



REGIONE CAMPANIA
GIUNTA REGIONALE DELLA CAMPANIA
STRUTTURA DI MISSIONE PER LO SMALTIMENTO DEI RIFIUTI STOCCATI IN BALLE
IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO DELLA FRAZIONE ORGANICA DA
RACCOLTA DIFFERENZIATA DA REALIZZARE PRESSO
MARIGLIANO (NA)

ACCORDO QUADRO TRIENNALE PER L'AFFIDAMENTO DI SERVIZI DI INGEGNERIA
E ARCHITETTURA - LOTTO 1
POR FESR 2014-2020 - ASSE 6 - AZIONE 6.1.3. - PROC. N. 2597/A-SIA/18
CODICE CIG: 7332580C6D - CODICE CUP: B23G17013850006

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE TECNICA IMPIANTO

1097-D-0-RT-02	1097	1097-D-0-RT-02	1	DI	94	2
ELABORATO	COM	DOCUMENTO	PAGINE		REV.	

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

CAPOGRUPPO MANDATARIA

 **ICARIA**
Società di Ingegneria
ICARIA srl
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
Via LA Spezia, 6 - 00152 Roma
Corso Cavour, n. 445 - 05013 Grottole (FR)
Tel. 0763-340875, fax. 0763-341251
www.icariasrl.it e-mail: info@icariasrl.it

MANDANTE

 **Quantica**
Ingegneria S.r.l.

Quantica Ingegneria S.r.l.
Piazza G. Bovio n°22 - 80133 Napoli
Tel. 081-18779435, fax. 081-5628426
C.F. 08248051214 P.IVA 08248051214
e-mail: segreteria@quanticaingegneria.it
PEC: quantica@arubabec.it

MANDANTE

 **LSTT**
ingegneria

Lotti Ingegneria Spa

Via del Fiume, n. 14 - 00186 - Roma
Tel. 06-32397322, fax. 0763-341251

C.F./P.IVA 00956841001
e-mail: lotti@lottiassociati.com
PEC: c.lotti@legalmail.it

**IL RESPONSABILE DEL
PROCEDIMENTO**

Arch. Alessandro Scialoja

2	FEBBRAIO 2022	REVISIONE IN FASE DI VALIDAZIONE	PV	GP	GV	VR
1	GENNAIO 2022	VALIDAZIONE PROGETTO DEFINITIVO	PV	GP	GV	VR
0	FEBBRAIO 2020	EMISSIONE				
REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO

È vietato ai sensi di legge la divulgazione e la riproduzione del presente disegno senza la preventiva autorizzazione

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Indice

1	PREMESSE	4
2	QUADRO NORMATIVO	7
2.1	Normativa di riferimento:.....	7
2.2	Definizione di compost	7
2.3	La normativa nazionale: tipologie di ammendante	8
2.4	Il D.Lgs. 75/2010	11
2.5	Norme tecniche	17
2.6	Inquadramento del presente progetto nell'ambito della normativa vigente	18
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	19
4	PROCESSO DI COMPOSTAGGIO	23
4.1	Generalità	23
4.2	Eterogeneità delle biomasse compostabili.....	23
4.3	Definizioni	25
4.4	Il processo di compostaggio	26
4.5	I microrganismi	26
4.6	Cosa accade durante il compostaggio	27
4.7	Fasi del processo di compostaggio in progetto	28
4.8	Parametri che influenzano il processo di compostaggio	31
4.9	Concentrazione di ossigeno ed aerazione	31
4.10	Concentrazione e rapporto dei nutrienti.....	32
4.11	Umidità	34
4.12	Porosità, struttura, tessitura e dimensioni delle particelle	35
4.13	pH.....	36
4.14	Temperatura.....	36
4.15	Tempo.....	40
4.16	Trasformazione dei materiali sottoposti a compostaggio.....	40
4.17	Generalità sul compostaggio in bioreattore.....	41
4.17.1	Le biocelle.....	42
4.17.2	La fase di finissaggio	42
5	DATI DI PROGETTO	43
6	CICLO DI TRATTAMENTO DELL'IMPIANTO.....	49
7	DIMENSIONAMENTO DELLE DIVERSE FASI	51
7.1	Ricevimento e stoccaggio	51
7.2	Miscelazione F.O.R.S.U. e scarti legnosi triturati.....	55

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02-:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 2 di 94
-----------------------------------	---	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

7.3	Dimensionamento della fase di Compostaggio Attivo (ACT).....	55
7.3.1	Formula bruta della matrice compostabile	55
7.3.2	Composizione del compost prodotto	57
7.3.3	Dimensionamento delle biocelle	60
7.4	Cinetica del processo di compostaggio	63
7.4.1	Determinazione dell'ordine di reazione nei processi di compostaggio	63
7.4.2	Equilibrium mass.....	63
7.4.3	Ordine di reazione nei processi di compostaggio.....	63
7.4.4	Cinetica assunta per la progettazione	65
7.4.5	Determinazione della portata d'aria necessaria al processo	67
1.1.1.	Calcolo dell'aria stechiometrica.....	67
7.4.6	Aria per il controllo dell'umidità.....	67
7.4.7	Aria per il controllo della temperatura.....	68
7.4.8	Valutazione dell'aria effettivamente necessaria	70
7.5	Sistema di controllo della fermentazione accelerata	71
7.6	Dimensionamento della fase di maturazione.....	73
7.6.1	Maturazione primaria.....	73
7.7	Raffinazione del compost	74
7.7.1	Maturazione secondaria.....	76
8	BILANCIO DI MASSA DELL'IMPIANTO	78
9	ELENCO APPARECCHIATURE	80
9.1	TRITURATORE	80
9.2	MISCELATORE	80
9.3	TRAMOGGIA DI CARICO.....	81
9.4	SEPARATORE MAGNETICO	83
9.5	VAGLIO VIBRANTE	84
10	PRESIDI AMBIENTALI	87
10.1	Progetto e verifica dei sistemi di trattamento aria	89
10.1.1	Produzione ed impatto degli odori.....	89
10.1.2	Dimensionamento delle torri di lavaggio	91
10.1.3	Dimensionamento del biofiltro	94

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

1 PREMESSE

La corretta intercettazione e il relativo trattamento della Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani rappresenta un elemento indispensabile per raggiungere gli obiettivi di legge in tema di raccolta differenziata come sancito dall'articolo 205 comma 1 lettera c) del d.lgs. 152/2006 che impone come obbiettivo minimo quello del 65% sull'aliquota complessiva dei rifiuti prodotti. Tale necessità è stata ribadita anche dal D.P.C.M. 7 marzo 2016 in tema di *"misure per la realizzazione di un sistema adeguato e integrato di gestione della frazione organica dei rifiuti urbani"* che riporta una ricognizione dell'offerta esistente e l'individuazione del fabbisogno residuo di impianti anche per la Regione Campania.

Lo stesso Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti Urbani (PRGRU) adottato con D.G.R. n. 685 del 6 dicembre 2016 ha, tra gli obbiettivi fondamentali, la realizzazione di impianti di recupero della frazione organica da raccolta differenziata necessari per garantire il fabbisogno di autosufficienza della Campania anche per conformarsi alla Sentenza della Corte di Giustizia Europea del 16.07.2015 che ha confermato la condanna nell'ambito del procedimento Commissione/Italia (C297/08, EU:C:2010:115) in merito alla gestione dei rifiuti.

Il richiamato aggiornamento del PRGRU ha stimato, per l'intera Regione, un fabbisogno di trattamento della frazione organica pari a circa 750.000 t/a; tale valore è stato preso a riferimento per la programmazione degli impianti da realizzare. Dalla comparazione del fabbisogno con i dati relativi alla dotazione impiantistica disponibile e la produzione di frazione organica residuale è risultato che bisogna dotare la Regione Campania di ulteriore impiantistica per una potenzialità di poco superiore alle 550.000 t/a di cui ben 150.000 t/a dovranno essere trattate negli impianti STIR presenti in Regione e la restante parte in impianti da realizzare in vari Comuni della Regione stessa.

Tanto premesso, in data 12 maggio 2016 è stato pubblicato dalla Regione Campania un avviso rivolto alle Amministrazioni Comunali a manifestare l'interesse alla localizzazione sul proprio territorio di impianti di valorizzazione della frazione organica dei rifiuti solidi urbani provenienti da raccolta differenziata.

In esito a tale manifestazione d'interesse, sono pervenute alla Regione Campania - Struttura di Missione per lo smaltimento dei RSB, istituita con D.P.G.R. n. 224 del 06.11.2015 ed implementata con D.P.G.R.C. n. 246 del 04.12.2015, numerose istanze che includono anche le proposte di realizzare impianti per il trattamento della frazione organica presso gli impianti "STIR" attualmente destinati al trattamento della frazione indifferenziata e gestiti dalle società provinciali territorialmente competenti.

Infatti, il **Comune di Marigliano** con delibera di Giunta Comunale n. 67 del 09.06. 2016 ha espresso l'interesse ad ospitare l'impianto di compostaggio presso l'area dell'impianto di depurazione per la zona Nolana ricadente in località Boscofragnone e con successiva nota prot. gen. n. 13974 del 22/07/2016, acquisita al prot. regionale n. 0505137 del 22/07/2016, ha trasmesso la scheda informativa del sito incluso le planimetrie catastali e il certificato di destinazione urbanistica.

Con D.G.R. n. 494/2016, modificata con D.G.R. n. 325 del 06.06.2017 sono stati programmati € 56.789.434,74 sulle risorse POR Campania FESR 2014/2020 - Asse 6, Obiettivo Specifico 6.1.3. per la realizzazione di 6 impianti di compostaggio presso gli STIR regionali in ultimo riprogrammati in € 58.677.506,96 con D.G.R. n. 424 del 03.07.2018 tra cui anche l'impianto di **Marigliano**.

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 4 di 94
-----------------------------------	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Con Decreto Dirigenziale della Regione Campania n. 11 del 10/03/2017 è stato nominato R.U.P. l'arch. Alessandro Scialoja, Funzionario della UOD 70 05 03, per le fasi di programmazione, progettazione, affidamento ed esecuzione dell'intervento **"Impianto per il trattamento della frazione organica da raccolta differenziata da realizzarsi presso il Comune di Marigliano (NA)"**.

Con Decreto Dirigenziale della Regione Campania n. 21 del 12/12/2017 è stato affidato all'arch. Mario Bruno in servizio presso la Struttura di Missione, incardinato nella 70 05 04, l'incarico di redazione del progetto di fattibilità tecnico economica dell'impianto per il trattamento della frazione organica da raccolta differenziata da realizzarsi presso il Comune di Marigliano (NA) CUP: B96G17000900001.

Attualmente sull'area di interesse sono in corso le attività di rimozione dei rifiuti stoccati in balle prodotti dagli impianti ex CDR (oggi STIR) della Regione Campania nel periodo da marzo a maggio 2008, durante il quale sono state stoccate c.a. 50.000 ton di materiale su una superficie pari a c.a. 11.000 mq. Il progetto di fattibilità tecnico economica dell'impianto di Tufino è stato redatto dalla Struttura di Missione per lo smaltimento dei RSB.

La progettazione definitiva ed esecutiva è stata affidata allo scrivente RTP, aggiudicatario del "lotto 1" della gara di "Accordo Quadro triennale per l'affidamento di servizi di ingegneria e architettura" esperita dalla medesima Struttura di Missione per lo smaltimento dei RSB.

La presente Relazione Tecnica Impianto illustra dunque gli aspetti tecnici di dettaglio, con particolare riferimento al ciclo di processo, alle apparecchiature selezionate ed ai bilanci di materia dell'impianto di compostaggio in progetto, in continuità con il Progetto di fattibilità tecnica ed economica predisposto dalla Regione Campania, ma con i necessari approfondimenti pertinenti al livello definitivo della progettazione svolta ed alle soluzioni tecnologiche definite in sede di progettazione definitiva.

Nello specifico, il progetto è finalizzato alla costruzione e all'esercizio di un impianto di compostaggio che avrà lo scopo di trattare 30.000 tonnellate annue tra organico e verde, per recuperarle sotto forma di ammendante compostato da utilizzare in agricoltura.

L'impianto, a tecnologia aerobica, sarà in grado di trattare rifiuti, nello specifico FORSU (Frazione Organica dei Rifiuti Solidi Urbani), ossia rifiuti biodegradabili di cucine e mense (codice C.E.R. 20.01.08), per un quantitativo pari a 21.000 t/a e rifiuti provenienti dalla manutenzione del verde pubblico (codice C.E.R. 20.02.01), per un quantitativo pari a 9.000 t/a.

Ai sensi dell'allegato C alla Parte Quarta del D.Lgs. n. 152/2006, all'interno dell'impianto di Marigliano, saranno svolte le seguenti attività:

- **R3 – Riciclo/recupero delle sostanze organiche** non utilizzate come solventi (comprese le trasformazioni biologiche);
- **R13 – Messa in riserva di rifiuti** per sottoporli a una delle operazioni indicate nei punti da R1 a R12 (escluso il deposito temporaneo, prima della raccolta, nel luogo in cui sono prodotti).

Propedeuticamente allo sviluppo della presente progettazione, è stata presentata l'Istanza per Verifica di assoggettabilità alla VIA, in quanto l'impianto rientra nella fattispecie di cui all'allegato IV alla parte seconda

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 5 di 94
-----------------------------------	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- *Progetti sottoposti alla verifica di assoggettabilità di competenza delle regioni e delle province autonome di Trento e Bolzano del D.Lgs n. 152/06, punto 7, lettera zb (impianti di smaltimento e recupero di rifiuti non pericolosi, con capacità complessiva superiore a 10 t/giorno, mediante operazioni di cui all'allegato C, lettere da R1 a R9 - della parte quarta del D. Lgs. 152/2006).*

Infine, da un punto di vista autorizzativo l'impianto è soggetto ad Autorizzazione Integrata Ambientale (A.I.A.).

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

2 QUADRO NORMATIVO

Il Compost, o Ammendante Compostato, è un fertilizzante organico ottenuto dal trattamento dei Rifiuti Organici raccolti separatamente.

Il processo di Compostaggio, che avviene in condizioni aerobiche controllate, decompone tramite microorganismi la sostanza organica e permette di ottenere un prodotto biologicamente stabile in cui la componente organica presenta un elevato grado di evoluzione.

La parziale decomposizione del materiale organico fresco in presenza di ossigeno che ha tra i suoi obiettivi quello di ottenere dei prodotti organici stabilizzati, con un contenuto adeguato di macronutrienti (azoto, fosforo, potassio, ecc..) e con una buona biodiversità microbica (batteri, funghi, alghe, ecc.).

Diverse sono le funzioni che può svolgere l'apporto di sostanza organica del compost per gli agro-ecosistemi: contribuire all'aumento e alla stabilità della sostanza organica del suolo nel medio-lungo periodo; fungere da "serbatoio" per il lento rilascio di macro e micronutrienti (boro, manganese, ferro, ecc.) che restano in tal modo disponibili per le colture e non subiscono i processi di allontanamento per lisciviazione o per insolubilizzazione; esercitare un'attività di controllo delle forme microbiche patogene per le colture; fornire sostanze con attività fisiologiche pseudo-ormonali per le colture, in grado di svolgere un'azione di stimolo per la crescita sia verso gli apparati radicali, sia verso gli organi epigei.

La transizione verso un'economia circolare prevede l'attuazione di un modello in cui il rifiuto organico non è più solo un materiale di scarto ma diventa la materia prima che dà vita a nuovi cicli produttivi.

2.1 Normativa di riferimento:

- D. lgs 152/2006 s.m.i. Norme in materia ambientale (G.U. n. 88 del 14 aprile 2006)
- D. lgs 75/2010 Riordino e revisione della disciplina in materia di fertilizzanti, a norma dell'articolo 13 della legge 7 luglio 2009, n. 88. (GU 5.0. n. 121 del 26 maggio 2010)
- Norme tecniche

2.2 Definizione di compost

Il compost è un prodotto ottenuto dal compostaggio, o da processi integrati di digestione anaerobica e compostaggio, dei rifiuti organici raccolti separatamente, di altri materiali organici non qualificati come rifiuti, di sottoprodotti e altri rifiuti a matrice organica che rispettano i requisiti e le caratteristiche stabilite dalla vigente normativa in tema di fertilizzanti e di compostaggio sul luogo di produzione.

Articolo 183 TUA (Definizioni)

Definizione così modificata dal Decreto Legislativo 3 settembre 2020 n. 116 (in G.U. 11/09/2020, n.226)

ee) "compost": prodotto ottenuto dal compostaggio, o da processi integrati di digestione anaerobica e compostaggio, dei rifiuti organici raccolti separatamente, di altri materiali organici non qualificati come rifiuti, di sottoprodotti e altri rifiuti a matrice organica che rispettano i requisiti e le caratteristiche stabilite dalla vigente normativa in tema di fertilizzanti e di compostaggio sul luogo di produzione;

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 7 di 94
-----------------------------------	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

L'operazione di compostaggio è il trattamento biologico aerobico di degradazione e stabilizzazione, finalizzato alla produzione di compost dai rifiuti organici differenziati alla fonte, da altri materiali organici non qualificati come rifiuti, da sottoprodotti e da altri rifiuti a matrice organica previsti dalla disciplina nazionale in tema di fertilizzanti nonché' dalle disposizioni della parte quarta del presente decreto relative alla disciplina delle attività di compostaggio sul luogo di produzione

Articolo 183 TUA (Definizioni)

e) "autocompostaggio": compostaggio degli scarti organici dei propri rifiuti urbani, effettuato da utenze domestiche e non domestiche, ai fini dell'utilizzo in sito del materiale prodotto

qq-bis) "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.

qq-ter) "compostaggio": trattamento biologico aerobico di degradazione e stabilizzazione, finalizzato alla produzione di compost dai rifiuti organici differenziati alla fonte, da altri materiali organici non qualificati come rifiuti, da sottoprodotti e da altri rifiuti a matrice organica previsti dalla disciplina nazionale in tema di fertilizzanti nonché' dalle disposizioni della parte quarta del presente decreto relative alla disciplina delle attività di compostaggio sul luogo di produzione. (definizione così modificata dal Decreto Legislativo 3 settembre 2020 n. 116 (in G.U. 11/09/2020, n.226)

2.3 La normativa nazionale: tipologie di ammendante

Il compost è un fertilizzante che deriva dal trattamento in condizioni aerobiche controllate di materia organica, replicando e ottimizzando il processo di decomposizione e trasformazione della sostanza che avviene in natura.

In Italia la normativa definisce il compost, o meglio l'ammendante compostato, come un fertilizzante da utilizzare sul terreno principalmente per conservarne e migliorarne le caratteristiche fisiche o chimiche o l'attività biologica.

In Italia la produzione e la commercializzazione del Compost è regolata dal **Decreto Legislativo n. 75/2010**, che definisce tre categorie di Ammendante Compostato in base alle componenti utilizzate per produrlo.

- **Ammendante compostato verde ACV;**
- **Ammendante compostato misto ACM;**
- **Ammendante compostato con fanghi (ACF).**

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Ammendante Compostato Verde (ACV)



L'Ammendante Compostato Verde (ACV) è un prodotto ottenuto attraverso un processo controllato di trasformazione e stabilizzazione di rifiuti organici che possono essere costituiti da:

- scarti di manutenzione del verde ornamentale (es. sfalci d'erba, ramaglie, potature),
- sanse vergini (disoleate o meno) o esauste,
- residui delle colture,
- altri rifiuti di origine vegetale.

