare i rischi per ogni pericolo e situazione pericolosa identificata;
- ponderare il rischio e prendere decisioni sulla necessità di riduzione del rischio;
- eliminare il pericolo o ridurre il rischio associato per mezzo di misure di protezione.

La valutazione del rischio è dunque costituita da una serie di passaggi logici che consentono di analizzare (ovvero identificare e stimare i rischi) e calcolare se il livello di rischio è accettabile o necessita di una ulteriore riduzione.

L'obiettivo della riduzione del rischio può essere raggiunto rimuovendo completamente i pericoli (eliminazione del rischio) o riducendo, separatamente o simultaneamente, ciascuno dei due elementi che determinano il rischio associato (riduzione del rischio), ovvero:

- gravità del danno derivato dal pericolo considerato;
- probabilità che si verifichi quel danno.

Il metodo dei tre stadi definisce la sequenza con la quale applicare le misure di protezione:

- STADIO 1: misure di protezione integrate nella progettazione;
- STADIO 2: protezioni e/o misure di protezione complementari;
- STADIO 3: informazioni per l'uso.

Poiché l'impiego della tecnologia non consente di garantire la totale assenza di rischio, alcuni rischi non possono essere eliminati totalmente. Il rischio residuo è il rischio che permane dopo che tutte le misure di protezione sono state prese in considerazione e implementate. Le istruzioni operative riportano anche la gestione del rischio residuo.

A titolo esemplificativo, ma non esaustivo, i rischi che tipicamente possono essere individuati nelle apparecchiature oggetto del presente documento, sono:

- rischi meccanici correlati, per esempio, al pericolo di schiacciamento connesso agli organi in movimento dell'apparecchiatura e ai coperchi di copertura/chiusura (spesso, questo tipo di rischio, può essere gestito interbloccando con opportuni sistemi le aperture verso gli organi interni in modo che le operazioni di manutenzione siano effettuabili con organi interni "fermi") o al pericolo nello scarico della macchina (in caso di utilizzo di apparecchiature con aspi o rotanti per la fuoriuscita del prodotto in sacco o in appositi contenitori questo tipo di rischio, spesso può essere gestito utilizzando apposite cuffie di protezione di tipo meccanico o protezioni contro il cesoiamento o l'avvolgimento);
- rischi di natura elettrica connessi alla presenza di circuiti e impianti in tensione;
- rischio incendio correlato alla presenza di sostanze e/o materiali infiammabili. La presenza di tali sostanze e/o materiali può essere fisicamente allocata "internamente" all'apparecchiatura e/o "esternamente" ad essa. A titolo esemplificativo, ma non esaustivo, la presenza e la corretta manutenzione di adeguati sistemi di "protezione attiva" antincendio come estintori, idranti, rivelatori di fumo, segnaletica di sicurezza e illuminazione di emergenza assume particolare importanza nella corretta gestione di questo rischio;
- rischio chimico e/o di ambienti sospetti di inquinamento ovvero spazi confinati dove è possibile il rilascio di gas deleteri (tipico è l'eccesso di CO₂ che può prodursi durante il processo di compostaggio). Di solito questa tipologia di rischio espone i lavoratori al rischio di asfissia o di intossicazione dovuta ad esalazione di sostanze tossiche o nocive presenti nell'ambiente di lavoro della macchina in esame. Tali rischi possono essere presenti o all'interno dell'ambiente chiuso in cui la macchina opera, oppure all'interno di essa (in tal caso, qualora l'operatore dovesse entrare in uno spazio confinato della macchina, questo tipo di rischio spesso può essere gestito prevedendo sistemi e/o procedure, come per esempio un'adeguata ventilazione interna della macchina prima dell'ingresso dell'operatore e/o sensori che segnalino l'abitabilità degli spazi confinati);

- rischio biologico connesso all'aspirazione di batteri e miceti prodotti durante il processo di compostaggio (può essere ridotto usando mascherine, in particolare quando si aprono le apparecchiature).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Direttiva 2006/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 17 maggio 2006, relativa alle apparecchiature e che modifica la direttiva 95/16/CE (rifusione) (Testo rilevante ai fini del SEE)
- [2] Direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 novembre 2008, relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive
- [3] Decreto Ministeriale 5 febbraio 1998 Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22
- [4] Decreto 29 gennaio 2007 Emanazione di linee guida per l'individuazione e l'utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell'allegato I del Decreto Legislativo 18 febbraio 2005, n. 59
- [5] Decreto Legislativo 27 gennaio 2010, n. 17 Attuazione della Direttiva 2006/42/CE, relativa alle apparecchiature e che modifica la Direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori
- [6] Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale
- [7] D. d. G. R. Sicilia, Linee guida destinate ai Comuni per l'adozione di appositi regolamenti comunali per il compostaggio, n. 252, 13 luglio 2018
- [8] UNI EN ISO 12100 Sicurezza del macchinario - Principi generali di progettazione - Valutazione del rischio e riduzione del rischio
- [9] UNI EN ISO 13849-1 Sicurezza del macchinario - Parti dei sistemi di comando legate alla sicurezza - Parte 1: Principi generali per la progettazione
- [10] UNI EN 13432 Imballaggi - Requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione - Schema di prova e criteri di valutazione per l'accettazione finale degli imballaggi
- [11] ISPRA, <https://www.catasto-rifiuti.isprambiente.it/index.php?pg=&width=1280&height=720>
- [12] Calcolo produzione scarti organici mensa [Online]. Available: <https://www.associazioneitalianacompostaggio.it/wp-content/uploads/2021/11/allegato-3-Calcolo-produzione-scarti-organici-mensa.pdf>
- [13] UNI, prassi UNI/PdR 123:2021 [Online]. Available: <https://www.uni.com>
- [14] ANPA, "Il recupero di sostanza organica", 2002. [Online]. Available: <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003500/3526-manuali-2002-07.pdf/>
- [15] L. D. Lorenzi, "Assogastecnici-Federchimica" [Online]. Available: https://assogastecnici.federchimica.it/docs/default-source/ATTI-CONVEGNI/2016_05_24-seminario-co2/04_safety-de-lorenzi-ppt.pdf?sfvrsn=a15ae528_2
- [16] "GLENCORE Canada" [Online]. Available: <https://www.glencore.ca/.rest/api/v1/documents/c83d87c00dc0f3983a24e7c46ffb5541/KMN-17-ERP-GDL-00001%20Underground%20Gases%20Exposure%20Limits%20Guideline.pdf>
- [17] ARPA, "OpeNoise: app per misurare il rumore" [Online]. Available: <http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/rumore/rumore/openoise-2>
- [18] B. Suisse, Richtlinien für die Erzeugung, Verarbeitung und den Handel von Knospe-Produkten, 2021
- [19] P. Antoine, Z. Benoît, R. Joze, C. Michele e R. Serge, "Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)", 2018. [Online]. Available: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC113018>
- [20] M. C. S. M. F. B. SAIC Sally Brown, "Methane avoidance from composting", 15 September 2009. [Online]
- [21] E. E. Agency, "Biological treatment of waste – Composting", 2019. [Online]