Ammendante Compostato Misto (ACM)



L'Ammendante Compostato Misto (ACM) è un prodotto ottenuto attraverso un processo controllato di trasformazione e stabilizzazione di rifiuti organici che possono essere costituiti da:

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 9 di 94
-----------------------------------	--	----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- frazione organica dei rifiuti urbani proveniente da raccolta differenziata (es. rifiuto alimentare di cucine e mense),
- digestato da trattamento anaerobico (con esclusione di quello proveniente dal trattamento di rifiuto indifferenziato),
- rifiuti di origine animale, compresi liquami zootecnici,
- rifiuti di attività agroindustriali,
- rifiuti provenienti da lavorazione del legno non trattato,
- rifiuti provenienti da lavorazione del tessile naturale non trattato,
- matrici previste per l'ACV

Ammendante Compostato con Fanghi (ACF)



L'Ammendante Compostato con Fanghi (ACF) è un prodotto ottenuto attraverso un processo controllato di trasformazione e stabilizzazione di:

- reflui,
- fanghi,
- matrici previste per l'ACM.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

2.4 Il D.Lgs. 75/2010

Art.2 Definizioni

z) «ammendanti»: i materiali da aggiungere al suolo in situ , principalmente per conservarne o migliorarne le caratteristiche fisiche o chimiche o l'attività biologica, disgiuntamente o unitamente tra loro, i cui tipi e caratteristiche sono riportati nell'allegato 2

Allegato 2 Ammendanti

- 1.1. Sono ammesse, in aggiunta alla denominazione del tipo, le denominazioni commerciali entrate nell'uso.
- 1.2. La sostanza organica viene determinata moltiplicando il contenuto in carbonio organico (C) per 2,0.
- 1.3. Negli ammendanti fluidi nei quali oltre alla dichiarazione del titolo in peso/peso venga aggiunta la dichiarazione in peso/volume, questa dichiarazione dovrà essere preceduta dalle parole «equivalente a».
- 1.4. Per gli ammendanti, ove non diversamente previsto, i tenori massimi consentiti in metalli pesanti espressi in mg/kg e riferiti alla sostanza secca sono i seguenti:

Metalli	Ammendanti
Piombo totale	140
Cadmio totale	1,5
Nichel totale	100
Zinco totale	200
Rame totale	500
Mercurio totale	230
Cromo esavalente totale	0,5

Allegato 2 Versione consolidata con i seguenti provvedimenti:

- Decreto 10 luglio 2013 (in G.U.17/09/2013, n. 218)
- Decreto 3 marzo 2015 (in G.U. 7/5/2015, n. 104)
- Decreto 22 giugno 2015
- Decreto 28 giugno 2016
- Decreto 26 marzo 2019 (in G.U. 05/06/2019, n. 130)

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

N.	Denominazione del tipo	Modo di preparazione e componenti essenziali	Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili. Criteri concernenti la valutazione. Altri requisiti richiesti	Altre indicazioni concernenti la denominazione del tipo	Elementi oppure sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato. Caratteristiche diverse da dichiarare. Altri requisiti richiesti	Note
1	2	3	4	5	6	7
1.	Letame	Deiezioni animali eventualmente miscelate alla lettiera o comunque a materiali vegetali, al fine di migliorarne le caratteristiche fisiche	C organico sul secco: 30% minimo Rapporto C/N: 50 massimo Umidità: 30% massimo	È obbligatorio indicare la natura delle deiezioni animali Esempio: letame bovino, equino, ovino, ecc.	Umidità C organico N totale Rapporto C/N	---
2.	Letame artificiale	Miscelanza di paglia e di concimi semplici azotati dopo fermentazione	C organico sul secco 35% Rapporto C/N: 50 massimo Azoto totale, percentuale sulla sostanza secca: massimo 3%	È obbligatorio indicare il tipo di concime azotato usato	In percentuale di peso sul prodotto tal quale: C organico Azoto totale Sostanza organica Rapporto C/N	---
3.	Ammendante vegetale semplice non compostato	Prodotto non fermentato a base di cortecce e/o di altri materiali vegetali, come sanse, pule, bucce con esclusione di alghe e di altre piante marine	Umidità: massimo 50% pH compreso tra 6 e 8,5 C organico sul secco: minimo 40% Azoto organico sul secco: almeno 80% dell'azoto totale Torba: massimo 20% sul tal quale	---	Umidità pH C organico sul secco Azoto organico sul secco Contenuto in torba sul tal quale Salinità Deve essere dichiarata la granulometria	È consentito dichiarare i titoli in altre forme di azoto, fosforo totale e potassio totale. Il tenore dei materiali plastici vetro e metalli (frazione di diametro ≥ 2 mm) non può superare lo 0,5% s.s.. Inerti litoidi (frazione di diametro ≥ 5 mm) non può superare il 5% s.s.. Sono inoltre fissati i seguenti parametri di natura biologica: - Salmonella: assenza in 25 g di campione t.q.; $n^{(1)}=5$; $c^{(2)}=0$; $m^{(3)}=0$; $M^{(4)}=0$; - Escherichia coli in 1 g di campione t.q.; $n^{(1)}=5$; $c^{(2)}=1$; $m^{(3)}=1000$ CFU/g; $M^{(4)}=5000$ CFU/g; Indice di germinazione (diluizione al 30%) deve essere $\geq 60\%$

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

N.	Denominazione del tipo	Modo di preparazione e componenti essenziali	Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili. Criteri concernenti la valutazione. Altri requisiti richiesti	Altre indicazioni concernenti la denominazione del tipo	Elementi oppure sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato. Caratteristiche diverse da dichiarare. Altri requisiti richiesti	Note
1	2	3	4	5	6	7
4.	Ammendante compostato verde	Prodotto ottenuto attraverso un processo controllato di trasformazione e stabilizzazione di rifiuti organici che possono essere costituiti da scarti di manutenzione del verde ornamentale, altri materiali vegetali come sanse vergini (disoleate o meno) od esauste, residui delle colture, altri rifiuti di origine vegetale.	Umidità: massimo 50% pH compreso tra 6 e 8,5 C organico sul secco: minimo 20% C unico e fulvico sul secco: minimo 2,5% Azoto organico sul secco: almeno 80% dell'azoto totale C/N massimo 50.	---	Umidità pH C organico sul secco C unico e fulvico sul secco Azoto organico sul secco C/N Salinità Na totale sul secco	È consentito dichiarare i titoli in altre forme di azoto, fosforo totale e potassio totale. Il tenore dei materiali plastici vetro e metalli (frazione di diametro ≥ 2 mm) non può superare lo 0,5% s.s. Inerti litoidi (frazione di diametro ≥ 5 mm) non può superare il 5% s.s. Sono inoltre fissati i seguenti parametri di natura biologica: - Salmonella: assenza in 25 g di campione t.q.; $n^{(1)}=5$; $c^{(2)}=0$; $m^{(3)}=0$; $M^{(4)}=0$; - Escherichia coli in 1 g di campione t.q.; $n^{(1)}=5$; $c^{(2)}=1$; $m^{(3)}=1000$ CFU/g; $M^{(4)}=5000$ CFU/g; Indice di germinazione (diluizione al 30%) deve essere $\geq 60\%$ Sono ammesse alghe e piante marine, come la Posidonia spiaggiata, previa separazione della frazione organica dalla eventuale presenza di sabbia, tra le matrici che compongono gli scarti compostabili, in proporzioni non superiori al 20% (P:P) della miscela iniziale. -Tallio: meno di 2 mg kg ⁻¹ sul secco (solo per Ammendanti con alghe).
5.	Ammendante compostato misto	Prodotto ottenuto attraverso un processo controllato di trasformazione e stabilizzazione di rifiuti organici che possono essere costituiti dalla frazione organica degli RSU proveniente da raccolta differenziata,	Umidità: massimo 50% pH compreso tra 6 e 8,5 C organico sul secco: minimo 20% C unico e fulvico sul secco: minimo 7% Azoto organico sul secco: almeno 80% dell'azoto totale	---	Umidità pH C organico sul secco C unico e fulvico sul secco Azoto organico sul secco C/N Salinità	Per "fanghi" di cui alla presente colonna e alla colonna n. 3 si intendono quelli definiti dal decreto legislativo 27 gennaio 1992, n. 99, di attuazione della direttiva 86/278/CEE concernente la protezione dell'ambiente, in particolare del suolo, nell'utilizzazione dei fanghi di depurazione in agricoltura. I fanghi, tranne quelli agroindustriali, non possono superare il 35% (P/P) della miscela iniziale. È consentito dichiarare i titoli in altre forme di azoto, fosforo totale e potassio totale.

N.	Denominazione del tipo	Modo di preparazione e componenti essenziali	Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili. Criteri concernenti la valutazione. Altri requisiti richiesti	Altre indicazioni concernenti la denominazione del tipo	Elementi oppure sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato. Caratteristiche diverse da dichiarare. Altri requisiti richiesti	Note
1	2	3	4	5	6	7
	(segue) Ammendante compostato misto	da rifiuti di origine animale compresi liquami zootecnici, da rifiuti di attività agroindustriali e da lavorazione del legno e del tessile naturale non trattati, da reflui e fanghi, nonché dalle matrici previste per l'ammendante compostato verde	C/N massimo 25.			Il tenore dei materiali plastici vetro e metalli (frazione di diametro ≥ 2 mm) non può superare lo 0,5% s.s. Inerti litoidi (frazione di diametro ≥ 5 mm) non può superare il 5% s.s. Sono inoltre fissati i seguenti parametri di natura biologica: - Salmonella: assenza in 25 g di campione t.q.; $n^{(1)}=5$; $c^{(2)}=0$; $m^{(3)}=0$; $M^{(4)}=0$; - Escherichia coli in 1 g di campione t.q.; $n^{(1)}=5$; $c^{(2)}=1$; $m^{(3)}=1000$ CFU/g; $M^{(4)}=5000$ CFU/g; Indice di germinazione (diluizione al 30%) deve essere $\geq 60\%$ -Tallio: meno di 2 mg kg ⁻¹ sul secco (solo per Ammendanti con alghe).
6.	Ammendante torboso composto	Prodotto ottenuto per miscela di torba con ammendante compostato verde e/o misto	C organico sul secco: minimo 25% C unico e fulvico sul secco: minimo 7% Azoto organico sul secco: almeno 80% dell'azoto totale C/N massimo 50. Torba: minimo 50%	---	C organico sul secco C unico e fulvico sul secco Azoto organico sul secco C/N Torba Salinità	È consentito dichiarare i titoli in altre forme di azoto, fosforo totale e potassio totale. Il tenore dei materiali plastici vetro e metalli (frazione di diametro ≥ 2 mm) non può superare lo 0,5% s.s. Inerti litoidi (frazione di diametro ≥ 5 mm) non può superare il 5% s.s. Sono inoltre fissati i seguenti parametri di natura biologica: - Salmonella: assenza in 25 g di campione t.q.; $n^{(1)}=5$; $c^{(2)}=0$; $m^{(3)}=0$; $M^{(4)}=0$; - Escherichia coli: in 1 g di campione t.q.; $n^{(1)}=5$; $c^{(2)}=1$; $m^{(3)}=1000$ CFU/g; $M^{(4)}=5000$ CFU/g; Indice di germinazione (diluizione al 30%) deve essere $\geq 60\%$ -Tallio: meno di 2 mg kg ⁻¹ sul secco (solo per Ammendanti con alghe).

N.	Denominazione del tipo	Modo di preparazione e componenti essenziali	Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili. Criteri concernenti la valutazione. Altri requisiti richiesti	Altre indicazioni concernenti la denominazione del tipo	Elementi oppure sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato. Caratteristiche diverse da dichiarare. Altri requisiti richiesti	Note
1	2	3	4	5	6	7
7.	Torba acida	Residui vegetali fossilizzati contenenti originariamente una certa quantità di materiale terroso	pH inferiore a 5 (H ₂ O) C organico sul secco 40%	È obbligatorio indicare il nome dei vegetali originari. Esempio: "Torba di sfagno", ecc.	In percentuale di peso sulla sostanza secca: C organico Azoto organico Sostanza organica	È consentito dichiarare l'indice di salinità
8.	Torba neutra	Residui vegetali fossilizzati contenenti originariamente una certa quantità di materiale terroso	pH superiore a 5 (H ₂ O) C organico sul secco 20%	È obbligatorio indicare il nome dei vegetali originari. Esempio: "Torba di sfagno", ecc.	In percentuale di peso sulla sostanza secca: C organico Azoto organico Sostanza organica	È consentito dichiarare l'indice di salinità
9.	Torba umificata	Prodotto appartenente alle categorie delle torbe acide, delle torbe neutre e degli ammendanti torbosi composti aventi un contenuto in C organico estraibile non inferiore al 20% del C organico totale	C organico sul secco 20% C organico umificato sul C organico estraibile (G.U.) = minimo 60%	È obbligatorio indicare i componenti di origine in ordine decrescente di peso. Esempio: torbe acide di sfagno, ecc.	In percentuale di peso sulla sostanza secca: C organico Azoto organico Sostanza organica Sostanza organica estraibile in percentuale sulla sostanza organica Sostanza organica umificata in percentuale sulla sostanza organica estraibile	Per sostanza organica estraibile si intende la sostanza organica solubile in soda e pirofosfato di sodio 0,1 Molari. La sostanza organica umificata si determina per assorbimento selettivo su supporti cromatografici (es.: polivinilpirrolidone)

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

N.	Denominazione del tipo	Modo di preparazione e componenti essenziali	Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili. Criteri concernenti la valutazione. Altri requisiti richiesti	Altre indicazioni concernenti la denominazione del tipo	Elementi oppure sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato. Caratteristiche diverse da dichiarare. Altri requisiti richiesti	Note
1	2	3	4	5	6	7
10.	Leonardite	Materiale fossile, normalmente costituente lo strato superficiale dei giacimenti di lignite	C organico sul secco 30% C organico estraibile sul C organico totale: minimo 60% C organico umificato sul C organico estraibile (G.U.) = minimo 60%	È obbligatorio indicare l'ubicazione del giacimento	In percentuale di peso sulla sostanza secca: C organico Azoto organico Sostanza organica Sostanza organica estraibile in percentuale sulla sostanza organica Sostanza organica umificata in percentuale sulla sostanza organica estraibile pH	Per sostanza organica estraibile si intende la sostanza organica solubile in soda e pirofosfato di sodio 0,1 Molari. La sostanza organica umificata si determina per assorbimento selettivo su supporti cromatografici (es.: polivinilpirrolidone)
11.	Vermicompost da letame	Prodotto ottenuto esclusivamente da letame suino, ovino, bovino ed equino, o loro miscele, per digestione da parte dei lombrichi e successiva maturazione	Azoto organico sul secco: minimo 1,5% C organico sul secco 20% Sostanza organica estraibile sulla sostanza organica totale: minimo 6% Sostanza organica umificata sulla sostanza organica estraibile: minimo 10% Rapporto C/N: non superiore a 20 pH: non superiore a 8	È obbligatorio indicare l'origine del o dei letami impiegati in ordine decrescente di peso	In percentuale di peso sulla sostanza secca: Azoto organico Azoto totale C organico Rapporto C/N Sostanza organica Sostanza organica estraibile in percentuale sulla sostanza organica. Sostanza organica umificata in percentuale sulla sostanza organica estraibile. pH	Per sostanza organica estraibile si intende la sostanza organica solubile in soda e pirofosfato di sodio 0,1 Molari. La sostanza organica umificata si determina per assorbimento selettivo su supporti cromatografici (es.: polivinilpirrolidone)

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

N.	Denominazione del tipo	Modo di preparazione e componenti essenziali	Titolo minimo in elementi e/o sostanze utili. Criteri concernenti la valutazione. Altri requisiti richiesti	Altre indicazioni concernenti la denominazione del tipo	Elementi oppure sostanze utili il cui titolo deve essere dichiarato. Caratteristiche diverse da dichiarare. Altri requisiti richiesti	Note
1	2	3	4	5	6	7
12.	Lignite	Prodotto solido estratto da miniere a cielo aperto e macinato	C organico sul secco: 30% C unificato sul secco: 15% Grado di umificazione: 50%	È obbligatorio indicare l'ubicazione del giacimento	C organico C unificato Grado di umificazione	---

⁽¹⁾ **n** = numero di campioni da esaminare;

⁽²⁾ **c** = numero di campioni la cui carica batterica può essere compresa fra **m** e **M**; il campione è ancora considerato accettabile se la carica batterica degli altri campioni è uguale o inferiore a **m**.

⁽³⁾ **m** = valore di soglia per quanto riguarda il numero di batteri; il risultato è considerato soddisfacente se tutti i campioni hanno un numero di batteri inferiore o uguale a **m**;

⁽⁴⁾ **M** = valore massimo per quanto riguarda il numero di batteri; il risultato è considerato insoddisfacente se uno o più campioni hanno un numero di batteri uguale o superiore a **M**;

2.5 Norme tecniche

Per completezza, si riportano di seguito alcune delle principali norme tecniche che si applicano nell'ambito dei processi di produzione di ammendanti compostati.

UNI 11355:2010

Manufatti plastici biodegradabili in compostaggio domestico - Requisiti e metodi di prova

UNI EN ISO 20200:2016

Materie plastiche - Determinazione del grado di disintegrazione dei materiali di materia plastica in condizioni di compostaggio simulate in una prova in scala di laboratorio

Recepisce: EN ISO 20200:2015

UNI EN ISO 14855-1:2013

Determinazione della biodegradabilità aerobica finale dei materiali plastici in condizioni controllate di compostaggio - Metodo di analisi della anidride carbonica sviluppata - Parte 1: Metodo generale

Recepisce: EN ISO 14855-1 :2012

UNI EN 14045:2003

Imballaggi - Valutazione della disintegrazione dei materiali di imballaggio nelle prove di utilizzo reale nelle condizioni di compostaggio specificate

Recepisce: EN 14045:2003

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 17 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

UNI EN ISO 16929:2020

Determinazione del grado di disintegrazione dei materiali plastici in condizioni di compostaggio definite in una prova su scala pilota

Recepisce: EN ISO 16929:2019

UNI EN 13432:2002

Imballaggi - Requisiti per imballaggi recuperabili mediante compostaggio e biodegradazione - Schema di prova e criteri di valutazione per l'accettazione finale degli imballaggi

Recepisce: EN 13432:2000

UNI EN 14046:2003

Imballaggi - Valutazione della biodegradabilità aerobica ultima dei materiali di imballaggio nelle condizioni controllate di compostaggio - Metodo mediante analisi dell'anidride carbonica rilasciata

Recepisce: EN 14046:2003

UNI EN ISO 14855-2:2018

Determinazione della biodegradabilità aerobica finale dei materiali plastici in condizioni controllate di compostaggio - Metodo di analisi dell'anidride carbonica sviluppata - Parte 2: Misurazione gravimetrica dell'anidride carbonica sviluppata in una prova di laboratorio

Recepisce: EN ISO 14855-2:2018

2.6 Inquadramento del presente progetto nell'ambito della normativa vigente

Dalla disamina fin qui presentata, appare chiaro che il presente progetto è finalizzato alla produzione di ammendante compostato misto (ACM) così come definito dal D.Lgs. 75/2010.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento consiste nella realizzazione di un impianto di trattamento aerobico della frazione organica dei rifiuti solidi urbani a servizio di un bacino di utenza di circa 120.000 abitanti. Come descritto nel paragrafo introduttivo, tale impianto sarà ubicato in un'area originariamente di pertinenza del depuratore comprensoriale "Area Nolana", attualmente destinata ad un sito di deposito di Ecoballe, la cui rimozione è in corso di completamento sulla base di differente appalto affidato dalla Regione Campania.

Il lotto individuato dal Comune di Marigliano per la realizzazione dell'impianto di compostaggio ha un'estensione complessiva di circa 28.130 mq. Il lotto è ubicato nei pressi dell'impianto di depurazione regionale a servizio del "Area Nolana" incluso il Comune di Marigliano, alle coordinate latitudine 40.965037°N e longitudine 14.463548°E.

Il sito si pone nell'area Nord-Est del territorio comunale, in prossimità del confine con il Comune di Nola e dell'alveo Maestro che ne segna i limiti amministrativi. Esso è raggiungibile attraverso la Strada Statale 7 bis e l'autostrada A30 Caserta-Salerno. L'area d'interesse risulta delocalizzata rispetto alla zona urbanizzata ponendosi circa 3 Km a Nord del capoluogo comunale, inserendosi in un contesto prevalentemente agricolo ed inoltre, subito ad Est, si individua l'area industriale dell'interporto di Marigliano.



Figura 1 Inquadramento territoriale dell'area di intervento



Figura 2 Sovrapposizione stralcio ortofoto con CTR dell'area di intervento

Il nuovo impianto è ricompreso all'interno della recinzione esistente e prevede la demolizione delle attuali piazzole per lo stoccaggio delle balle e di tutti i manufatti connessi quali serbatoi stoccaggio percolato, reti tecnologiche e accessori ad uso uffici e servizi. E' prevista l'esecuzione di indagini geognostiche per definire nel dettaglio le caratteristiche geologiche del sito e l'esecuzione di indagini ambientali per valutare il riutilizzo dei materiali di risulta dalla demolizione delle piazzole ed altri manufatti accessori.

Il layout di progetto dell'impianto, prevede la realizzazione:

- di un capannone principale di tipo prefabbricato in c.a.p con fondazioni su pali e con sviluppo ad “L”, all’interno della quale si svilupperanno tutte le attività di processo;
- di un edificio rettangolare di tipo prefabbricato in c.a.p con fondazioni su pali ad un piano adibito ad uso uffici e servizi per gli addetti;
- delle strutture impiantistiche per il trattamento delle acque reflue e dell’aria esausta (biofiltri e scrubber);
- dell’area tecnologica (riserva idrica e locale tecnico antincendio, serbatoio gasolio, cabina elettrica);
- della viabilità di servizio e parcheggi.

Per quanto previsto in fase progettuale saranno conferiti nell'area le seguenti tipologie di rifiuti:

- rifiuti provenienti dalla manutenzione del verde pubblico (CER 20.02.01);
- rifiuti biodegradabili di cucine e mense (CER 20.01.08).

L'impianto avrà una capacità complessiva annua di 30.000 tonnellate di rifiuti in ingresso suddivise in 21.000 t/a di FORSU e 9.000 t/a di verde strutturante.

All'interno del capannone principale è prevista un'area di conferimento per il rifiuto verde strutturante e per il rifiuto organico; il verde strutturante viene successivamente tritato e accumulato in apposita area,

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

mentre la frazione organica viene scaricata in apposita area attrezzata con caditoie per la raccolta dei colaticci. Successivamente la frazione organica viene premiscelata con il verde tritato e con pala meccanica depositata temporaneamente in apposito spazio confinato; successivamente il materiale premiscelato viene caricato sempre con pala meccanica nel miscelatore a coclea, che svolge anche la funzione di aprisacchi e scaricata con nastro in apposita zona di stoccaggio.

Inizia ora la fase di compostaggio attiva (ACT) con il caricamento del materiale premiscelato all'interno di n. 5 biotunnel chiusi in c.a. delle dimensioni interne di circa 6,50 m x 30 m cadauno (con relativo sistema di raccolta e ricircolo del percolato) per una durata del processo di circa 18 giorni.

A fine maturazione primaria, il materiale il materiale è trasportato con pala meccanica alla linea di raffinazione composta da un deferizzatore e da un vaglio a doppio stadio (con fori del I stadio da 10 mm e fori del II stadio da 60 mm).

Il materiale in uscita dal vaglio di raffinazione viene trasportato con pala meccanica alla zona di maturazione secondaria con periodico rivoltamento del cumulo tavolare, da qui, sempre con pala meccanica, si preleverà il compost di qualità da inviare alla zona di deposito.

Dalla vagliatura si ottengono inoltre due ulteriori flussi: il cosiddetto strutturante da ricircolo, che viene riportato a mezzo pala meccanica nella zona di stoccaggio dello strutturante ed un sovrvallo di materiale di scarto, composto essenzialmente da plastiche raccolto all'interno di container.

Il compost raffinato è pronto per l'invio presso impianti specializzati per l'imballaggio.

La tempistica prevista per l'intero ciclo di biostabilizzazione del compost è di almeno **90 giorni** così ripartiti:

- **18 giorni** effettivi per la fase di compostaggio attiva;
- **37 giorni** effettivi per la maturazione primaria su platea areata ;
- **35 giorni** effettivi per la maturazione secondaria all'interno del capannone.

È prevista la realizzazione della rete idrica potabile, dell'impianto antincendio, dell'impianto elettrico/illuminazione e messa a terra e di quello per il trattamento delle emissioni odorigene in atmosfera.

In particolare, l'impianto di smaltimento delle acque bianche e delle acque nere si compone di 4 reti separate che raccolgono i flussi, distinti come di seguito elencato:

- acque nere derivanti dagli scarichi dei servizi ad uso civile;
- acque meteoriche di dilavamento del piazzale e viabilità;
- acque di processo (percolati);
- acque meteoriche di dilavamento delle superfici di copertura (per il loro recupero e riutilizzo).

Le acque di scarico a valle dei trattamenti previsti e le acque meteoriche di copertura saranno convogliate tramite due punti di immissione sul canale artificiale che lambisce sul lato ovest e sul lato nord l'area di intervento, per poi scaricare nell'alveo maestro Regi Lagni.

Ciò posto, per la loro gestione si prevede l'installazione:

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 21 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- di un impianto di trattamento per le acque di prima pioggia derivanti dal dilavamento delle superfici pavimentate della viabilità e piazzali ubicato nell'apposita area tecnologica. Trattasi di un impianto del tipo prefabbricato ed interrato con pozzetti di controllo/analisi a monte e a valle dell'impianto;
- di una vasca di accumulo e chiarificazione delle acque di processo per il trattamento dei percolati prodotti. La vasca è interrata e realizzata in c.a.. Una parte dei percolati saranno ricircolati all'interno dei biotunnel della sezione di biossidazione accelerata ACT e in parte da stoccare all'interno di serbatoio esterni dotati di bacino di accumulo per il successivo smaltimento presso impianti specializzati esterni;
- di un impianto biologico a fanghi attivi ad aerazione prolungata con disinfezione per il trattamento delle acque reflue provenienti dai servizi igienici.

Si prevede altresì la realizzazione di:

- rete fognaria costituita da tubazione in PEAD e pozzetti per la raccolta delle acque meteoriche;
- piazzale idoneo al transito di mezzi pesanti e di un'area sistemata a verde sul confine dell'area di intervento (con la piantumazione di alberi ad alto fusto e siepi);
- rete di allacciamento per l'adduzione idrico-potabile e dell'energia elettrica;
- impianto di illuminazione interna ed esterna di tutto l'impianto;
- interventi di adeguamento dell'attuale recinzione dell'impianto;
- una palazzina in c.a. per uffici e servizi agli addetti;
- una piattaforma per la pesa dei mezzi pesanti;
- una cabina elettrica prefabbricata MT/BT da 630kW;
- una vasca interrata in c.a. ad uso antincendio di circa 250 mc con annesso locale tecnico per alloggiamento gruppo pompe antincendio.

Nonché delle seguenti attrezzature tecnologiche per la riduzione degli impatti ambientali: biofiltri, scrubber e filtri a maniche .

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

4 PROCESSO DI COMPOSTAGGIO

4.1 Generalità

Il compostaggio è un processo aerobico di decomposizione biologica della sostanza organica che avviene in condizioni controllate e che permette di ottenere un prodotto biologicamente stabile in cui la componente organica presenta un elevato grado di evoluzione.

In genere, il processo di compostaggio viene suddiviso in una fase attiva (nota come ACT acronimo di Active Composting Time), caratterizzata da intensi processi di degradazione delle componenti organiche più facilmente degradabili e da una fase di cura (nota come curing phase) caratterizzata da processi di trasformazione della sostanza organica la cui massima espressione è la formazione di sostanze umiche.

Gli attori principali del compostaggio sono i microrganismi, generalmente presenti in misura sufficiente negli scarti e nell'ambiente circostante, che vanno messi tuttavia nelle condizioni ideali per trasformare le componenti organiche e contestualmente riprodursi, accelerando così i processi.

I fattori principali che influenzano le capacità microbiche di trasformazione sono essenzialmente:

- l'ossigeno ed una adeguata porosità del materiale sufficiente a garantire un rifornimento dello stesso, a fronte di quello via via consumato; in assenza di ossigeno, infatti, le trasformazioni ossidative, che garantiscono la stabilizzazione del materiale, si arresterebbero ed insorgerebbero invece processi putrefattivi e maleodoranti;
- L'umidità, che deve essere sufficiente all'attività microbica, ma non eccessiva, in quanto occupando gli spazi vuoti ostacolerebbe il rifornimento di ossigeno;
- Il rapporto tra carbonio ed azoto (C/N): l'azoto, infatti, deve essere contenuto nei residui organici in quantità sufficiente a garantire la riproduzione e lo sviluppo dei microrganismi; il che consente a sua volta l'accelerazione del processo e l'innalzamento della temperatura come effetto immediato; l'azoto non deve essere presente in quantità eccessiva rispetto ai materiali carboniosi da trasformare, in quanto eccedendo le necessità microbiche verrebbe liberato essenzialmente come ammoniaca, con perdita di valore fertilizzante ed odori sgradevoli.

4.2 Eterogeneità delle biomasse compostabili.

Dal punto di vista chimico e fisico le biomasse potenzialmente compostabili presentano un elevato grado di eterogeneità sia in termini fisici che chimici.

Tale fatto determina la necessità di rendere omogenea la miscela iniziale sottoposta al compostaggio al fine di orientare il processo verso condizioni di aerobiosi sufficienti per

- sostenere il processo aerobico,
- mantenere il contenuto idrico idoneo alla vita microbica
- mantenere il rapporto C/N il più possibile vicino alle condizioni ideali.

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 23 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 1. Valori ottimali da conferire alla miscela in compostaggio

Parametro	C/N	Umidità %	pH logH+	Densità kg/m ³
Valori idonei	20-40	40-65	5.5-9	<650
Valori consigliati	25-30	50-60	6.5-8.5	<650

Quanto specificato lascia intuire alcune necessità: anzitutto, allo scopo di garantire un'adeguata porosità al cumulo, sarà necessaria la presenza nello stesso di materiale lignocellulosico "di struttura" o "bulking".

Tabella 2. Caratteristiche analitiche dei materiali più frequentemente utilizzati per il compostaggio

Matrice compostabile	H ₂ O % s.t.q	PH	Solidi Volatili % SS	Carbonio Organico % SS	N % SS	C/N	P % SS	K % SS	Zn ppm	Cu ppm	Ni ppm	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
Scarti carboniosi (C/N>40)														
Corteccia di pioppo	39,5	7,23	93,5	53,1	0,72	74	0,1	0,52	149,1	20,9	19,8	15,6	1,7	15,5
Cortecce di abete	35,6	3,8	95,2	52,9	0,41	130	0,05	0,1	-	12	-	-	-	-
Cortecce di pino	36	4	96,1	54,5	0,31	175	0,05	0,1	-	9	-	-	-	-
Segatura di pioppo	38,1	5,4	98,6	52,1	0,35	148	0,03	0,15	-	-	-	-	-	-
Scarti verdi (invernale)	31,5	5,4	91,8	44,1	0,3	147	0,08	0,43	115	65,2	17,8	18,4	<0,5	16,3
C/N 20-40														
Scarti azotati<20	65,7	6,4	90	20,6	0,95	216	0,57	0,33	-	-	-	-	-	-
Scarti verdi (estivo)	46,5	6,7	69,4	30,3	0,93	32,5	0,16	1,1	-	-	-	-	-	-
Scarti di cotone	8,5	6,42	-	38,13	1,4	27,3	0,25	1	53,2	21	2	2	2,1	4,2
Frazione solida liquame bovino	76,9	-	86,5	4,09	1,59	26	0,44	0,89	153	23	-	-	-	-
Scarti azotati (C/N>20)														
Sfalci erbosi da r.d.	80,2	5,9	88	39	2,1	19	0,3	2,1	53,3	35,2	12,6	49,5	<0,5	21,7
Organico da r.d.	73,8	4,8	84,6	37,7	3,1	12	0,4	0,9	151	30,3	11,3	53	0,8	-
Vinacce esauste	64,7	3,87	94,3	49,9	23,9	2,09	0,26	1,72	25	231	-	-	-	11
Fanghi di distilleria	81,7	8,45	68,7	38,7	9	4,3	0,68	0,8	173	365	32	29	5,1	23
Fanghi urbani	85	-	74,7	43,5	7,01	6,2	2,13	0,63	519	164	13	40	<1	45,1
Fanghi industria conserviera	91,6	7,11	87,8	39,8	6,9	5,8	0,97	0,19	593,6	114,3	41,8	71,5	2,36	38,9
Fanghi industria dolciaria	76,9	7,18	40,6	8,54	2,04	4,19	1,26	0,34	378,6	71,5	57,8	69,4	0,94	
Frazione solida liquame suino	74,4	-	71,2	40,8	3,7	11	3,42	0,66	1235	288	-	-	-	
Pollina disidratata	57,3	-	65,8	20,6	5,6	4	2,2	2,8	215	78	-	-	-	

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Per garantire il giusto rapporto C/N e l'umidità ideale bisogna prevedere la miscelazione di opportuni materiali "umidi" (che generalmente hanno anche un elevato contenuto di azoto) e "secchi" (generalmente ad alto C/N). In particolare, la presenza di percentuali di biomasse di tipo cellulosico consente l'adozione di sistemi processistici semi-intensivi (cumuli alti, bassa frequenza dei rivoltamenti, diffusione spontanea dell'ossigeno) sino all'estensione spinta dei processi di compostaggio che trattano solo residui della manutenzione del verde ornamentale.

Pertanto, un'operazione preliminare di estrema importanza risulta essere la conoscenza approfondita delle matrici compostabili; ciò con il duplice obiettivo di allestire una miscela iniziale idonea per orientare la qualità del compost.

Nella Tabella 2 sono elencati e caratterizzati analiticamente alcuni dei materiali compostabili che più frequentemente entrano a far parte della miscela iniziale.

4.3 Definizioni

L'evoluzione della sostanza organica nei processi di compostaggio procede sia in termini quantitativi (diminuzione del peso) che qualitativi (modificazione della struttura molecolare delle sostanze in compostaggio). In seguito a tali processi la sostanza organica contenuta diviene stabile, matura ed umificata.

La Stabilità Biologica è quello stato in cui i processi di degradazione aerobiche diventano alquanto rallentati, essa è funzione dell'attività biologica.

Una misura corretta della stabilità biologica è la stima del consumo di ossigeno che può avvenire sia con metodi statici che con metodi dinamici. Nei metodi statici la misura del consumo di ossigeno viene effettuata in assenza di aerazione continua della biomassa, in quelli dinamici invece con un'aerazione continuata. Dal punto di vista operativo il raggiungimento della Stabilità Biologica è importante in quanto significa scarsa "fermentescibilità" e perciò assenza di produzione di cattivi odori e di agenti patogeni. In queste condizioni la biomassa può essere avviata a maturazione in aia all'aperto.

Nella Tabella 3 sono indicati gli indici di respirazione dinamico e statico per diversi tipi di sostanze.

Una stabilità accettabile si ha sicuramente quando l'indice di respirazione dinamico è inferiore a 500 mg O₂/kg S.V./h, questo generalmente può essere ottenuto in condizioni ottimali di processo (umidità >50% e O₂ >12%) in circa 30 giorni. Tempi superiori indicano sicuramente una non corretta conduzione del processo nella fase di ACT.

Un substrato può essere considerato maturo quando non presenta più fenomeni di fitotossicità. L'umificazione della sostanza organica avviene quando nella fase terminale del processo di compostaggio c'è la formazione di una serie di sostanze che sono di fondamentale importanza per le proprietà chimico-fisiche del suolo tanto che molte volte la qualità di un compost si misura in funzione del contenuto delle su menzionate sostanze.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 3. Valori dell'Indice di Respirazione Dinamico (IRD) e statico (IRS) per diverse matrici.

Matrici organiche	IRD (mgO ₂ /kg SV/h)	IRS (mgO ₂ /kg SV/h)
FORSU t= 0gg	3581 +/- 198	1344
FORSU t=90gg	95 +/- 33	31
Fango civile +legno t=0gg	182 +/- 25	142
Fango civile +legno t=45gg	135 +/- 56	63
Fango civile +legno t=90 gg	79 +/- 16	62
FORSU+legno t=45gg	1738 +/- 115	405
FORSU+legno t=90gg	338 +/- 66	158
RSU stoccato in discarica per 20 anni	73 +/- 22	42

4.4 Il processo di compostaggio

Come già detto precedentemente, con il termine di compostaggio si indica la biostabilizzazione aerobica in fase solida di matrici organiche putrescibili. Alla base di tale processo ci sono reazioni bioossidative esotermiche, promosse da microrganismi aerobi (batteri, attinomiceti, eumiceti), indicato come biomassa attiva che si nutre per la propria crescita e per la riproduzione il sub strato sottoposto a trattamento.

4.5 I microrganismi

I maggiori raggruppamenti di microrganismi che partecipano al processo di compostaggio sono, come già accennato precedentemente, i batteri, gli attinomiceti e gli eumiceti. Questi ultimi comprendono le muffe e i lieviti, che, di solito, rivestono un ruolo secondario nella stabilizzazione della sostanza organica. Fanno parte dei tre raggruppamenti specie microbiche sia mesofile (crescita ottimale: 25- 37°C; limite superiore: 45-50°C) che termofile (crescita ottimale 55°C; limite superiore >60°C).

Nel compostaggio, i batteri sono più numerosi degli altri microrganismi. Generalmente, rappresentano anche i decompositori a più alta crescita, sebbene colonizzino il substrato in trasformazione senza che sia possibile individuarli ad occhio nudo. I funghi, d'altra parte, sono i microrganismi di dimensione più grande e si sviluppano sotto forma di intricati filamenti apprezzabili a visione diretta. Essi sopportano meglio condizioni di scarsa umidità e basso pH ma difficilmente tollerano basse concentrazioni di ossigeno. I funghi filamentosi, inoltre, sono i più attivi decompositori dei materiali ligno – cellulósici. Gli attinomiceti formano filamenti come i funghi. Dal punto di vista delle dimensioni e della struttura sono però tecnicamente dei batteri. Come i funghi, gli attinomiceti sono in generale aerobi; essi tendono ad aumentare nelle matrici in

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

compostaggio dopo che le sostanze facilmente degradabili sono state metabolizzate e quando i valori di umidità cominciano ad abbassarsi ed hanno, altresì, una scarsa tolleranza per gli ambienti acidi.

I batteri si sviluppano specialmente nei primi stadi del compostaggio proprio a carico dei materiali più prontamente biodegradabili. Funghi ed attinomiceti divengono più importanti verso gli stadi finali del processo, quando sono disponibili le componenti organiche più resistenti (cellulosa, lignina, ecc.) all'attacco microbico. Se la concentrazione di ossigeno all'interno del substrato in compostaggio diventa troppo bassa (<5%) si instaurano condizioni favorevoli allo sviluppo dei batteri anaerobi.

Altri agenti biologici che possono essere associati alle matrici destinate al compostaggio sono gli organismi cosiddetti patogeni (microrganismi, virus, parassiti), i quali risultano potenzialmente dannosi per l'uomo, gli animali d'allevamento e le piante coltivate.

Gli organismi patogeni per gli animali e le piante possono essere presenti soprattutto nelle deiezioni zootecniche e nei residui delle colture.

Per i patogeni umani, particolare attenzione deve essere prestata invece ai fanghi di depurazione. Le alte temperature raggiunte durante il compostaggio, insieme ai fenomeni di competizione ed antagonismo microbico, riescono però a disattivare questi microrganismi o, quantomeno, a ridurne drasticamente il numero.

4.6 Cosa accade durante il compostaggio

Il compostaggio inizia non appena la biomassa substrato viene sistemata in cumulo o, comunque, disposta in quantità tale da consentire la ritenzione di calore, indispensabile per il processo di stabilizzazione della stessa. La miscelazione iniziale della matrice organica di partenza introduce aria sufficiente per le reazioni di biossificazione. I microrganismi cominciano a consumare ossigeno e, contemporaneamente, l'assestamento della matrice organica espelle l'aria dagli spazi esistenti tra le particelle di substrato. Se l'adduzione di ossigeno decresce, la decomposizione aerobica rallenta e può, eventualmente, arrestarsi del tutto se l'ossigeno non si rende di nuovo disponibile. L'aerazione del substrato è quindi una condizione fondamentale per fornire continuamente l'ossigeno. Essa può avvenire sia attraverso gli scambi passivi (diffusione e convezione naturale), generalmente insufficienti, tra aria esterna e atmosfera interna alla matrice in compostaggio, sia per ventilazione forzata. La movimentazione del materiale in compostaggio (rivoltamento) garantisce un apporto limitato di ossigeno che viene rapidamente consumato. Il rivoltamento contribuisce, tuttavia, a ridare porosità alla biomassa, favorendo così l'eventuale aerazione passiva.

Poiché il rilascio di calore è direttamente collegato all'attività microbica ossidativa, la temperatura è un ottimo indicatore di processo. L'innalzamento della temperatura a seguito dell'attività microbica è particolarmente marcato nelle 12-48 ore successive alla sistemazione della quantità critica del substrato in cumulo o in reattore e contestualmente al consumo di composti facilmente degradabili (zuccheri solubili, acidi organici, ecc.) Le temperature dei materiali sottoposti a compostaggio seguono di norma un andamento di rapida crescita fino a 55-60°C. Se il calore non viene adeguatamente dissipato, la temperatura di alcune matrici organiche in biossificazione può superare con facilità anche i 65-70°C, provocando la disattivazione della maggior parte dei microrganismi. Il rivoltamento o l'aerazione forzata consentono di raffreddare il substrato e di mantenere la temperatura lontana dai valori critici per la

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 27 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

crescita microbica. La fase termofila può protrarsi, a seconda delle caratteristiche della biomassa substrato e del sistema di compostaggio adottato, da alcune settimane a qualche mese.

Allo stadio termofilo segue una fase di lenta ma progressiva diminuzione della temperatura, durante la quale la matrice in compostaggio si arricchisce di composti umici, perde la eventuale fitotossicità residua, mentre la biomassa microbica si avvia ad una condizione di equilibrio dinamico (fase di curing).

4.7 Fasi del processo di compostaggio in progetto

Come detto in precedenza, il processo di compostaggio è

- aerobico (necessità di ossigeno per la mineralizzazione delle componenti a maggiore fermentescibilità, con conseguente stabilizzazione della biomassa), ed
- esotermico (viene prodotto calore che va in certa misura allontanato dal sistema, onde evitare il surriscaldamento della biomassa in eccesso rispetto ai valori ottimali di range delle temperature)

Le fasi principali del processo sono due:

- **Fase attiva** (Biossidazione accelerata o Active Compostine Time – ACT), in cui sono più intensi e rapidi i processi di degradazione delle componenti organiche maggiormente fermentescibili; in questa fase, che si svolge tipicamente in condizioni termofile, si raggiungono elevate temperature e, conseguentemente, si ha la necessità di asportare l'eccesso di calore dal sistema, operazione che viene condotta utilizzando eccesso d'aria rispetto alla stechiometria delle reazioni di degradazione. Naturalmente, in questa fase si ha una elevata richiesta di ossigeno necessario alle reazioni biochimiche;
- **Fase di maturazione** (Curing) in cui si completano i fenomeni di degradazione (a carico delle molecole meno reattive) ed in cui intervengono reazioni di trasformazione e polimerizzazione a carico delle stesse (con particolare riferimento alla lignina), che portano alla "sintesi" delle sostanze umiche. Sia le esigenze di rimozione del calore che quelle di adduzione di ossigeno al sistema sono minori rispetto alla fase attiva.

L'evoluzione della sostanza organica durante il compostaggio procede sia quantitativamente, con una evidente riduzione volumetrica e ponderale, che qualitativamente, con una modificazione anche consistente delle caratteristiche chimiche della sostanza organica contenuta nel compost rispetto a quella originaria delle biomasse ad inizio trattamento.

Dal punto di vista qualitativo la sostanza organica, una volta terminato il processo di compostaggio, si presenta:

1. Stabile, cioè con processi degradativi di natura biologica alquanto rallentati; la misura della stabilità di una biomassa si può concretizzare attraverso la determinazione analitica di
 - contenuto residuo in Sostanza Organica (od in Solidi Volatili)
 - indici di respirazione statico o dinamico (legati alla attività metabolica residua)

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 28 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- concentrazione di ammoniaca (legata alla persistenza di attività di degradazione e proteolisi in misura superiore a quelle di nitrificazione dell'ammoniaca);

2. Matura, cioè non presenta fenomeni di fitotossicità, misurabili con l'omonimo test;
3. Umificata, cioè dotata opportunamente di molecole umiche (humus) originatesi da reazioni di umificazione a carico delle componenti della sostanza organica più recalcitranti alla mineralizzazione.

Come detto, le fasi del compostaggio sono essenzialmente due e ben distinte: la prima (più intensa) è la mineralizzazione (o bioossidazione in senso stretto), la seconda (più lenta) è l'umificazione.

Nella prima si opera in condizioni bioossidative sui substrati organici iniziali; la mineralizzazione comporta la degradazione della sostanza organica più fermentescibile (sostanze a struttura semplice quali zuccheri, acidi, amino-acidi, ecc.) associata ad una intensa attività microbica con conseguente produzione di calore, anidride carbonica, acqua nonché di un residuo organico parzialmente trasformato e stabilizzato. Esaurita la frazione organica assimilabile, la decomposizione continua con processi più lenti a spese di molecole più complesse e delle spoglie microbiche.

Nella seconda fase si completa il processo di trasformazione della sostanza organica in condizioni meno ossidative (anche se sempre aerobiche o microaerobiche) in modo da permettere la formazione delle sostanze umiche ed eliminare eventuali composti fitotossici formati nella prima fase. Questa fase di umificazione è condotta da microorganismi specifici che sintetizzano polimeri tridimensionali complessi che a loro volta costituiscono il substrato energetico per future attività microbiche ed aggluminanti per il terreno; queste strutture sono responsabili della fertilità del suolo.