- [22] A. -. O. R. p. i. C. Regione Veneto, “La tecnologia del compostaggio”, 2001
- [23] ANPA, Metodi di analisi del compost, 2001
- [24] “The Carbon: Nitrogen Ratio in Composting”, [Online]. Available: <http://www.carryoncomposting.com/416920203>
- [25] “Coffee Grounds Compost”, [Online]. Available: <https://www.the-compost-gardener.com/coffee-grounds-compost.html>
- [26] J. A. F. C. R. M. I. C. Chukwunonye Ezeah, “Characterisation and Compositional Analyses of Institutional Waste in the United Kingdom: A case study of the University of Wolverhampton”, 2015. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/280575063_Characterisation_and_Compositional_Analyses_of_Institutional_Waste_in_the_United_Kingdom_A_case_study_of_the_University_of_Wolverhampton
- [27] UNEP, “Food Waste Index Report”, 2021
- [28] F. A. L. F. Claudia Giordano, “Quantities, Determinants, and Awareness of Households’ Food Waste in Italy: A Comparison between Diary and Questionnaires Quantities”, 2019. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/12/3381>
- [29] APAT, “Metodi di misura delle emissioni olfattive”, 19/2003. [Online]. Available: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/metodi-di-misura-delle-emissioni-olfattive>
- [30] A. Lazio, “Linee guida sul compostaggio locale”, Ottobre 2021. [Online]. Available: https://www.arpalazio.it/documents/20124/52505/Linee_guida_sul_compostaggio_locale_di_ri-fiuti_organici.pdf
- [31] [Online]. Available: <https://www.associazioneitalianacompostaggio.it/wp-content/uploads/2021/11/allegato-1-dati-di-bibliografia-di-emissione-dei-gas.pdf>
- [32] “Sistemi di comando”, [Online]. Available: <https://www.associazioneitalianacompostaggio.it/wp-content/uploads/2021/11/allegato-4-parametri-di-sicurezza.pdf>
- [33] “Raccolta differenziata Organico”, [Online]. Available: <https://www.associazioneitalianacompostaggio.it/wp-content/uploads/2021/11/allegato-5-dati-Raccolta-differenziata-Organico.pdf>
- [34] “Regolamento comunale per la pratica del compostaggio di comunità”, [Online]. Available: <https://www.associazioneitalianacompostaggio.it/wp-content/uploads/2021/11/allegato-6-Regolamento-comunale-per-la-pratica-del-compostaggio-di-comunit%C3%A0.pdf>
- [35] “Test di tolleranza delle piante”, [Online]. Available: <https://www.associazioneitalianacompostaggio.it/wp-content/uploads/2021/11/allegato-2-test-svizzero-di-fitotossicit%C3%A0.pdf>
- [36] “Associazione Italiana Compostaggio”, [Online]. Available: <https://www.associazioneitalianacompostaggio.it/wp-content/uploads/2021/11/allegato-2-test-svizzero-di-fitotossicit%C3%A0.pdf>
- [37] ANPA, “Il recupero di sostanza organica”, 2002. [Online]. Available: <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003500/3526-manuali-2002-07.pdf/>
- [38] D. Ministeriale, Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del Decreto Legislativo 5 febbraio 1997, n. 22, 5 febbraio 1998
- [39] Direttiva 2006/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio relativa alle apparecchiature e che modifica la Direttiva 95/16/CE (rifusione) (Testo rilevante ai fini del SEE), 17 maggio 2006
- [40] Direttiva 2006/42/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 17 maggio 2006 , relativa alle apparecchiature e che modifica la Direttiva 95/16/CE (rifusione)
- [41] A. Lazio, “Linee guida sul compostaggio locale”, Ottobre 2021 [Online]





Membro italiano ISO e CEN

www.uni.com

www.youtube.com/normeuni

www.twitter.com/normeuni

www.twitter.com/formazioneuni

www.linkedin.com/company/normeuni

www.facebook.com/unmondofattobene

Sede di Milano

Via Sannio, 2 - 20137 Milano
tel 02700241, uni@uni.com

Sede di Roma

Via del Collegio Capranica, 4 - 00186 Roma
tel 0669923074, uni.roma@uni.com