E' da sottolineare la differenziazione fra la fase bioossidativa e le fasi di maturazione riguardo al contenuto minimo di ossigeno nella massa di materiale in trasformazione.

Nella prima fase infatti è necessario garantire una sufficiente aerazione per permettere un avvio corretto delle trasformazioni microbiche ed avere un innalzamento della temperatura tale da igienizzare il materiale; secondo molti autori, l'ossigeno durante la fase bioossidativa deve essere compreso tra il 5 e il 15%.

Nella seconda fase vengono invece favoriti i processi di formazione dell'humus in condizioni aerobiche e microaerobiche, ma non fortemente ossidative, in modo da evitare una eccessiva mineralizzazione della sostanza organica. In questa fase di maturazione, la richiesta di ossigeno è minore, i processi biologici diventano più lenti e la temperatura subisce una parziale riduzione; è in questa fase che avviene la formazione di humus con un processo piuttosto lento e in cui si registra un contenuto di ossigeno compreso tra 1 e 5%.

Considerando i diversi stadi di formazione dell'humus, si può identificare la fase bioossidativa del compostaggio con quella degradativa delle sostanze organiche, mentre la fase di sintesi delle sostanze umiche, pur iniziando nella prima fase del compostaggio, si sviluppa e viene ultimata nella fase di maturazione del compost.

La trasformazione della sostanza organica nel corso del processo di compostaggio è rappresentata nello schema riportato in figura.

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 29 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

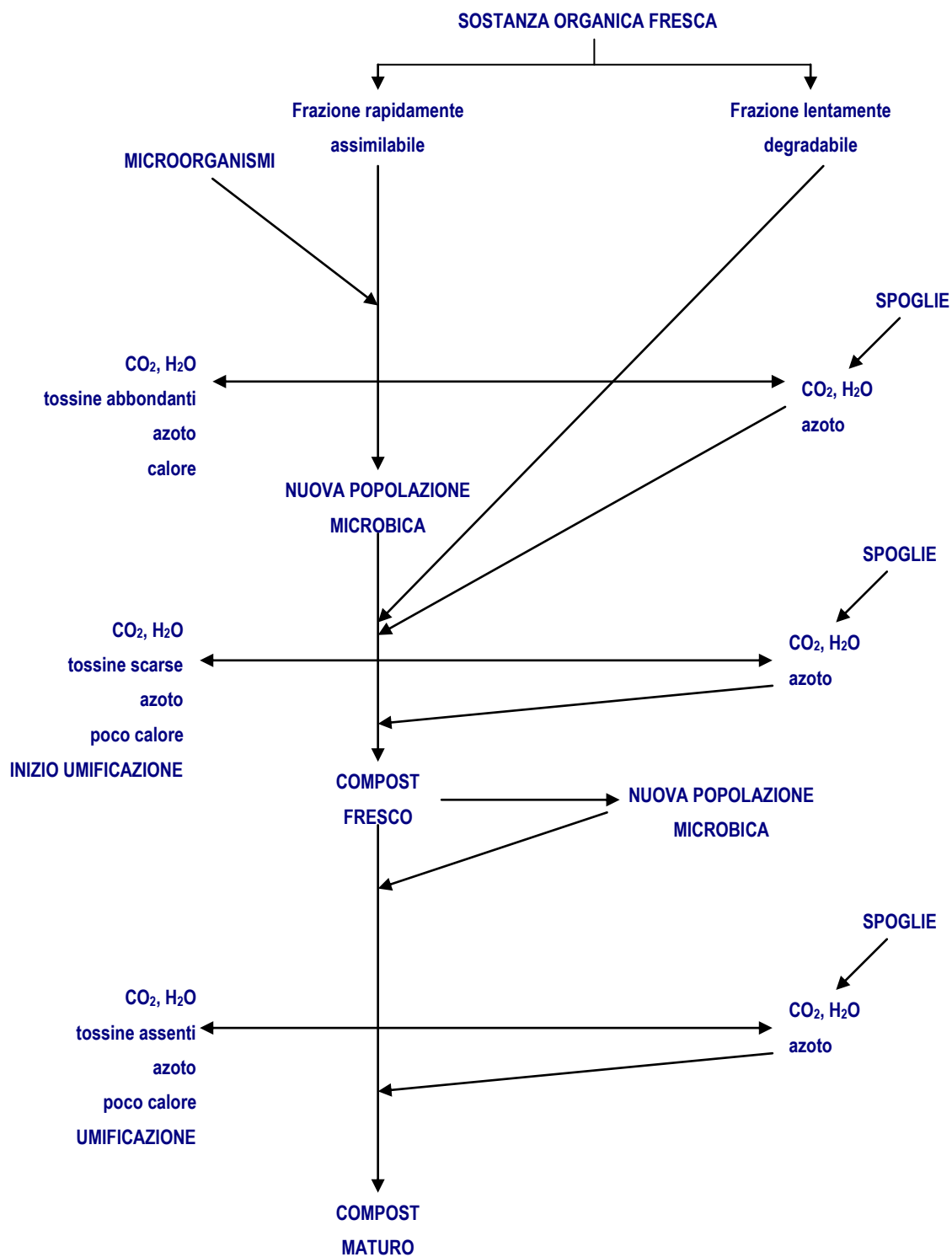


Figura 3 Rappresentazione schematica della evoluzione della sostanza organica nel corso del processo di compostaggio (R. Barberis, M. Consiglio, P. Nappi, 1990).

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

4.8 Parametri che influenzano il processo di compostaggio

Il compostaggio è essenzialmente un processo microbiologico che avviene in condizioni controllate per cui, tutti quei fattori in grado di influire sulle attività dei microrganismi coinvolti, lo caratterizzano e ne determinano l'andamento.

I fattori che condizionano l'andamento del compostaggio sono:

- la concentrazione di ossigeno e l'aerazione;
- la concentrazione ed il rapporto di nutrienti nella biomassa substrato (rapporto C/N);
- l'umidità;
- la porosità, la struttura, la tessitura e la dimensione delle particelle (pezzatura) della matrice in trasformazione;
- il pH;
- la temperatura;
- il tempo.

4.9 Concentrazione di ossigeno ed aerazione

Il compostaggio consuma notevoli quantità di ossigeno. Come già accennato, durante i primi giorni del processo, le componenti più facilmente degradabili della biomassa substrato sono rapidamente metabolizzate. Il bisogno di ossigeno e, di conseguenza, la produzione di calore sono perciò decisamente migliori nei primi stadi della biostabilizzazione, mentre decrescono con l'evolversi del processo. Nel caso in cui l'apporto di ossigeno sia limitato, il compostaggio rallenta. Anche se una concentrazione minima di ossigeno del 5% nell'atmosfera circolante tra le particelle della biomassa substrato può consentire il compostaggio, per la gestione ottimale del processo dovrebbero essere garantite concentrazioni di O₂ non inferiori al 10%.

Senza una sufficiente ossigenazione, la biomassa microbica substrato diviene anossica e la microflora anaerobica prende il sopravvento, portando all'accumulo di composti ridotti (acidi grassi volatili, idrogeno solforato, mercaptani, ecc.), caratterizzati da odore aggressivo e da elevata fitotossicità. Sebbene alcuni dei suddetti composti intermedi, come gli acidi organici, si formino anche in condizioni aerobiche, questi sono rapidamente degradati quando l'ossigeno è disponibile. Il mantenimento di un ambiente ossidativo all'interno della matrice organica in corso di stabilizzazione è quindi importante per impedire il formarsi di emissioni maleodoranti associate appunto con le reazioni di decomposizione anaerobica.

L'aerazione del materiale in compostaggio per garantire l'apporto di ossigeno necessario al processo rende, inoltre, possibili le dissipazioni del calore, l'eliminazione del vapore d'acqua e l'allontanamento di altri gas intrappolati nell'atmosfera interna del substrato. In effetti, il tasso di aerazione richiesto per la rimozione del calore può essere anche dieci volte maggiore di quello necessario per l'apporto di ossigeno. Di conseguenza, è la temperatura che normalmente determina l'estensione e la frequenza degli interventi di aerazione.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

4.10 Concentrazione e rapporto dei nutrienti

Carbonio (C), azoto (N), fosforo (P) e potassio (K) sono gli elementi nutritivi principali richiesti dai microrganismi coinvolti nel processo di compostaggio. Azoto, fosforo e potassio sono, inoltre, i principali nutrienti delle piante e, perciò, la loro concentrazione finisce per influenzare anche il valore del compost.

La maggior parte delle matrici organiche destinabili al compostaggio, inclusi anche i residui delle colture e gli scarti verdi dei mercati ortofrutticoli, contengono ampiamente i principali nutrienti. E', però, soprattutto la quantità di carbonio e di azoto della biomassa substrato che ne può influenzare la stabilizzazione. In generale, i microrganismi utilizzano, per le reazioni energetiche e la crescita, carbonio in ragione circa venti volte maggiore dell'azoto.

Ne consegue che è importante la disponibilità di C ed N in appropriate proporzioni. La quantità di carbonio riferita a quella di azoto si indica comunemente con il rapporto C/N. Le matrici organiche da avviare al compostaggio dovrebbero avere un rapporto C/N compreso tra 20:1 e 30:1 per garantire un andamento ottimale del processo. In taluni casi, tuttavia, risultati accettabili possono ottenersi con materiali di partenza aventi rapporto C/N fino a 40:1.

Con rapporti C/N inferiori a 20:1, il carbonio disponibile è completamente utilizzato senza che, di contro, sia stato stabilizzato tutto l'azoto presente. L'eccesso di azoto può, allora, essere perduto in atmosfera sotto forma di ammoniaca o di ossido nitroso, causando fastidiose emissioni maleodoranti. Substrati di partenza con rapporto C/N superiore a 40:1 richiedono tempi di compostaggio lunghi, dovuti alla più lenta crescita microbica in presenza di matrice carboniosa in eccesso.

L'andamento del parametro C/N nel corso del processo varia quindi in relazione al rapporto carbonio-azoto di partenza: esso tende a diminuire costantemente fino a valori tipici della sostanza organica umificata che si possono riscontrare nei terreni naturali. Maggiore è il rapporto C/N iniziale, maggiore è il tempo necessario a completare la fase di maturazione; il C/N finale di prodotti di buona qualità si attesta su valori compresi tra 15 e 20.

In realtà gli impianti nascono ed operano per garantire il trattamento delle diverse biomasse generate sul territorio e di cui viene programmata la selezione e l'avvio a compostaggio. Il controllo su questo parametro non rientra dunque in genere nella consuetudine operativa, pur aiutando l'interpretazione di certi fenomeni (es. difficoltà di avvio della fase termofila per alto C/N) laddove questi si presentino.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

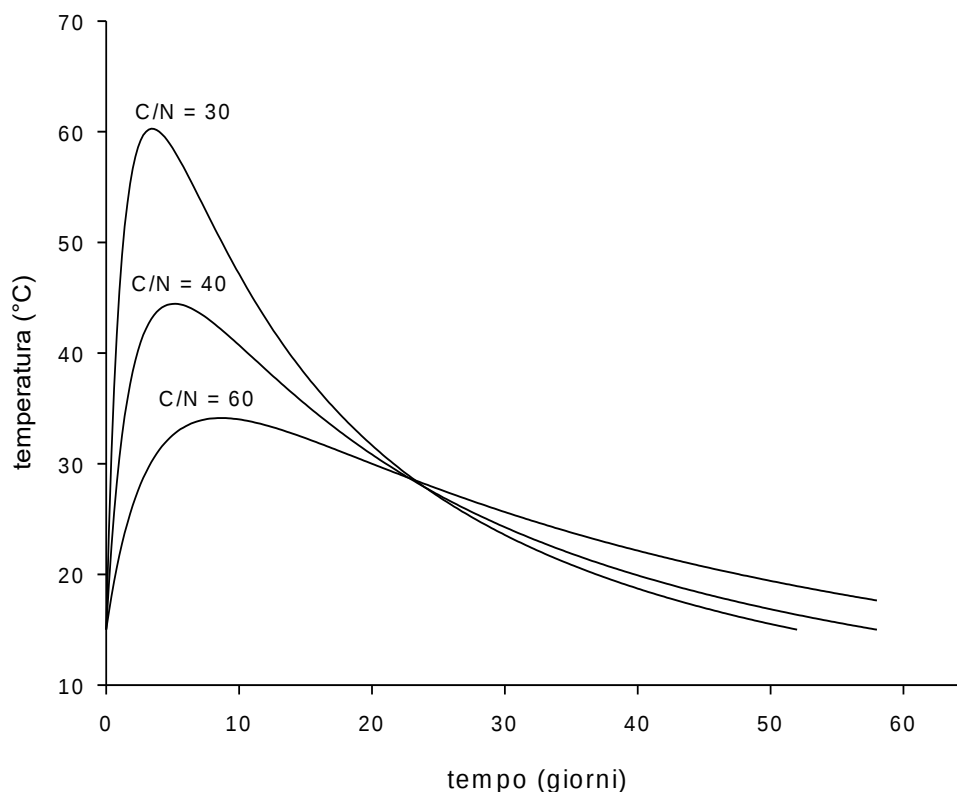


Figura 4 Sviluppo delle reazioni di biodegradazione in funzione del rapporto C/N

Ricopre un ruolo analogo a quello dell'azoto il fosforo la cui fonte di approvvigionamento è rappresentata dai fanghi; il valore iniziale del **rapporto C/P** non deve superare 200 e al termine del compostaggio si deve attenere su valori intorno a 100.

Altri macroelementi (Ca e Mg) e tutti gli oligoelementi, in genere presenti nei vari tipi di rifiuti, sono più o meno importanti nell'ambito di questo processo; essi infatti stimolano l'attività microbica e catalizzano le funzioni biochimiche.

I parametri considerati costituiscono gli indicatori della evoluzione in atto della sostanza organica ed il tempo necessario al completamento dell'intero processo varia considerevolmente in funzione di essi; secondo alcuni autori il tempo necessario a completare la fase attiva del processo oscilla tra un minimo di 10 ed un massimo di 20 giorni (escluso quello per la maturazione).

Nelle prime applicazioni industriali é stato proposto, come mezzo per accelerare le reazioni di biostabilizzazione, l'uso di inoculi termine con cui si indicano i microorganismi che sono aggiunti al materiale avviato al compostaggio al fine di incrementare il processo (G. Vallini et al., 1994).

La maggior parte degli studi sull'argomento hanno dimostrato che:

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- non sono né necessari né vantaggiosi in quanto nel rifiuto da trattare sono presenti naturalmente i microorganismi più efficienti ed adatti al processo;
- i microorganismi “inoculati”, anche se in dose rilevante, soccombono nei fenomeni di competizione che si vengono a creare con le popolazioni “indigene” delle matrici di partenza;
- possono risultare utili per il trattamento di substrati con carica microbica naturale assente, bassa, molto lenta nello sviluppo o in residui organici sterilizzati; in questo caso risulta più efficace l’inoculo con compost ottenuto dalla biostabilizzazione aerobica della stessa matrice che si vuol trattare.

Vanno inoltre smentite le dichiarazioni di alcuni costruttori di impianti circa la possibilità di ottenere materiale umificato in soli 2-3 giorni e a questo proposito si riportano le testuali parole di De Bertoldi e coll. (in G. Barazzetta, 87): *“pur ottimizzando tutti i parametri che possono condizionare il metabolismo microbico, il tempo richiesto per la trasformazione di un substrato organico in compost resta un fattore legato alla velocità di duplicazione dei microorganismi coinvolti, fattore genetico questo, che ben poco può essere modificato da interventi esterni. Si parla pertanto sempre di tempi di maturazione che, anche in condizioni ottimali si aggirano attorno al mese. Qualora i principali fattori che condizionano il processo non raggiungano il livello ottimale, la trasformazione in compost può durare parecchi mesi, senza peraltro garantire l’ottenimento di un prodotto agronomicamente valido”*.

4.11 Umidità

Altro parametro da tenere in considerazione è **l’umidità**; il compostaggio è infatti un processo biologico per cui il grado di umidità deve essere tale da garantire le condizioni di vita dei microorganismi per i quali l’acqua serve da veicolo per gli enzimi e per gli scambi nutritivi attraverso le membrane cellulari.

L’umidità è necessaria affinché i processi metabolici microbici possano attuarsi. La fase acquosa è il mezzo dove avvengono le reazioni chimiche, la diffusione ed il trasporto dei nutrienti, i movimenti e la migrazione dei microorganismi. In teoria, l’attività biologica trova le condizioni ottimali in un ambiente saturo.

Di contro, essa cessa completamente al di sotto del 15% di umidità. In pratica, tuttavia, i materiali avviati al compostaggio dovrebbero avere un contenuto di umidità compreso in un intervallo tra il 45 ed il 65%. Numerose esperienze hanno dimostrato che, approssimandosi l’umidità della matrice organica al 40%, l’attività microbica procede molto lentamente. In condizioni di umidità >65%, l’acqua espelle l’aria dalla maggior parte degli spazi interstiziali tra le particelle della matrice organica. Ciò ostacola la diffusione dell’ossigeno e può favorire l’insorgenza di condizioni microaerofile o addirittura anossiche.

L’umidità varia a seconda del sistema di compostaggio utilizzato, dello stato fisico dei rifiuti, della miscela trattata e della sua porosità; queste ultime due caratteristiche sono a loro volta influenzate dalla capacità di ritenzione idrica del supporto.

Siccome l’umidità del substrato diminuisce con il procedere del compostaggio, il contenuto d’acqua del materiale in partenza dovrebbero essere ben più alto del 45%. Matrici organiche troppo secche per essere avviate al compostaggio possono essere mescolate con substrati molto umidi, in modo da raggiungere umidità nella miscela pari a 50-60%.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

In tabella 4 vengono riportati i range ottimali di umidità nelle diverse fasi del compostaggio per un processo mediamente veloce.

Tabella 4. Range ottimali di umidità

Settimana	Range ottimale di umidità (%)
1	55 - 65
2	53 - 60
3	50 - 57
4	46 - 51
5	42 - 47
6	38 - 43
7	35 - 40
successive	35 - 40

Fonte: Regione Campania – Commissariato di Governo per l’Emergenza Rifiuti: Linee Guida per la progettazione, la costruzione e la gestione degli impianti di compostaggio e stabilizzazione

4.12 Porosità, struttura, tessitura e dimensioni delle particelle

La porosità, la struttura e la tessitura sono correlate con le proprietà fisiche dei materiali quali la pezzatura, la forma e la consistenza. Esse condizionano il processo di compostaggio attraverso l’influenza esercitata sull’aerazione. Queste proprietà possono essere corrette ricorrendo ad operazioni di triturazione e sminuzzamento dei substrati di partenza ovvero della miscelazione di questi con matrici definite agenti di supporto (bulking agents).

La porosità è una misura degli spazi vuoti nella biomassa in compostaggio e determina la resistenza alla circolazione dell’aria. Essa dipende dalla dimensione delle particelle, dalla distribuzione granulometrica dei materiali e dalla continuità degli interstizi tra le particelle.

La struttura indica la rigidità delle particelle, vale a dire la resistenza delle stesse a crollarsi e compattarsi. Un buon grado di struttura previene la perdita della porosità del substrato umido, sistemato in quantità critica (in cumulo o in reattore) per il processo.

La tessitura è la caratteristica che descrive l’area superficiale del substrato disponibile per l’attività microbica aerobica.

Come già accennato, nel corso del compostaggio, le reazioni di degradazione avvengono soprattutto alla superficie della matrice in trasformazione. Infatti, i microrganismi aerobi si concentrano nel sottile strato acquoso che contorna le particelle del substrato, utilizzando l’ossigeno all’interfaccia tra la fase liquida e la fase gassosa degli interstizi.

Poiché l’estensione dell’area superficiale aumenta con la riduzione della pezzatura il tasso di decomposizione aerobica si innalza in una matrice organica quanto più piccole sono le dimensioni delle

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 35 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

particelle. Particelle troppo piccole, però, rischiano di compromettere la porosità ed è quindi necessario trovare una soluzione di compromesso. Risultati soddisfacenti si ottengono normalmente quando il diametro medio della matrice sottoposta a compostaggio oscilla tra 0,5 e 5 cm.

E' interessante osservare che la triturazione del materiale favorisce il buon andamento del processo perché aumenta la superficie attaccabile dai microorganismi ma se esagerata, può comportare un risultato negativo dovuto al costipamento del materiale.

4.13 pH

Il compostaggio è relativamente poco sensibile al pH dei substrati di partenza; ciò in ragione dell'ampio spettro di microrganismi associati ai substrati stessi e coinvolti nelle reazioni del processo. I valori ottimali del pH cadono nell'intervallo tra 6,6 e 8, tuttavia la naturale capacità tampone del processo rende possibile l'impiego di substrati con pH compreso in un ben più ampio spettro. Il compostaggio, in effetti, può innescarsi anche in matrici tendenzialmente acide, con pH fino a 5,5, ovvero alcaline, con pH fino a 9.

Il pH comincia ad essere un parametro importante nei substrati che presentano un elevato contenuto di azoto (es.: deiezioni zootecniche).

Valori di pH > 8,5 facilitano, in questi casi, la conversione dei composti azotati in ammoniaca ad opera dei microrganismi ammonizzanti, con conseguenti sensibili perdite di azoto attraverso la volatilizzazione di NH₃. Quest'ultima contribuisce all'impatto olfattivo sgradevole delle emissioni gassose e determina, inoltre, nella matrice, un ulteriore aumento dell'alcalinità.

In queste circostanze, si rende necessaria la miscelazione con matrici acidificanti come i residui vegetali freschi. Nel materiale in corso di compostaggio i valori del pH cambiano con il progredire del processo.

Così, il rilascio di acidi organici può contemporaneamente abbassare il pH nei primi stadi della biostabilizzazione. Durante la fase termofila, con l'intensificarsi del rilascio di ammonio (NH₄OH) nel mezzo ad opera della microflora ammonizzante, il pH subisce un sensibile aumento. Il pH torna nuovamente a scendere durante la fase di finissaggio, anche grazie all'attività dei batteri nitrificanti che trasformano l'ammonio in acido nitroso e nitrico.

4.14 Temperatura

Un altro dei parametri, tra i più indicativi, che caratterizza le varie fasi del processo di compostaggio è certamente la **temperatura** della massa, risultato delle reazioni esoenergoniche condotte dai microorganismi; nella fase fermentativa del processo si ha dapprima un repentino innalzamento in cui è possibile distinguere un primo stadio mesofilo e un successivo termofilo, seguito dalle fasi di raffreddamento e di maturazione (fig. 2).

Nella fase mesofila si ha l'avvio della decomposizione delle sostanze più facilmente biodegradabili (zuccheri e proteine) da parte dei batteri. La loro attività decresce con l'aumentare della temperatura fino ad annullarsi quando si superano i 40°C.

Successivamente inizia l'azione dei microorganismi termofili (attinomiceti e funghi) che operano in condizioni di temperatura di 60-65°C. Oltre 60°C muore la flora termofila fungina pur proseguendo l'attività

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 36 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

degli attinomiceti. Il processo si arresta quando il materiale facilmente biodegradabile é totalmente consumato; a questo punto inizia il raffreddamento della massa accompagnato dalla reinvasione dei funghi termofili che cominciano l'attacco dei materiali cellulosici.

A digestione completata diminuisce l'attività microbica e la temperatura si avvicina a quella esterna.

Da sottolineare che nei cumuli di maturazione si registrano le stesse condizioni termiche sia nelle zone più interne che in quelle superficiali anche se in queste ultime il ciclo si svolge in tempi più brevi e si raggiungono livelli di temperature massime inferiori; si considerano spenti quando la temperatura scende definitivamente al di sotto dei 30 gradi.

L'andamento della temperatura favorisce l'attività dei saprofiti responsabili del processo di trasformazione del materiale in compostaggio; temperature molto superiori ai 60°C comportano una riduzione della carica microbica con rallentamento della trasformazione della sostanza organica.

Per questo motivo, condizioni operative in cui si tenta di ottimizzare ed accelerare il processo aumentando la temperatura, sono sconsigliate da parecchi autori.

La microflora saprofita, costituita da specie mesofile e termofile, rappresenta la popolazione naturale del mezzo ed esercita azioni antagonistiche verso i patogeni che costituiscono una porzione irrilevante nell'ambito della microflora totale. E' proprio questa competizione microbica che permette il controllo dei patogeni durante il compostaggio; i saprofiti prevalgono sui patogeni poiché i primi restano nel loro ambiente naturale mentre i secondi si vengono a trovare in un habitat nuovo e oltretutto non adatto.

Quando si parla di patogeni si includono sia quelli interessanti le piante (fitopatogeni) e gli animali che l'uomo; riguardo ai primi, si può affermare che il processo, se opportunamente condotto, può garantirne l'eliminazione. Più importanti sono invece i patogeni per l'uomo che possono anche essere abbondantemente presenti in dipendenza del materiale di partenza. I più importanti sono gli enterobatteri, alcuni virus ed alcune specie di funghi opportunistici. E' stato comunque dimostrato (parecchi dati sono disponibili in letteratura) che il compostaggio, condotto in condizioni controllate, permette di ridurre notevolmente la quantità di alcuni batteri (come coliformi e streptococchi fecali) e di eliminarne alcuni particolarmente pericolosi (come le salmonelle).

Una considerevole letteratura internazionale afferma che, nei limiti di temperatura compresi tra 50 e 70°C, avviene la morte della maggior parte dei microorganismi mesofili ivi comprese molte specie patogene; se tutta la massa di materiale organico in compostaggio è sottoposta a 55-60°C di temperatura per alcuni giorni (non meno di 2-3), il prodotto finale che si ottiene si può considerare sufficientemente igienizzato.

Le alte temperature che si raggiungono nel corso del compostaggio garantiscono la distruzione dei patogeni presenti nei fanghi e nei rifiuti solidi urbani come riportato in tab.5.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 5. Temperature e tempi di esposizione necessari alla distruzione dei più comuni agenti patogeni e parassiti occasionalmente presenti nei rifiuti¹.

<i>Salmonella typhosa</i>	arresta la crescita sopra i 46 gradi; muore in 30 minuti a 55-60 gradi e entro 20 minuti a 60 gradi; è distrutta in poco tempo in ambienti di compostaggio
<i>Salmonella sp.</i>	muore entro un'ora a 55 gradi e entro 20 minuti a 60 gradi
<i>Shigella sp.</i>	muore entro un'ora a 65 gradi
<i>Escherichia coli</i>	la maggior parte muore entro un'ora a 55 gradi ed entro 15-20 minuti a 60 gradi
<i>Entamoeba histolitica</i>	muore in pochi minuti a 45 gradi ed entro pochi secondi a 55 gradi
<i>Taenia saginata</i>	muore entro pochi minuti a 55 gradi
<i>Trichinella spiralis</i>	muore velocemente a 55 gradi e istantaneamente a 60 gradi
<i>Brucella abortus e Brucella suis</i>	muoiono in 3 minuti a 62-63 gradi e un'ora a 55 gradi
<i>Micrococcus piogenes</i>	muore in 10 minuti a 50 gradi
<i>Streptococcus piogenes</i>	muore in 10 minuti a 54 gradi
<i>Mycobacterium tuberculosis var.hominis</i>	muore in 15-20 minuti a 66 gradi
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	muore in 45 minuti a 55 gradi
<i>Necator americanus</i>	muore in 50 minuti a 45 gradi
<i>Ascaris lumbricoides</i>	muore in meno di un'ora a temperature maggiori di 50 gradi

In conclusione, quindi, la temperatura si innalza come conseguenza del calore biogeno sviluppato dai processi degradativi; il suo accumulo nella massa dipende dall'equilibrio tra sviluppo di calore (legato alla fermentescibilità degli scarti) e dispersione di calore (legato alla dimensione della massa ed alla sua umidità, dal momento che l'evaporazione di acqua assorbe calore sia per l'innalzamento della temperatura dell'acqua stessa che per il suo passaggio allo stato di vapore).

Nella fase attiva, con biomasse non eccessivamente umide e cumuli di dimensioni adeguate, la temperatura può anche superare agevolmente i 70°C, garantendo in tal modo le condizioni per la igienizzazione del materiale (3 giorni a 55°C per la legislazione italiana).

Le condizioni termometriche ottimali per i processi di stabilizzazione sono invece quelle tendenzialmente mesofile (attorno a 40-45°C); per tale motivo è opportuno adottare sistemi di rimozione del calore in eccesso, utilizzando efficacemente i flussi d'aria naturali (per diffusione e convezione) od indotti (sistemi di aerazione forzata della biomassa).

In molti sistemi di processo, e in particolare nel caso della presente progettazione, la temperatura viene in realtà mantenuta attorno ai 50°C, per ricercare un compromesso tra le esigenze di asportazione del calore in eccesso (che richiederebbero flussi d'aria anche superiori), quelle di risparmio energetico e quelle di prevenzione dei disseccamenti precoci (che richiedono invece un abbassamento delle dimensioni dei flussi d'aria).

¹ R. G. Barazzetta, 1987

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

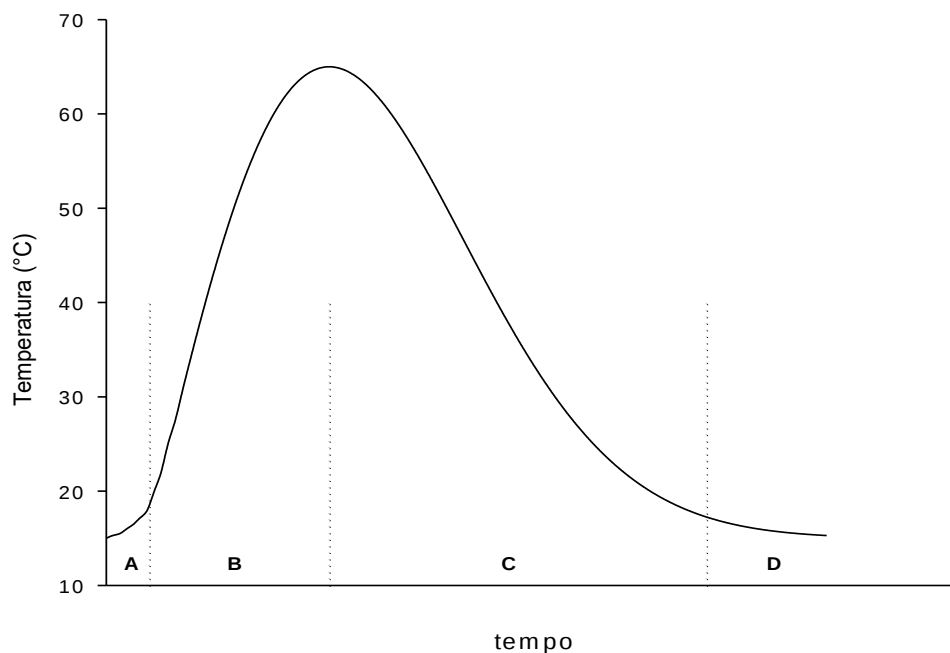


Figura 5 A = Stadio mesofilo; B = Stadio termofilo; C = Stadio di raffreddamento; D = Stadio di maturazione.

Di solito, nel caso di matrici putrescibili, la fase di compostaggio attivo si verifica a temperature comprese tra 45°C e 70°C. In speciali applicazioni del compostaggio, non finalizzate alla produzione di ammendante organico bensì alla detossificazione di rifiuti tossici di origine industriale (es.: melme di raffineria), il processo si svolge invece, data la natura del substrato, tutto nell'ambito della mesofilia (10-45°C) (compostaggio mesofilo).

Le temperature sono importanti per la distruzione degli eventuali microrganismi patogeni associati alla biomassa substrato di partenza. Il limite largamente fissato per la disattivazione dei patogeni umani è 55°C. Questa temperatura è in grado di abbattere anche la maggior parte degli organismi fitopatogeni, mentre per i semi delle erbe infestanti, sono necessario temperature non inferiori a 60°C.

La decomposizione microbica durante il compostaggio rilascia una grande quantità di energia sotto forma di calore. Le proprietà auto-coibenti dei materiali avviati al compostaggio favoriscono l'accumulo di calore, il quale a sua volta, provoca l'innalzamento della temperatura. Allo stesso tempo, la biomassa in trasformazione perde continuamente calore grazie all'evaporazione dell'acqua ed ai movimenti d'aria che rimuovono il vapore acqueo ed i gas caldi (es. CO₂) dal substrato.

Tutti i sistemi di aerazione accelerano la perdita di calore e, quindi, sono usati per mantenere la temperatura nell'intervallo compatibile con l'attività microbica dei microrganismi. È importante ricordare, che nei casi di scarsa dissipazione dell'eccesso di calore generato dalle reazioni ossidative esotermiche, la temperatura può raggiungere e superare i 70°C.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

A questo punto la quasi totalità dei microrganismi soccombe o diventa dormiente ed il processo si arresta, per riprendere solo quando la popolazione microbica avrà re-invaso il substrato. Ad evitare questa situazione giova un puntuale monitoraggio della temperatura e l'attivazione, quando questa si avvicina ai 60°C, di sistemi come il rivoltamento o la ventilazione forzata, che accelerino la rimozione del calore.

4.15 Tempo

La lunghezza del tempo necessario per trasformare in compost i substrati avviati alla biostabilizzazione aerobica dipende da molti fattori quali le caratteristiche della matrice organica di partenza, la temperatura, l'umidità ed il tipo di aerazione.

Un adeguato contenuto di umidità (60-65%), un corretto rapporto C/N (≈ 25) ed un'efficace aerazione della massa consentono di realizzare il compostaggio in tempi decisamente contenuti (poche settimane).

Le condizioni che rallentano il processo di stabilizzazione sono invece, come già accennato altrove, la scarsa umidità del substrato, rapporti C/N eccessivamente alti (>40) della biomassa di partenza, basse temperature, un'insufficiente aerazione, la pezzatura troppo grossolana delle particelle della matrice organica e la presenza significativa, in quest'ultima, di materiali refrattari all'attacco microbico. In generale, la completa biostabilizzazione (fase di compostaggio attivo + fase di finissaggio) delle matrici organiche putrescibili sottoposte a compostaggio in condizioni favorevoli si realizza non prima di otto settimane. Nella Tabella 6 sono sintetizzati i valori ottimali dei parametri del processo di compostaggio.

Tabella 6. Valori ottimali dei parametri di processo

PARAMETRI OPERATIVI	VALORI OTTIMALI *
Umidità	55 - 63%
Aerazione concentrazione ossigeno	5 - 15%
Rapporto C/N	25 - 30
Temperatura	35 - 60°C
pH per lo sviluppo ottimale dei batteri	6,5 - 8,5
Dimensione delle particelle (diametro)	0,5 - 5,0 cm
Densità apparente	550 - 650 kg/m ³
* Questi valori sono riferiti a condizioni di compostaggio rapido. Al di fuori di questi, il processo si attuerà con risultati soddisfacenti anche se i tempi saranno maggiori.	

4.16 Trasformazione dei materiali sottoposti a compostaggio.

Durante il compostaggio, i microrganismi trasformano in compost i materiali organici del substrato di partenza attraverso un complesso meccanismo reattivo di degradazione e modificazione delle varie componenti organiche, accompagnate da resintesi e reassemblaggio di nuove molecole.

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 40 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

La biomassa substrato si presenta infatti come una miscela eterogenea di particelle costituite da sostanze di composizione diversa, molte delle quali sono facilmente degradabili e sorgenti potenziali di odori.

Completandosi, nel tempo, il processo di stabilizzazione, la miscela di partenza diventa più uniforme e meno attiva da un punto di vista biologico. Se il compostaggio ha avuto modo di attuarsi correttamente, poco o nulla delle componenti organiche originali del substrato è ancora riconoscibile. La matrice assume un colore sempre più scuro che può variare dal bruno al bruno scuro o quasi nero. Le particelle sono ormai di dimensioni ridotte rispetto a quelle di partenza, appaiono più consistenti e presentano una aggregazione globulare che conferisce al compost una tessitura simile a quella di un terreno ben strutturato.

Nel corso del processo la matrice organica si arricchisce di frazioni umiche, il rapporto C/N iniziale del substrato diminuisce e il pH tende, normalmente, a valori intorno alla neutralità.

Il compostaggio consente la riduzione del volume della biomassa iniziale, variabile da 1/4 a più di ½ del volume originario, a seconda delle caratteristiche della matrice di partenza. La maggior parte del calo di volume è imputabile alla evaporazione dell'acqua.

Contribuiscono a tale riduzione anche la perdita di CO₂, a seguito dei processi di mineralizzazione di alcune frazioni organiche, e la trasformazione della matrice grossolana di partenza in un materiale friabile, di fine tessitura. Il rilascio di acqua sotto forma di vapore rappresenta inoltre il fattore principale della diminuzione del peso dei materiali sottoposti a compostaggio, i quali possono arrivare a perdere dal 40% fino all'80% del peso originario.

Nonostante alcune inevitabili perdite di azoto sotto forma di ammoniaca, la maggior parte dei nutrienti viene persa dalle matrici in compostaggio e si ritrova nel compost legata principalmente a composti organici stabili. Ciò riduce l'immediata disponibilità dei fattori di fertilità per le piante ma fa sì che il compost agisca da ammendante a lento e graduale rilascio.

Il graduale calo del rapporto C/N durante il compostaggio è dovuto principalmente alle perdite di CO₂ a seguito dei processi di completa ossidazione di alcuni composti organici presenti nella matrice di partenza.

4.17 Generalità sul compostaggio in bioreattore

Con il termine compostaggio in bioreattore (in-vessel composting) si indica la stabilizzazione della biomassa substrato in particolari strutture di contenimento, dove tecniche di movimentazione e di aerazione forzata della matrice sono variamente combinate. I "bioreattori" possono essere contenitori chiusi o semplici vasche aperte. La maggior parte di questi apparati assolve solo ad una prima omogenizzazione e trasformazione delle matrici organiche. Una successiva fase di biostabilizzazione aerobica del materiale in uscita dai reattori avviene, di solito, attraverso uno dei numerosi sistemi in cumulo (fase di maturazione).

Da un punto di vista delle applicazioni tecnologiche, le più diffuse tipologie di bioreattori sono: i cilindri rotanti, i silos, le biocelle e le trincee dinamiche aerate.

Cilindri rotanti, silos e biocelle rientrano nella categoria dei reattori chiusi, mentre le trincee dinamiche aerate sono un esempio di reattori aperti. A loro volta, cilindri rotanti, silos e trincee dinamiche aerate, contrariamente alle biocelle, prevedono la movimentazione della biomassa substrato all'interno del reattore.

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 41 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

4.17.1 Le biocelle.

Il compostaggio mediante biocelle prevede un preliminare trattamento della biomassa substrato all'interno di vere e proprie camere chiuse, dotate di un impianto di aerazione che consente l'adduzione regolata di aria all'interno del reattore attraverso il pavimento ad intercapedine, perforato.

Ogni biocella contiene un discreto quantitativo di materiale, il quale viene caricato attraverso un portellone, successivamente chiuso in maniera ermetica.

Il metodo è, a tutti gli effetti, un sistema statico e, perciò, richiede una accurata preparazione della miscela iniziale, sia in termini di bilanciamento dei nutrienti, sia, soprattutto, in termini di adeguata porosità e resistenza meccanica al compattamento. Già dopo uno stazionamento di 7-12 giorni all'interno delle camere (o biocelle o biocelle o bioreattori), la matrice in trasformazione, avendo perso buona parte della putrescibilità e della tendenza a rilasciare percolato, può essere sistemata in cumuli, all'esterno, dove raggiunge la completa maturazione in ulteriori 8 settimane.

In conclusione, l'intero ciclo di trattamento con il sistema a biocelle richiede un arco temporale di 9 - 10 settimane. Le biocelle, come tutti i sistemi di compostaggio in reattori chiusi, offrono la possibilità sia di controllare le emissioni di odori, mediante il trattamento dell'aria esausta in uscita per mezzo di biofiltri, sia di gestire razionalmente il percolato.

Nel nostro caso per un migliore controllo degli odori e maggiore sicurezza ambientale i portoni delle biocelle si affacciano su un locale chiuso, posto in leggera depressione, per impedire la fuoriuscita di aria.

4.17.2 La fase di finissaggio

La fase di finissaggio (curing phase), durante la quale il substrato organico stabilizzato diventa compost maturo, è uno stadio critico e troppo spesso trascurato del processo di compostaggio. Questa fase si realizza nell'intervallo mesofilo delle temperature. Il consumo di ossigeno, la generazione di calore e la perdita d'acqua per evaporazione sono fenomeni molto modesti in questo stadio rispetto alla fase di compostaggio attivo (ACT phase).

L'importanza della fase di finissaggio aumenta se lo stadio attivo del processo è stato eccessivamente riaccelerato ovvero mal gestito. Un adeguato periodo di finissaggio permette di superare gli inconvenienti derivanti dall'adozione di sistemi di compostaggio sbagliati e riduce il rischio che possa essere utilizzato un compost non maturo. Un compost non completamente maturo continua a consumare ossigeno e, se somministrato alle colture, può interferire negativamente sulla respirazione delle radici. Il compost immaturo possiede, inoltre, fitotossicità residua imputabile ad alcuni composti (es.: ammoniaca, acidi volatili, ecc.) ancora adsorbiti sulla matrice stabilizzata.

La fase di finissaggio favorisce la completa eliminazione dei fattori transitori della fitotossicità, una ulteriore decomposizione delle sostanze più resistenti all'attacco microbico, una più spinta umificazione, la neutralizzazione della reazione (pH) e un maggior affinamento della tessitura del prodotto. Durante la fase di finissaggio, che l'esperienza suggerisce di prolungare per almeno un mese, devono essere mantenute condizioni aerobiche nel substrato attraverso una adeguata aerazione.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

5 DATI DI PROGETTO

L'impianto avrà una capacità di trattamento stimato di 30.000 t/a ed è stato progettato con lo scopo di recuperare materia sotto forma di ammendante utilizzabile in agricoltura dai rifiuti organici provenienti da raccolta differenziata.

Saranno conferite le seguenti tipologie di rifiuti:

- Rifiuti biodegradabili di cucine e mense (cod. CER 20.01.08);
- Rifiuti biodegradabili (cod. CER 20.02.01).

Gli scarti della manutenzione del verde ornamentale pubblico e privato come potature, foglie, sfalci erbosi (cod. CER 20.02.01), saranno utilizzati con una percentuale minima del 25% in peso, in modo da ottenere una adeguata porosità per la biomassa in maturazione.

I dati di progetto relativamente alla quantità e tipologia di rifiuti in ingresso sono sintetizzati nella Tabella 7 mentre nella seguente Tabella 8 sono sintetizzati i parametri operativi di funzionamento.

Le operazioni svolte sulle matrici in ingresso sono codificate, secondo l'allegato C alla parte IV del D.lgs. 152/2006, nel modo seguente:

- R3 riciclo/recupero delle sostanze organiche non utilizzate come solventi;
- R13 messa in riserva

Tabella 7. Quantità e tipologia di rifiuti trattati

Rifiuti trattati	Quantità	P _i (%)	U _i (%)	C/N	Peso specifico
	t/anno				t/m ³
FORSU	21.000	70%	73,80%	11,2	0,7
Strutturante invernale	3.000	10%	31,50%	147,0	0,2
Strutturante estivo	6.000	20%	46,50%	32,5	0,3
TOTALE	30.000	100%	64,11%	29,02	0,570

Componente	composizione elementare (dry mass wt.%)						C/N
	C	H	O	N	S	ceneri	
FORSU	49,5	5,8	35,0	4,4	0,2	5,1	11,17
Strutturante invernale	44,1	6,0	41,4	0,3	0,3	7,9	147,00
Strutturante estivo	30,3	5,2	33,4	0,9	0,3	29,9	32,51
TOTALE	45,1	5,7	35,3	3,3	0,2	10,3	29,02

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

SCHEDA DI APPROFONDIMENTO: Definizione della composizione elementare della matrice compostabile

Caratteristiche della F.O.R.S.U. raccolta in svariati comuni campani²

Matrice compostabile	H ₂ O % s.t.q	pH	C %s.s.	N %s.s.	C/N	Cd p.p.m	Cr VI p.p.m.	Hg p.p.m.	Ni p.p.m	Pb p.p.m.	Cu p.p.m.	Zn p.p.m.
Campione Comune di Colliano	70.30	4.90	51.60	3.70	13.95	0.10	0.20	0.10	1.10	1.30	26.30	41.50
Campione Comune di Casaletto Spartano	77.80	5.00	56.00	5.80	9.66	0.10	0.20	0.10	0.90	1.90	21.90	37.90
Campione Comune di Sicignano degli Alburni	77.00	4.70	56.50	4.00	14.13	0.10	0.20	0.10	0.80	0.90	28.40	40.60
Campione Comune di Buonabitacolo	74.00	4.80	53.80	6.30	8.54	0.10	0.20	0.10	1.00	1.20	19.00	33.60
Campione Comune di Athena Lucana	69.50	4.70	44.10	2.70	16.33	0.10	0.20	0.10	0.80	0.90	18.50	35.90
Campione Comune di S.Pietro al Tanagro	71.10	5.00	49.80	3.00	16.60	0.10	0.20	0.10	1.00	0.80	26.40	28.90
Campione conferimento Comune di Polla	79.80	4.60	43.30	2.60	16.65	0.10	0.20	0.10	0.60	1.10	11.30	31.40
Campione conferimento Comune di S.Rufo	79.50	4.80	51.20	5.00	10.24	0.10	0.20	0.10	1.50	1.10	18.30	42.00
Campione Comune di Morigerati	76.20	4.80	48.00	6.20	7.74	0.10	0.20	0.10	1.10	1.20	20.90	35.60
Campione Comune di S. Giacomino	72.00	4.70	54.70	3.70	14.78	0.10	0.10	0.10	0.90	1.10	27.90	40.70
Campione Comune di Casalbuono	73.70	4.90	45.50	5.40	8.43	0.10	0.20	0.10	1.30	1.00	26.30	39.20
Campione Comune di Auletta	72.40	4.90	39.10	4.70	8.32	0.10	0.20	0.10	1.00	1.30	31.90	31.50
MEDIA	74.44	4.82	49.47	4.43	12.11	0.10	0.19	0.10	1.00	1.15	23.09	36.57

² Ing. Francesco Ribaldi, progettista del progetto definitivo, comunicazione privata

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Caratteristiche delle matrici compostabili riportate nel Progetto esecutivo di ampliamento dell'impianto di compostaggio di Pomigliano d'Arco.

Matrice compostabile	H ₂ O % s.t.q	pH	Solidi volatili %ss	C %ss	N %ss	C/N	P ppm	K ppm	Zn ppm	Cu ppm	Ni ppm	Pb ppm	Cd ppm	Cr ppm
Scarti carboniosi (C/N>40)														
Corteccia di pioppo	39.50	7.23	93.50	53.10	0.72	73.75	0.10	0.52	149.10	20.90	19.80	15.60	1.70	15.50
Cortecce di abete	35.60	3.80	95.20	52.90	0.41	129.02	0.05	0.10	12.00	-	-	-	-	-
Cortecce di pino	36.00	4.00	96.10	54.50	0.31	175.81	0.05	0.10	9.00	-	-	-	-	-
Segatura di pioppo	38.10	5.40	98.60	52.10	0.35	148.86	0.03	0.15	-	-	-	-	-	-
Scarti verdi (invernale)	31.50	5.40	91.80	44.10	0.30	147.00	0.08	0.43	115.00	65.20	17.80	18.40	0.50	16.30
C/N 20-40														
Scarti azotati<20	65.70	6.40	90.00	20.60	0.95	21.68	0.57	0.33	-	-	-	-	-	-
Scarti verdi (estivo)	46.50	6.70	69.40	30.30	0.93	32.58	0.16	1.10	-	-	-	-	-	-
Scarti di cotone	8.50	6.42	-	38.13	1.40	27.24	0.25	1.00	53.20	21.00	2.00	2.00	2.10	4.20
Frazione solida liquame bovino	76.90	86.50	4.09	1.59	26.00	0.06	0.89	153.00	23.00	-	-	-	-	-
Scarti azotati (C/N<20)														
Sfalci erbosi da r.d.	80.20	5.90	88.00	39.00	2.10	18.57	0.30	2.10	53.30	35.20	12.60	49.50	0.50	21.70
Organico da r.d.	73.80	4.80	84.60	37.70	3.10	12.16	0.40	0.90	151.00	30.30	11.30	53.00	0.80	-
Vinacce esauste	64.70	3.87	94.30	49.90	23.90	2.09	0.26	1.72	25.00	231.00	-	-	-	11.00
Fanghi di distilleria	81.70	8.45	68.70	38.70	9.00	4.30	0.68	0.80	173.00	365.00	32.00	29.00	5.10	23.00
Fanghi urbani	85.00		74.70	43.50	7.01	6.21	2.13	0.63	519.00	164.00	13.00	40.00	1.00	45.10
Fanghi industria conserviera	91.60	7.11	87.80	39.80	6.90	5.77	0.97	0.19	593.60	114.30	41.80	71.50	2.36	38.90
Fanghi industria dolciaria	76.90	7.18	40.60	8.54	2.04	4.19	1.26	0.34	378.60	71.50	57.80	69.40	0.94	-
Frazione solida liquame suino	74.40	71.20	40.80	3.70	11.00	0.34	0.66	1235.00	288.00	-	-	-	-	-
Pollina disidratata	57.30		65.80	20.60	5.60	3.68	2.20	2.80	215.00	78.00	-	-	-	-

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Composizione elementare di alcuni materiali componenti RSU³

Componente	H ₂ O % s.t.q	C % _{ss}	H % _{ss}	O % _{ss}	N % _{ss}	S % _{ss}	ceneri % _{ss}
rifiuti alimentari	70	48.0	6.4	37.6	2.6	0.4	5.0
carta	7	43.5	6.0	44.0	0.3	0.2	6.0
cartone	6	44.0	5.9	44.6	0.3	0.2	5.0
plastica	2	60.0	7.2	22.8			10.0
rifiuto vegetale	70	47.8	6.0	38.0	3.4	0.3	4.5
legno	20	49.5	6.0	42.7	0.2	0.1	1.5
sottovaglio	8	26.3	3.0	2.0	0.5	0.2	68.0

³ da "Giuseppe d'Antonio - Ingegneria Sanitaria Ambientale - HOEPLI 2007"

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Composizione elementare di alcuni materiali⁴

Componente	H ₂ O % _{s.t.Q}	Solidi volatili % _{ss}	C % _{ss}	H % _{ss}	O % _{ss}	N % _{ss}	S % _{ss}	Ceneri % _{ss}	Riferimento di letteratura
Sfalci di parchi cittadini	5.2	73.6	47	5.4	39	0.24	0.04	3.1	J. W. Vermeulen and A. van der Drift: Brandstoffen uit reststromen voor circulerend wervelbedvergassing, rapportage fase 2, (non-confidential version, in Dutch), Haarlem, NV Afvalzorg (1998).
Rifiuti ligno-cellulosici	8.4	69.8	47.9	8.59	37.5	1.12	0.01	3.6	Results from EC project SEFCO
Organic Domestic Waste (ODW) ⁵	54	-	19.4	2.5	14.3	0.82	0.19	8.7	A. Faaij, A. v. Wijk, W. Turkenburg, A. Oudhuis and E. D. Olsson: Gasification of biomass wastes and residues for electricity production. Biomass and Bioenergy 12 (6) pp. 387-407 (1997).
ODW from municipal collection	-	-	48.1	5.91	40.7	0.69	0.04	4.5	http://edv1.vt.tuwien.ac.at/AG_HOFBA/BIOBIB/Biobib.htm (1997).
ODW	54	-	42.1	5.43	31.1	1.78	0.41	8.7	A. Faaij, A. v. Wijk, W. Turkenburg, A. Oudhuis and E. D. Olsson: Gasification of biomass wastes and residues for electricity production. Biomass and Bioenergy 12 (6) pp. 387-407 (1997).
ODW	53.7	-	42.8	5.4	31.7	1.75	0.22	8.3	D. van den Berg and R. Venendaal: Voorstudie naar de samenstelling en eigenschappen van Nederlands GFT-afval (in Dutch), Enschede, the Netherlands, BTG, BTG-report (1994).
RSU	38.5	-	30.8	0.96	21.5	1.09	0.78	27.2	K. R. G. Hein: Combined combustion of biomass/sewage sludge and coals; Clean Coal Technology Programme 1992-1994, Stuttgart, IVD, ISBN 3-928123-16-5 (1994).
RSU	31	-	37	5.51	20.6	0.87	0.14	24.1	L.Plass, J.Albrecht and J.C.Löffler: Processing of residues and municipal waste in circulating fluidized beds - operating experience, design concepts and future developments. In: 14th Proc.Int.Conf.Fluid.Bed Combust, pp. 641-650 (1997).
Frazioni legnose in eccesso da impianti di compostaggio	50.3	30.9	40.2	4.1	34.6	0.69	0.12	10	P. Bruyn, A. Curvers and J. van Doorn: Monsternamen en analyse van park- en plantsoenafval in de provincie Noord-Holland (confidential), Petten, ECN, ECN-CX--95-097, 37 p. (1996).
Rifiuti legnosi, urbani	14.6	63.7	51.6	6.33	36.6	1.45	0.22	2.7	Tillman,D.A.; Hus,P.J.: Cofiring multiple opportunity fuels for cost-effective biomass utilization; Proc. 4th biomass conference of the Americas, p.1349-1354

⁴ Banca Dati Phyllis - <http://www.ecn.nl/phyllis/>

⁵ ODW = F.O.R.S.U.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 8. Parametri operativi di funzionamento

Parametro operativo	Valore	u.m.
turni giornalieri	1	#
ore di funzionamento giornaliera	6	h/giorno
giorni lavorativi a settimana	6	giorni/sett
settimane annue	52	sett/anno
giorni lavorativi annui	312	giorni/anno
ore di funzionamento annue	1.872	h/anno
Potenzialità a regime		
Peso specifico	0,570	t/m ³
Capacità annua	30.000	t/anno
Capacità giornaliera	96,15	t/giorno
Volume annuo	52.632	m ³ /anno
Volume giornaliero	168,69	m ³ /giorno

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

6 CICLO DI TRATTAMENTO DELL'IMPIANTO

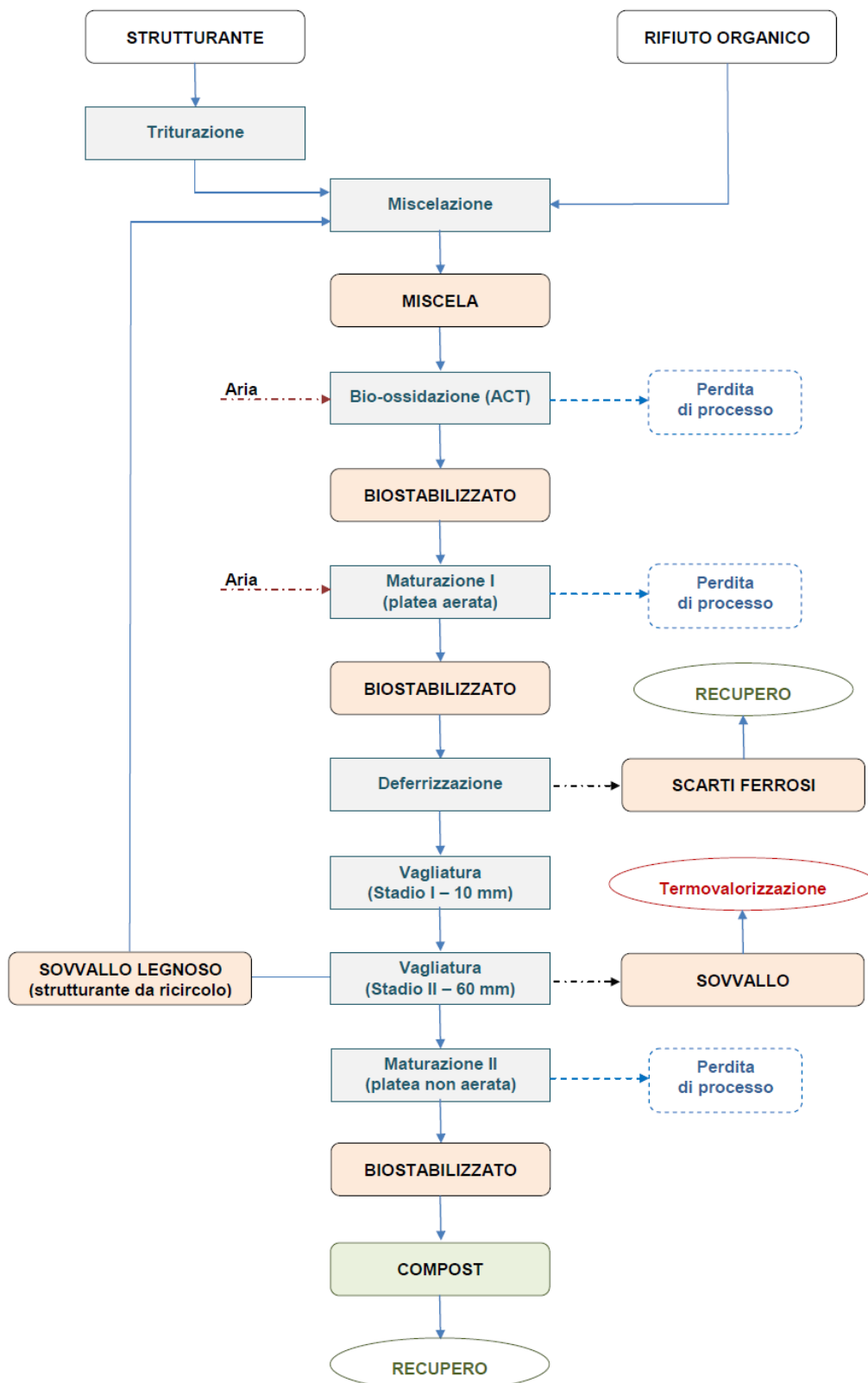
Il ciclo di trattamento dell'impianto è sintetizzato nel diagramma di flusso sotto riportato ed è quello minimo necessario per l'ottenimento di un compost rispettoso dei parametri del d.lgs. 217/2006.

L'impianto è stato dimensionato con un ciclo temporale di **18 giorni effettivi** durante la fase ACT in biotunnel e **37 giorni effettivi** per la fase di maturazione primaria in aia aerata e **35 giorni effettivi** a maturazione secondaria con rivoltacumuli a monte della raffinazione.

In sintesi, le fasi di trattamento sono le seguenti:

1. ricevimento dei rifiuti organici con preselezione degli scarti;
2. ricevimento dei rifiuti ligneocellulosici con rispettiva triturazione;
3. miscelazione tra scarto umido preselezionato e scarto ligneocellulosico pre-triturato;
4. bio-ossidazione accelerata in Biotunnel;
5. maturazione primaria in platea aerata;
6. vagliatura di raffinazione con deferizzazione del compost;
7. maturazione secondaria in cumuli con rivoltamento;
8. stoccaggio del compost finito;
9. presidi ambientali per il trattamento dell'aria esausta e trattamento percolati.

SCHEMA DI FLUSSO



Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

7 DIMENSIONAMENTO DELLE DIVERSE FASI

Il corretto dimensionamento delle varie fasi di processo, soprattutto dal punto di vista organizzativo e spaziale, consente il regolare funzionamento dell'impianto senza problemi di "affogamento" dello stesso, è quindi necessario dimensionare con cura tutte le fasi del processo.

7.1 Ricevimento e stoccaggio

Le aree di stoccaggio all'interno dell'impianto devono avere una dimensione tale da poter separare nettamente i materiali in esse presenti, con particolare riferimento ai rifiuti in ingresso, per i quali non vi deve essere commistione tra il materiale strutturante e la matrice organica, che è notevolmente più degradabile e putrescibile.

Per migliorare tale separazione, nel layout dell'impianto sono state introdotte piazzole di stoccaggio e/o accumulo temporaneo delimitate da pareti in cls o da pareti autostabili in cls prefabbricato (cd. new jersey).

Per il dimensionamento delle aie sono state sviluppate le seguenti elaborazioni.

1) Strutturante

Per i materiali strutturanti, a causa della stagionalità di questa tipologia di rifiuto (che presenta dei picchi nelle stagioni primavera – estate) e per l'assenza di odori sgradevoli, si è considerata una capacità di stoccaggio pari a **2,5 giorni** per il materiale allo stato sfuso e di **8 giorni** per il materiale triturato.

Per la descrizione del trituratore si rimanda ai successivi capitoli.

2) Sovvallo da ricircolo

Si è considerata un'area dedicata anche all'accumulo temporaneo del sovrappiù di ricircolo (o strutturante da ricircolo) dimensionata per **30 giorni** utili di accumulo (all'occorrenza, quest'area può essere utilizzata anche per lo strutturante triturato).

3) FORSU

L'area per il deposito temporaneo della matrice organica fresca in ingresso è stata dimensionata per consentire l'accumulo di **4,5 giorni** lavorativi.

4) Aia di pre-miscelazione

Si è considerato uno spazio utile a mescolare grossolanamente (con l'utilizzo di una pala meccanica) la FORSU e lo Strutturante, prima di effettuare il carico della tramoggia del miscelatore. Tale soluzione consente di dosare correttamente le quantità dei due materiali e di evitare stratificazioni e disomogeneità nella tramoggia.

5) Aia accumulo temporaneo della miscela

E' stata dimensionata un'area dove accumulare temporaneamente la miscela estratta dal miscelatore, prima di caricarla nelle biocelle. Ciò per semplificare la logistica delle operazioni e la movimentazione del materiale

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 51 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Per le stime delle volumetrie necessarie, sono stati considerati cumuli a sezione trapezia (Figura 6): il volume di un cumulo è quindi dato dalla relazione:

$$V_c = \frac{h}{a} \cdot \left(a - \frac{h}{\tan(\alpha)} \right)$$

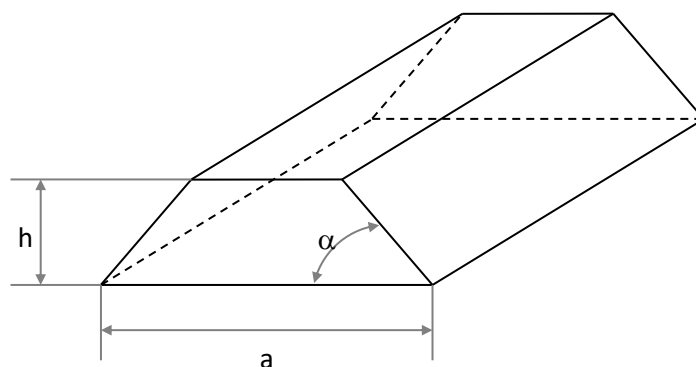


Figura 6 Cumuli a sezione trapezia

Il calcolo delle varie superfici di stoccaggio e/o accumulo temporaneo è sintetizzato nella seguente tabella.

Tabella 9. Dimensionamento dei cumuli e delle superfici di stoccaggio e/o accumulo.

Dati per il dimensionamento			
quantitativo annuo	Q	30.000	t/anno
quantitativo giornaliero	q	96,15	t/giorno
quantitativo giornaliero FORSU	q _{FORSU}	67,31	t/giorno
quantitativo giornaliero strutturante	q _L	28,85	t/giorno

Stoccaggio strutturante ⁶			
peso specifico medio	ρ _{str}	0,27	t m ⁻³
giorni utili di stoccaggio	d	2,50	giorni
quantitativo da stoccare	M _{str}	72,0	t
	V _{str}	270,0	m ³
base minore Zona 1	b	14,0	m
base maggiore Zona 1	B	7,5	m
altezza Zona 1	H	8,6	
base minore Zona 2	b'	7,0	

⁶ Il valore del peso specifico adottato risulta dalla media pesata dei pesi specifici di strutturante invernale ed estivo, così come **forniti dalla Stazione Appaltante**. Il dato è certamente coerente con i valori tipici che è possibile ricavare da varie fonti di letteratura tecnica e, tipicamente, sono: basso peso specifico: 0,15 – 0,20 t/m³ con prevalenza di potature; 0,4-0,5 t/m³ con prevalenza di sfalci.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

base maggiore Zona 2	B''	12,4	
altezza Zona 2	H''	10,0	
superficie in pianta	S	189,5	m ²
altezza	h_{cum}	3,5	m
angolo scarpata	α	60,0	°
volume utile di un cumulo	V	268,5	m ³
peso di un cumulo	q	72,00	t

Stoccaggio strutturante triturato ⁷			
peso specifico medio	γ _{str}	0,43	t m ⁻³
giorni utili di stoccaggio	d	8,00	d
quantitativo da stoccare	M _{str}	231,00	t
	V _{str}	539,7	m ³
lunghezza area stoccaggio	L	20,1	m
larghezza area stoccaggio	B	10,1	m
superficie in pianta	S	201,5	m ²
altezza	h_{cum}	3,3	m
angolo scarpata	α	60,0	°
volume utile di un cumulo	V	538,9	m ³
peso di un cumulo	q	231,00	t

Stoccaggio FORSU			
peso specifico medio	γ _{FORSU}	0,70	t m ⁻³
giorni utili di stoccaggio	d	4,50	giorni
quantitativo da stoccare	M _{FORSU}	303,00	t
	V _{FORSU}	432,9	m ³
lunghezza area stoccaggio	L	20,0	m
larghezza area stoccaggio	B	9,7	m
superficie in pianta	S	193,0	m ²
altezza	h_{cum}	2,5	m
angolo scarpata	α	60,0	°
volume utile di un cumulo	V	410,3	m ³
peso di un cumulo	q	287,00	t

⁷ Il valore del peso specifico del materiale lignocellulosico triturato è di difficile previsione, si è ritenuto di adottare un valore intermedio tra quello del cippato di legno (0,3 t/m³) e quello degli sfalci (0,5 t/m³). Il dato medio adottato è confortato anche dalla consultazione della Banca Dati Phyllis <https://phyllis.nl/>

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Zona di carico miscela			
peso specifico strutturante	γ_{str}	0,43	t m ⁻³
peso specifico FORSU	γ_{FORSU}	0,70	t m ⁻³
giorni utili	d	1,00	d
quantitativo strutturante	M _{str}	28,85	t
	V _{str}	67,4	m ³
quantitativo FORSU	M _{FORSU}	67,31	t
	V _{FORSU}	96,2	m ³
quantitativo PRE-MISCELATO	M _{MIX-1}	96,00	t
	V _{MIX-1}	163,6	m ³
lunghezza area stoccaggio	L	10,3	m
larghezza area stoccaggio	B	9,9	m
superficie in pianta	S	102,0	m ²
altezza	h _{cum}	1,8	m
angolo scarpata	α	60,0	°
volume utile di un cumulo	V	164,3	m ³
peso di un cumulo	q	97,00	t

Stoccaggio miscela			
peso specifico medio	γ_{MIX-2}	0,57	t m ⁻³
giorni utili di stoccaggio	d	1,00	d
quantitativo da stoccare	M _{mix-2}	96,00	t
lunghezza area stoccaggio	L	9,6	m
larghezza area stoccaggio	B	11,6	m
superficie in pianta	S	111,4	m ²
altezza	h _{cum}	1,8	m
angolo scarpata	α	60,0	°
volume utile di un cumulo	V	182,5	m ³
peso di un cumulo	q	104,00	t

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

7.2 Miscelazione F.O.R.S.U. e scarti legnosi triturati

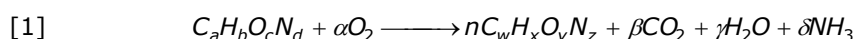
La miscelazione tra residui umidi e scarti strutturanti legnosi avverrà, come sopra descritto, all'interno del capannone in depressione. La frequenza di miscelazione dovrà essere commisurata alla frequenza di conferimento della F.O.R.S.U. all'impianto. La miscelazione dovrà essere eseguita quotidianamente o, al massimo, ogni due giorni, per limitare i fenomeni di putrescenza della FORSU conferita e in modo da contenere al massimo le emissioni maleodoranti.

Il miscelatore a servizio dell'impianto sarà del tipo a coclee distanziate che, oltre alla funzione di miscelare il rifiuto, svolgerà anche una blanda sfibratura e l'apertura dei sacchetti di Mater-Bi o di plastica nei quali, generalmente, viene conferita la F.O.R.S.U..

7.3 Dimensionamento della fase di Compostaggio Attivo (ACT)

7.3.1 Formula bruta della matrice compostabile

L'equazione stechiometrica che rappresenta il processo di trasformazione aerobica per via biologica è la seguente:



in cui:

- $C_a H_b O_c N_d$ rappresenta la composizione della sostanza organica presente inizialmente nel rifiuto;
- $C_w H_x O_y N_z$ rappresenta la composizione della sostanza organica residua;
- n rappresenta il quantitativo di compost, ricavabile dal rapporto tra il numero di moli della sostanza organica residua e il numero di moli della sostanza organica presente inizialmente nel rifiuto;
- α , β , γ e δ sono coefficienti stechiometrici ricavabili dal sistema di equazioni:

$$\alpha = 0,5 \left\{ ny + 2(a - nw) + 0,5 \left[b - nx - 3 \left(d - nz \right) \right] - c \right\}$$

$$\beta = a - nw$$

$$\gamma = 0,5 [b - nx - 3(d - nz)]$$

$$\delta = (d - nz)$$

La composizione bruta della sostanza organica di partenza può essere ricavata dalla *ultimate analysis* della matrice compostabile assunta a base della presente progettazione e riportata in precedenza.

Sulla base dei dati assunti, infatti, si può inizialmente calcolare la quantità di sostanza secca per tonnellata di matrice compostabile e, conseguentemente, anche la frazione di solidi volatili, SV.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 10. Composizione della matrice compostabile

Componente ⁸	peso secco	peso secco (ton / anno)					SSV
	kg/t	C	H	O	N	Totale	
FORSU	183	90,7	10,6	64,2	8,1	173,7	0,947
Strutturante invernale	69	30,2	4,1	28,4	0,2	62,9	0,918
Strutturante estivo	107	32,4	5,6	35,7	1,0	74,7	0,698
TOTALE	359	153	20	128	9	311	0,854

Noti i pesi molecolari dei singoli elementi, si può dunque calcolare il numero di moli di carbonio, ossigeno, idrogeno ed azoto contenute nel rifiuto dalla relazione:

$$[2] \quad n_i = \frac{p_i}{AW_i}$$

dove:

- n_i = kmoli dell'elemento i-esimo;
- p_i = peso secco dell'elemento i-esimo;
- AW_i = peso atomico dell'elemento i-esimo

Per convenzione, infine, la formula bruta viene normalizzata rispetto all'azoto.

Si ottengono le elaborazioni riportate nella seguente tabella.

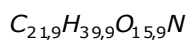
Tabella 11. Valutazione della formula bruta della matrice compostabile

Valutazione dei pesi molecolari				
elemento	C	H	O	N
peso molecolare elemento	12	1	16	14
kmoli di ogni elemento	12,78	20,31	8,02	0,67
coefficienti formula chimica sostanza organica	a	b	c	d
	19,2	30,5	12,0	1,0
peso molecolare sostanza organica	MW _s 467,2			

In conclusione⁹ la formula bruta del substrato organico risulta essere la seguente:

⁸ Non disponendosi di specifiche analisi fornite dalla Stazione Appaltante, si è fatto ricorso alla consultazione di dati delle letteratura tecnica di settore e, in particolare, della già citata Banca Dati Phyllis <https://phyllis.nl/>

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	



ed il peso molecolare:

$$[3] \quad MW_S = \frac{\sum_i n_i \cdot AW_i}{\sum_i n_i} = 452,3$$

7.3.2 Composizione del compost prodotto

La valutazione della composizione del compost (intermedio grezzo) prodotto dalla fase di bio-ossidazione non può che essere approssimativa, in quanto l'effettiva composizione del substrato (in termini di carboidrati, proteine, lipidi, etc.) non può essere definita e, conseguentemente non possono essere considerate le reazioni di idrolisi e fermentazione che determinano la degradazione della sostanza organica.

L'aspetto essenziale del problema è, dal punto di vista della qualità del compost prodotto, la variazione del rapporto C/N.

E' infatti noto che il valore di tale rapporto per il prodotto finale del processo deve rimanere nell'intervallo 13 ÷ 15 su base ponderale (15 ÷ 18 su base molare).

Con riferimento al contenuto in azoto e al rapporto C/N, la letteratura scientifica riporta l'osservazione di una concentrazione progressiva della biomassa in azoto, dovuta alla degradazione della sostanza organica. Pertanto tale variazione è funzione del tempo di processo.

Ancor più interessante risulta l'evoluzione del rapporto C/N, ottenendosi a fine processo valori molto bassi (C/N 13.52). La relativa concentrazione di azoto e il conseguente abbassamento del rapporto C/N si accompagnano a un incremento relativo dei composti aromatici. È verosimile pensare perciò a un arricchimento della frazione aromatica in azoto.

Quanto suggerito trova conferma sia nel dato del rapporto C/N a fine processo, che si pone nell'ordine di grandezza del C/N rilevabile per le sostanze umiche, sia nella letteratura.

In base ai risultati ottenuti in prove di incubazione di residui lignocellulosici (paglia) in suoli, Amalfitano *et al.* (1992), sostengono la tesi per cui le sostanze umiche derivino dalla lignina in seguito a rimozione di carboidrati, demetilazioni e ossidazione di strutture catecoliche a dare O-chinoni, responsabili dell'addizione nucleofila di composti amminici.

Zaccheo e Crippa (1992), indagando circa la ripartizione dell'azoto nelle frazioni solubili (acidi umici) e insolubili (umina) in soluzioni alcaline diluite di un compost vegetale (mais), osservavano lo spostamento di azoto semplice (proteico) nelle frazioni più complesse, dopo circa 90 giorni di compostaggio.

Montoneri *et al.* (1995) studiando l'umina purificata di un processo di compostaggio di lunga durata, a mezzo di spettroscopia NMR, IR e analisi elementare, mettevano in luce un suo arricchimento in amminoacidi e/o amminozuccheri in seguito alla formazione di legami con la frazione aromatica.

⁹ Per la procedura di calcolo della formula bruta del rifiuto si veda "Giuseppe D'Antonio – Ingegneria Sanitaria Ambientale – Hoepli 2011.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

La disponibilità di azoto perciò, risulterebbe fondamentale per la formazione di strutture aromatiche polimeriche a elevato peso molecolare, fornendo un substrato idoneo a legare monomeri aromatici (Maggioni e Ferrari, 1980).

Quindi, anche se in tal senso non si hanno verifiche sperimentali (determinazione del contenuto di azoto eterociclico) è logico supporre nella biomassa compostata la presenza di azoto strettamente associato a molecole aromatiche e, quale conseguenza, la presenza di azoto stabile.

La progressiva variazione del rapporto C/N può essere descritta, in prima approssimazione, attraverso una cinetica del primo ordine:

$$[4] \quad C/N(\theta) = C/N(0) \cdot e^{(-k_d \cdot \theta)}$$

in cui:

- $C/N(\theta)$ = valore del rapporto C/N al tempo θ ;
- $C/N(0)$ = valore del rapporto C/N al tempo 0;
- k_d = costante di riduzione del rapporto C/N

Da un esame della letteratura scientifica, appare evidente come il parametro k_d sia esso stesso funzione del rapporto C/N.

Un modello sviluppato dall'ing. Paolo Viparelli, sulla base di numerosi dati ricavati dalla letteratura scientifica di settore, tra i quali quelli desunti dalle pubblicazioni scientifiche innanzi citate ma anche quanto riportato in:

- M.F. Hamoda, H.A. Abu Qdais, J. Newham - Evaluation of municipal solid waste composting kinetics . Resources, Conservation and Recycling 23 (1998) 209–223,
- Dimitris P Komilis - A kinetic analysis of solid waste composting at optimal conditions - Waste Manag 2006;26(1):82-91,
- Marco Henrique De Carvalho Baptista - Modelling Of The Kinetics Of Municipal Solid Waste Composting in Full-Scale Mechanical-Biological Treatment Plants, New University of Lisbon. LISBOA 2009
- S. Kumar; A. Sakhale; and S. Mukherjee - Simplified Kinetic Analysis for Composting of Municipal Solid Waste - Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management, Volume 13 Issue 3 - July 2009

correla il valore di k_d al valore C/N(0).

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

La relazione sviluppata è la seguente:

$$[5] \quad k_d = a \cdot e^{\left(-0,5 - \frac{\ln\left(\frac{C/N(0)}{x_0}\right)}{b} \right)}$$

dove:

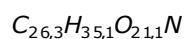
- $a = 0,018$;
- $b = 0,464$;
- $x_0 = 18,328$

sono parametri aggiustabili ottenuti dalla regressione dei dati sperimentali riportati in letteratura.

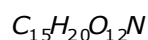
Fissato il valore del tempo di processo:

$$\theta = 18 \text{ d}$$

si può dunque ricavare la formula bruta del compost ottenuto, che risulta:



Tale composizione si discosta leggermente da quella ottimale:



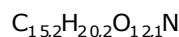
che potrà essere raggiunta durante la fase di maturazione.

In letteratura, infatti, si evidenzia che la maggior parte delle perdite di azoto (come azoto ammoniacale evoluto) si osserva nei primi 8-10 giorni di processo.

Si assiste ad ulteriori perdite di azoto nei periodi successivi, dopo una fase in cui le perdite di azoto sostanzialmente si arrestano (8°-18° giorno), e fino al 56°-60° giorno. Dopo tale periodo le perdite si fermano (i valori oscillano attorno al 18-21%).

A questo punto, infatti, si ha un rallentamento, se non un totale arresto, dei processi degradativi, confermando il raggiungimento della stabilità biologica.

Al termine della fase di maturazione, considerando un'età media del compost pari a 76 giorni, si avrà dunque la seguente composizione finale:



Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

7.3.3 Dimensionamento delle biocelle

Il dimensionamento delle biocelle è stato basato su due vincoli principali:

1. garantire un'età media del compost nella fase di bio-ossidazione accelerata (ACT) non inferiore a 18 d (nel caso di specie, si è adottato un valore pari a 18 g, che, considerata la durata delle fasi di carico, comporta una durata complessiva del ciclo pari a 22 g per ciascuna biocella);
2. garantire una continuità di trattamento, in modo da evitare accumuli della F.O.R.S.U. che, come ripetutamente sottolineato, va soggetta a rapidi fenomeni di putrescenza.

Nella Tabella 12 sono sintetizzati i parametri per il calcolo del numero di tunnel necessari al trattamento delle quantità di progetto considerando che le dimensioni interne sono 30 x 6,5 m e che l'altezza media del cumulo all'interno degli stessi è di 2,9 m.

Tabella 12. Dimensionamento dei biotunnel.

Parametro	u.m.	Valore
durata ciclo	giorni lavorativi	15
durata effettiva ciclo	giorni totali	18
quantità ciclo	t /ciclo	1.331,51
quantità giorno	t /giorno effettivo	73,97
peso per unità di volume	t /m ³	0,57
volume ciclo	m ³ /ciclo	2.335,98
volume giornaliero	m ³ /giorno	129,78
volume annuo ACT	m ³ /anno	47.368,42
peso annuo ACT	t /anno	27.000,00
altezza cumulo	m	2,9
lunghezza interna	m	30,00
larghezza interna	m	6,50
volume tunnel	m ³	565,5
superficie aerata	m ²	195
n. tunnel	-	5,00
giorni di caricamento	giorno	4,0

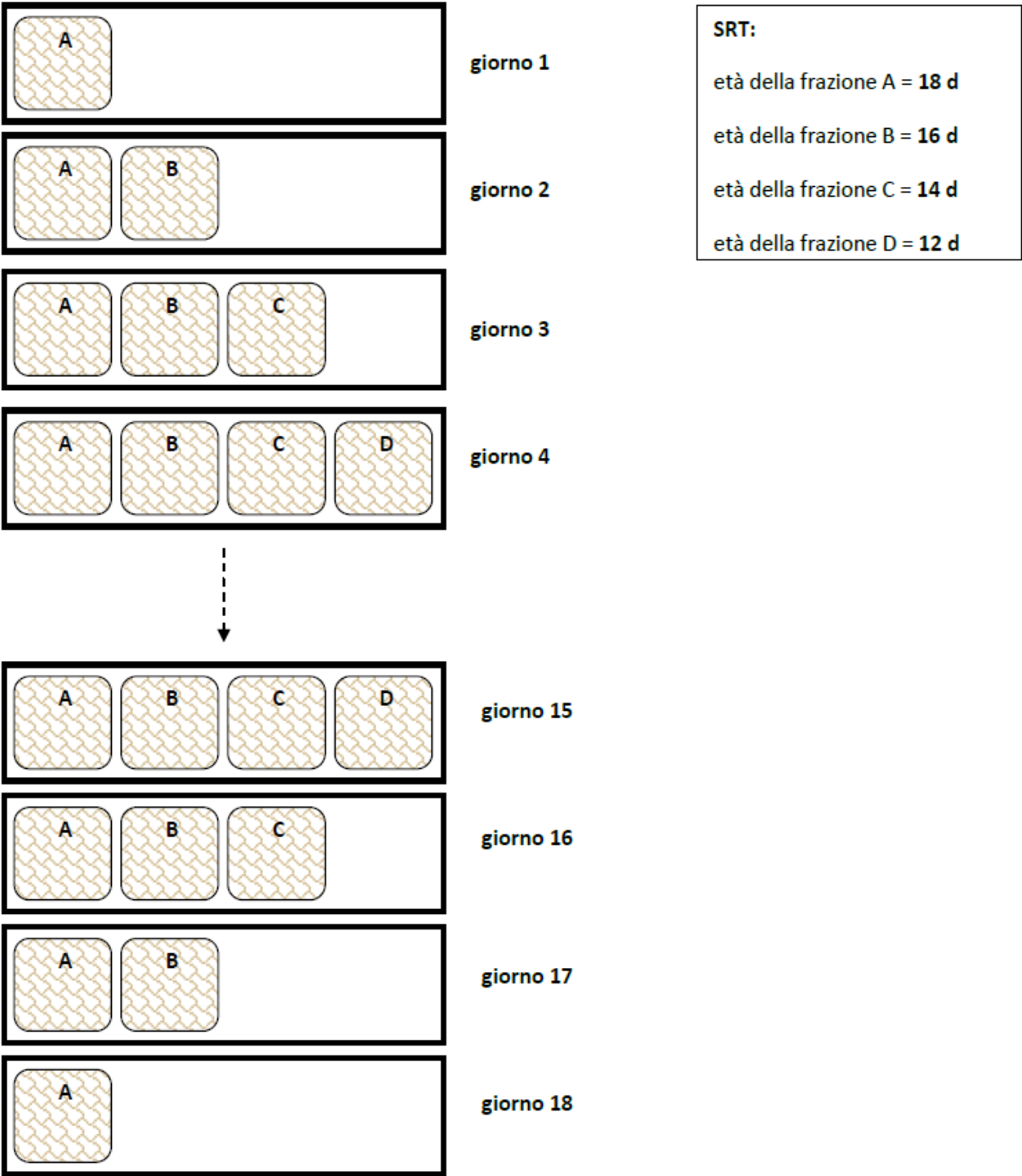
L'impianto di compostaggio sarà comandato e gestito da un sistema controllato da PLC.

Durante il ricircolo del percolato, nelle fasi di degradazione aerobica accelerata e di maturazione sarà possibile regolare diversi parametri di processo in relazione ai singoli biotunnel.

La sorveglianza continua dei parametri di controllo permetterà di ottenere una ottimizzazione continua del processo stesso e quindi una prestazione massima per quanto riguarda la degradazione aerobica.

In particolare, saranno monitorati la temperatura, l’umidità e la concentrazione di ossigeno in modo da mantenerli sempre in un range ottimale.

Soprattutto la temperatura sarà monitorata in modo da garantire il superamento dei 65°C per almeno tre giorni in modo da avere l’igienizzazione del prodotto finale così come imposto dalla normativa di settore dei fertilizzanti.



Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Figura 7 Distribuzione dell’età media di permanenza dei solidi con la configurazione di progetto definitivo

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

7.4 Cinetica del processo di compostaggio

7.4.1 Determinazione dell'ordine di reazione nei processi di compostaggio

Il processo di compostaggio può essere considerato a tutti gli effetti una reazione chimica (biochimica) influenzata da numerosi parametri, chimici, fisici e biologici che ne determinano le diverse velocità.

Al fine di facilitare la comprensione dei calcoli di dimensionamento effettuati è necessario introdurre alcuni concetti.

7.4.2 Equilibrium mass

Keener *et al.* (1993) hanno introdotto il concetto di *equilibrium mass* (m_e) che rappresenta la frazione di sostanza secca che rimane dopo un tempo sufficientemente lungo di reazione (compostaggio di 6-12 mesi). La definizione di m_e risiede nel fatto che, anche se potenzialmente tutto il substrato organico di una biomassa è degradabile, in effetti, nei tempi previsti dal compostaggio, solo una parte di questi effettivamente si degrada.

Il rapporto m_e/m_0 (m_0 = massa al tempo $\theta = 0$) è chiamato β (Keener *et al.*, 1992) e rappresenta la frazione di sostanza secca che rimane dopo un lungo periodo di processo (6-12 mesi).

L '*equilibrium mass* può essere anche determinato considerando ogni singola frazione costituente la biomassa (per esempio cellulosa, emicellulosa, lignina ecc.). In particolare:

$$[6] \quad m_e = \sum_j m_{ej}$$

dove j rappresenta la frazione j-esima di m_e .

7.4.3 Ordine di reazione nei processi di compostaggio

Tipicamente i processi di compostaggio identificano reazioni di ordine primo, secondo e terzo. Nella presente progettazione si è ritenuto sufficiente utilizzare un modello cinetico con reazioni del primo ordine.

Tale modello cinetico può essere espresso con la relazione:

$$[7] \quad \frac{dm}{d\theta} = -k \cdot (m - m_e) \quad (\text{Keener et al. 1993})$$

da cui si ottiene:

$$[8] \quad k = \frac{1}{\theta} \cdot \ln \left(\frac{m_0 - m_e}{m - m_e} \right)$$

k ha le dimensioni di una frequenza ed m_0 rappresenta la massa al tempo iniziale.

Nella seguente tabella si riportano i valori caratteristici delle costanti cinetiche per diverse matrici organiche.

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 63 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 13. Valori di β , k , $k(1-\beta)$ per diverse matrici organiche (Genevini et al., 1997).

Biomassa	β	k	$k(1-\beta)$
fanghi primari	0.45	0.025	0.014
paglia	0.35	0.069	0.045
foglie di acero	0.12	0.015	0.013
foglie di quercia	0.36	0.009	0.006
pollina + residui del mais	0.25	0.048	0.036
erba+arbusti+foglie (20:51:29)	0.61	0.190	0.074
erba+arbusti+foglie (47:38:12)	0.46	0.167	0.090
erba+arbusti+foglie (50:38:12)	0.40	0.179	0.107
lolla di riso + liquame bovino	0.45	0.028	0.015

In linea generale, si è osservato che la fase attiva è meglio rappresentata da una cinetica di primo ordine, ovvero dipende da un solo reattivo. In tale fase perciò è possibile considerare la frazione biodegradabile, anche se caratterizzata da una sua complessità molecolare, come una molecola omogenea. L'ordine di reazione ci dice che la velocità di reazione dipende dalla concentrazione del substrato e che questa diminuisce man mano che il substrato è consumato.

Sia la *curing phase* che la totalità del processo sono meglio rappresentati da una reazione di secondo ordine. Anche in questo caso la reazione è substrato-dipendente con la differenza che, sempre considerando il substrato quale molecola omogenea, si ha variazione di s in ragione del quadrato della sua concentrazione. Ciò è palese se si considera come durante la *curing phase* la maggior parte del substrato sia già stata degradata e perciò la reazione deve coinvolgere più molecole per dare i medesimi prodotti della fase attiva.

Secondo Haug (1993), la costante cinetica di degradazione k è ottenuta dal prodotto di svariati fattori che dipendono dai parametri di processo e, in particolare, da:

- temperatura;
- pressione parziale di ossigeno;
- grado di vuoto (free air space) della massa in compostaggio;
- tenore di umidità.

In sintesi, si ha:

$$[9] \quad k_d = k_T \cdot k_m \cdot k_{FAS} \cdot k_{O_2}$$

dove:

$$[10] \quad k_T = k_0 \cdot \left[C_1^{(T-TR1)} - C_2^{(T-TR2)} \right]$$

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

è il fattore di correzione per la temperatura, in cui k_0 è la costante di degradazione ideale ottenuta attraverso studi respirometrici, $TR1 = 20^\circ\text{C}$ e $TR2 = 60^\circ\text{C}$ sono temperature di riferimento, C_1 e C_2 sono costanti empiriche;

$$[11] \quad k_m = \frac{1}{e^{(-17,64(1-U)+7,062)} + 1}$$

è il fattore di correzione che tiene conto del tenore di umidità, U ;

$$[12] \quad k_{FAS} = \frac{1}{1 + e^{(-23,675FAS+3,4949)}}$$

è il fattore di correzione che tiene conto del grado di vuoto del sistema;

$$[13] \quad k_{O_2} = \frac{y_{O_2}}{y_{O_2} + 2}$$

è il fattore di correzione che tiene conto della percentuale volumetrica di ossigeno nel bio-reattore, y_{O_2} (naturalmente, tale fattore può essere espresso anche in funzione della pressione parziale di ossigeno).

7.4.4 Cinetica assunta per la progettazione

Nella seguente tabella si riportano i risultati delle elaborazioni condotte, utilizzando il modello sopra descritto, nel caso specifico in esame.

I dati sono calcolati per tonnellata di matrice compostabile.

Il risultato di tali elaborazioni è la stima dei coefficienti stechiometrici della reazione [1].

Si può osservare che le principali assunzioni fatte sono, oltre alla *ultimate analysis* ed al tenore di solidi volatili (che discende anch'esso dalle ipotesi fatte in relazione alla *ultimate analysis*):

- la temperatura di esercizio, assunta pari a 55°C ;
- il tenore di umidità medio, assunto pari al 64%;
- il grado di vuoto, assunto pari al 30%;
- la costante di degradazione a 20°C , temperatura di riferimento, assunta pari a 0.011 d^{-1} , in coerenza con i dati di letteratura indicati nella tabella 17;
- il valore β , assunto pari a 0.45, che, in ultima analisi, individua la frazione di solidi non biodegradabili della sostanza organica in ingresso.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO	
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.		

Tabella 14. Cinetica di degradazione

CINETICA DI DEGRADAZIONE					
solidi volatili totali	m ₀	311,3	kg		
frazione di solidi volatili non degradabili	β	0,450			
solidi volatili degradabili	SVB	171,21	kg		
solidi volatili non degradabili	SVNB	140,08	kg		
costante C ₁	C ₁	1,030			
costante C ₂	C ₂	1,133			
temperatura di riferimento TR1	TR1	20,00	°C		
temperatura di riferimento TR2	TR2	60,00	°C		
temperatura di esercizio	T	55	°C		
costante cinetica di degradazione SV a 20°C	k _{dr1}	0,01109	d ⁻¹		
fattore di correzione per la temperatura	k _T	2,28			
moisture fraction	y	0,64			
fattore di correzione per l'umidità	k _m	0,32			
grado di vuoto	FAS	0,30			
fattore di correzione per il grado di vuoto	k _{FAS}	0,974			
percentuale di O₂ nel reattore	%O	18,01	%		
fattore di correzione per O ₂	k _{O2}	0,90			
costante cinetica di degradazione SV	k	0,022	d⁻¹		
percentuale compost / sostanza organica	m/m ₀	81,92%			
quantitativo compost	m	255,0	kg		
kmoli sostanza organica	n ₀	0,666	kmoli		
kmoli compost	n	0,402	kmoli		
coefficienti stechiometrici	n	a	b	g	d
	0,60	7,12	4,86	5,10	0,40

Per ciò che concerne il tenore di ossigeno, esso è stato calcolato dal bilancio di materia sull'ossigeno, con l'ipotesi cautelativa che il consumo di ossigeno durante tutta la fase ACT sia pari a quello massimo, ovvero a quello che si ha quando alla massima velocità di degradazione, ottenuta dalla relazione [8], assumendo $m = m_0$.

E' evidente che si tratta di una ipotesi cautelativa in quanto, man mano che il fenomeno degradativo avanza, diminuendo la quantità di substrato degradabile, m , dalla [8] si evince come diminuisca la forza spingente del fenomeno e, conseguentemente, il consumo di ossigeno.

Il bilancio di materia sull'ossigeno è espresso dalla relazione:

$$[14] \quad 0,2314 \cdot Q_{aria} = O_2^{in} = O_2^{out} + \alpha \cdot \frac{AW_{O_2}}{MW_S} \cdot \frac{dm}{d\theta}$$

avendo considerato pari al 23.14% la percentuale di ossigeno nell'aria in ingresso al bireattore, la cui portata è Q_{aria} ; α è il coefficiente stechiometrico dell'ossigeno nella reazione [1].

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

7.4.5 Determinazione della portata d'aria necessaria al processo

1.1.1. Calcolo dell'aria stechiometrica

Il calcolo dell'aria stechiometrica necessaria per il processo risulta dal bilancio sull'ossigeno effettuato nei paragrafi precedenti.

Sono state effettuate le elaborazioni riportate nella seguente tabella, in cui è stato anche verificato il bilancio di materia complessivo risultante dalle ipotesi cinetiche e calcolative illustrate in precedenza.

Tabella 15. Calcolo dell'aria stechiometrica

CALCOLO DELL'ARIA STECHIOMETRICA		
kg di O ₂ per 1 kmole	227,9	kg
kg di O ₂ per tonnellata di rifiuto	151,8	kg
kg di O ₂ totali	4.554.336,5	kg/anno
	519,9	kg/h
consumo specifico di O ₂	0,42	kg _{O2} /kg _{secco}
volume di aria secca (condizioni standard)	1,52	m ³ _{aria} /kg _{secco}
	1867,5	m ³ _{aria} /h
BILANCIO DI MATERIA SULLO STECHIOMETRICO		
sostanza organica secca soggetta a trasformazione	311,3	kg
solidi inerti	47,6	kg
ossigeno necessario al processo	151,8	kg
Totale in ingresso	510,7	kg
sostanza organica residua (compost)	255,0	kg
solidi inerti	47,6	kg
anidride carbonica	142,4	kg
acqua	61,2	kg
ammoniaca	4,5	kg
Totale in uscita	510,7	kg

In effetti, però, l'aria da insufflare nel sistema è funzione, più che della cinetica di degradazione, delle necessità relative all'allontanamento dell'umidità e di quelle relative al controllo della temperatura.

Tali aspetti saranno quindi affrontati nei paragrafi successivi.

7.4.6 Aria per il controllo dell'umidità

Ai fini del calcolo della quantità necessaria per ottenere il desiderato tenore di umidità nel compost in fase di ossidazione ed in quello in uscita dalle biocelle, sono state fatte le seguenti assunzioni:

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 67 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- massimo tenore di umidità ammesso nella biocella ed in uscita: 55%;
- umidità relativa dell'aria in ingresso alla biocella: 64%;
- grado di saturazione dell'aria estratta dal compost: 100%.

A tal proposito si deve infatti ricordare che l'aria insufflata viene parzialmente estratta dall'interno del capannone e parzialmente ricircolata dalle stesse biocelle. Di qui le valutazioni effettuate sul tenore di umidità.

Per la descrizione dettagliata del sistema di insufflazione si rimanda alla Relazione Specialistica inerente l'insufflazione, l'aspirazione ed il trattamento dell'aria.

Si è inoltre ipotizzato, sulla base delle cinetiche di degradazione che sono state descritte in precedenza:

- percentuale di solidi volatili (SV) rispetto ai solidi totali (ST) = 87%;
- percentuale di solidi volatili biodegradabili (SVB) rispetto ai solidi volatili SV = 55%;
- efficienza del processo di conversione di SVB > 32,9%.

Con queste premesse, sono stati sviluppati i calcoli richiamati nella seguente 0.

7.4.7 Aria per il controllo della temperatura

L'insufflazione dell'aria è necessaria anche per il controllo della temperatura del processo, che, come detto in precedenza, non dovrà superare i 60°C e, di media, dovrà essere pari a 55°C.

Come sarà ulteriormente dettagliato nel seguito, la misura della temperatura, attraverso idonee sonde inserite nel corpo del compost in ACT, consentirà il controllo del processo effettuato, appunto, attraverso la regolazione della portata d'aria insufflata, a sua volta consentita dall'istallazione di inverter dedicati ai ventilatori di insufflazione.

Per la valutazione della portata d'aria necessaria (nella fase di massimo sviluppo della reazione esotermica di degradazione, che si verifica, come accennato in precedenza, a cavallo del 2° - 5° giorno di permanenza del materiale nella biocella), oltre a tutti i dati già considerati in precedenza, si è ulteriormente ipotizzato:

- temperatura dell'aria ambiente: 20°C;
- temperatura dell'aria estratta dal compost = 55°C;
- calore di vaporizzazione dell'acqua in condizioni standard = 138.8 kJ kg⁻¹;
- calore specifico dell'acqua = 0.105 kJ kg⁻¹ °C⁻¹;
- peso specifico dell'aria in condizioni standard = 1.2 kg m⁻³.

Con tali ipotesi si ricavano i valori riportati nella seguente Tabella 17.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 16. Calcolo dell'aria necessaria per il controllo dell'umidità

Massima umidità consentita nel compost	$U_{\text{compost,max}}$	55,00%	
Dati di progetto			
Percentuale SV/ST	%SV	87%	
Percentuale SVB/SV	%SVB	55%	
efficienza del processo di conversione di SVB	h_{SVB}	32,9%	
contenuto di O ₂ nell'aria (condizioni standard)	γ_{O_2}	0,2314	
peso specifico dell'aria in condizioni standard	ρ_{aria}	1,2	kg m ⁻³
temperatura esterna	T_{est}	20	°C
umidità relativa aria in ingresso	U_{in}	70%	
pressione totale	P	760	mm Hg
temperatura aria estratta dal compost	T	55,00	°C
grado di saturazione aria estratta dal compost	U_{out}	100%	
peso molecolare acqua	$MW_{\text{H}_2\text{O}}$	18	
peso molecolare aria	MW_{aria}	28,96	
Elaborazioni			
percentuale solidi volatili contenuti nel compost	%SV _{compost}	84,3%	
percentuale di secco in ingresso	%Secco _i	43,0%	
percentuale di secco in uscita	%Secco _u	45,0%	
peso di secco in uscita per kg secco in ingresso	$w_{\text{secco,u}}$	0,711	kg _{secco,u} / kg _{secco,i}
acqua eliminata dai solidi per kg di secco	$w_{\text{H}_2\text{O}}$	0,46	kg _{H2O} / kg _{secco}
tensione di vapore dell'acqua insufflata	P_{vsi}	18,27	mm Hg
tensione di vapore dell'acqua estratta	P_{vsu}	119,11	mm Hg
pressione parziale del vapor d'acqua nell'aria insufflata	$p_{\text{H}_2\text{O},i}$	12,79	mm Hg
pressione parziale del vapor d'acqua nell'aria estratta	$p_{\text{H}_2\text{O},u}$	119,11	mm Hg
umidità specifica aria insufflata, w_i	u_i	0,0106	kg H ₂ O / kg aria secca
umidità specifica aria estratta	u_e	0,1155	kg H ₂ O / kg aria secca
umidità netta rimossa	u_{rim}	0,1049	kg H ₂ O / kg aria secca
quantità di aria secca necessaria per kg di secco	W'_{aria}	4,36	kg aria secca / kg secco

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 17. Calcolo dell'aria necessaria per il controllo della temperatura

calore vaporizzazione acqua rimossa	C_{vap}	14,6	$\text{kJ kg}_{rif}^{-1} \text{kg}_{aria}^{-1}$
calore necessario a riscaldare l'acqua in uscita	C_{ris}	0,4	$\text{kJ kg}_{rif}^{-1} \text{kg}_{aria}^{-1}$
calore necessario a riscaldare l'aria secca	$C_{ris,aria}$	2,0	$\text{kJ kg}_{rif}^{-1} \text{kg}_{aria}^{-1}$
calore totale per kg di aria secca	C_{tot}	17,0	$\text{kJ kg}_{rif}^{-1} \text{kg}_{aria}^{-1}$
frazione secco sul totale	X_{secco}	0,36	
Calore prodotto dal processo di compostaggio	C_{reaz}	329,0	
Quantità di aria secca necessaria per il controllo di T	W''_{aria}	7,0	$\text{kg aria secca} / \text{kg secco}$

7.4.8 Valutazione dell'aria effettivamente necessaria

Sulla base delle elaborazioni illustrate, è stato calcolato un fabbisogno teorico, basato sulle assunzioni inerenti la composizione media del substrato (miscela), la cinetica di bio-degradazione, il tempo di processo, ecc.

Tuttavia, i sistemi di insufflazione sono stati poi dimensionati in base ad un criterio empirico, abbastanza universalmente adottato per le fasi ACT, che tiene conto della grande eterogeneità e variabilità delle caratteristiche dei rifiuti in ingresso all'impianto.

Secondo tale criterio cautelativo, il fabbisogno di aria per il processo di bio-ossidazione accelerata è fissato in **45 Smc/t**. Nella seguente tabella sono riportati i calcoli di dimensionamento dei ventilatori da installare per ogni singola biocella.

Tabella 18. Calcolo dei ventilatori (singola biocella)

Parametro	Simb.	Valore	u.m.
Fabbisogno d'aria per tonnellata di secco per ciclo	f_{aria}	5.796	m^3 / t
frazione di secco	X_{secco}	0,3589	t / anno
Fabbisogno d'aria per ciclo	F_{aria}	670.544	m^3
giorni in un ciclo	θ	18	
ore aerazione / giorno	d	24	h / giorno
ore totali di aerazione	D	432	h
portata oraria totale	Q_{aria}	1.552,18	m^3 / h
portata oraria per tonnellata trattata teorica	q_{aria}	4,82	$\text{m}^3 / \text{h} / \text{t}$

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Fattore di sicurezza	SF	9,3	
portata oraria per tonnellata trattata di progetto	q_{aria}	45	m³ h⁻¹ t⁻¹
portata oraria	Q _{aria}	14.505,08	m ³ h ⁻¹
frazione di solidi volatili	x _{sv}	0,87	
solidi volatili per ciclo	SV	279,6	t
portata per tonnellata di solidi volatili	f _{aria,SV}	22.413,74	m ³ t _{sv} ⁻¹
numero di ventilatori	n _v	1	
portata effettiva	Q _{aria,eff}	15.000	m ³ h ⁻¹
pressione ventilatore a 20°C	P _v	6.500,00	Pa
rendimento ventilatore	h _v	0,7	
potenza ventilatore	P _v	75	kW

7.5 Sistema di controllo della fermentazione accelerata

Il processo di compostaggio è controllato mediante apposito sistema di supervisione che, a partire dalla rilevazione dei parametri di processo, elabora i dati e regola le apparecchiature (ventilatori, valvole ecc..) che controllano l'immissione di ossigeno e l'umidificazione del cumulo in fermentazione. In ogni biocella sono controllati i seguenti parametri:

- temperatura: in due punti del cumulo facendo la media dei valori rilevati;
- concentrazione della CO₂ nell'aria all'interno della biocella;
- umidità relativa nell'aria all'interno della biocella.

Come si rileva dal grafico di Figura 8 esiste un stretta correlazione tra concentrazione della CO₂, la temperatura e l'umidità in funzione del tempo e dell'andamento della fermentazione. Il sistema di controllo pertanto regola l'aria insufflata al fine di mantenere i parametri di processo il più prossimi possibile all'andamento del grafico suddetto.

In ogni biocella l'aria insufflata può essere prelevata dall'esterno o direttamente dalla biocella stessa (ricircolo) oppure può essere una miscela delle due arie(ricircolo parziale).

La biocella è comunque mantenuta costantemente in depressione per evitare la fuoriuscita di cattivi odori. Tale condizione è garantita dalla presenza di un pressostato che regola una valvola modulante collegata all'aspirazione principale dell'impianto.

Ogni ventilatore d'insufflazione dell'aria può quindi aspirare dalla biocella o dal capannone (aria esterna). La portata d'aria aspirata dai suddetti ventilatori all'interno del capannone è misurata mediante apposito anemometro a filo caldo in quanto tale flusso entra nel computo globale dell'aria aspirata dal capannone ricezione e biocelle dal sistema d'aspirazione principale.

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 71 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Il pavimento delle biocelle è realizzato con plote dotate di ugelli conici che garantiscono una densità di fori da 2 cm di diametro di circa 20 a mq. L'ugello è del tipo a cono con la parte inferiore più larga di quella superiore in modo tale da consentirne l'autopulizia.

L'irrigazione del cumulo in maturazione viene effettuato in base al grado di temperatura e umidità del cumulo. Tali parametri, infatti, agiscono sulle elettrovalvole d'intercettazione della linea d'irrigazione. L'irrigazione è effettuata riciclando il percolato stesso raccolto nella parte inferiore delle biocelle e convogliato in una vasca di decantazione dalla quale è rilanciato con opportune pompe.

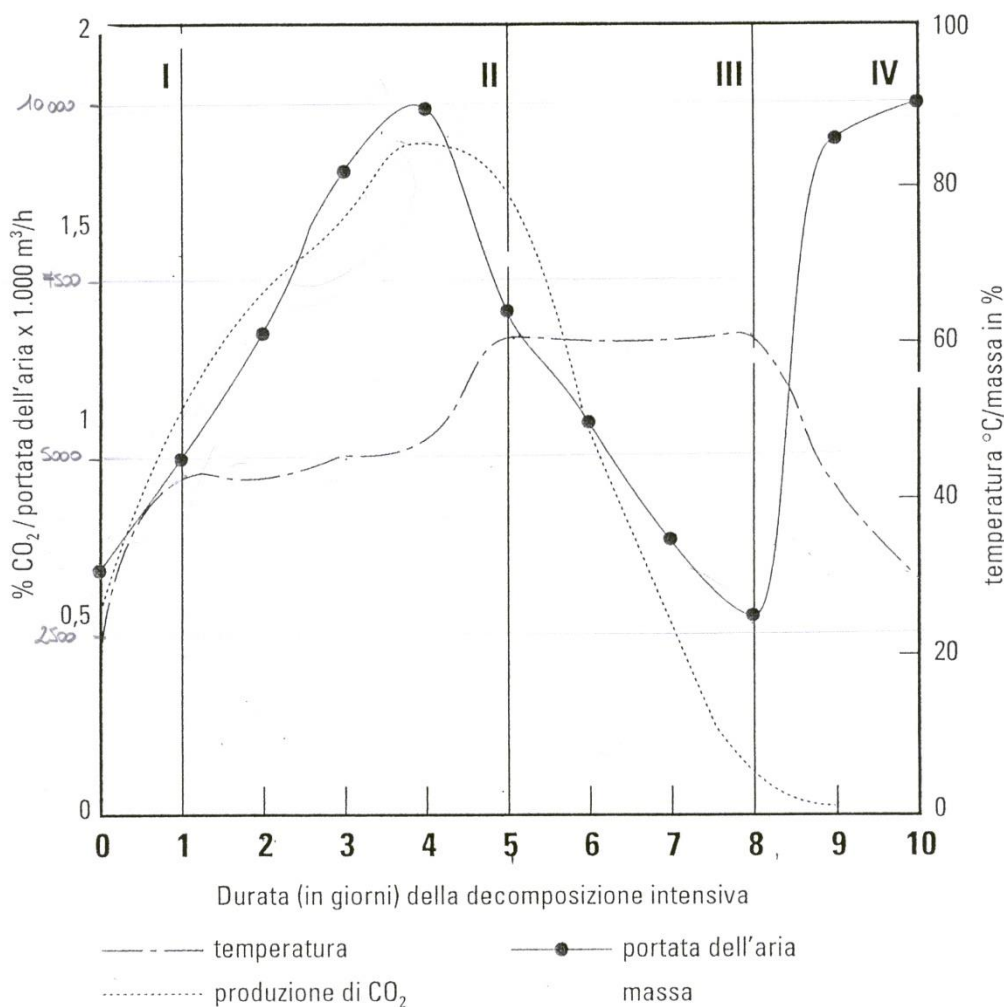


Figura 8 Evoluzione di CO₂ nel processo di compostaggio

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

7.6 Dimensionamento della fase di maturazione

Alla fine della fase di compostaggio attivo, il materiale in uscita presenta ancora un elevato grado di putrescibilità che dovrà essere ridotto nella sezione di maturazione dell'impianto, dove la biomassa subirà quelle trasformazioni aerobiche che consentiranno di avere un prodotto compatibile con lo sviluppo delle piante.

La maturazione è stata suddivisa in due fasi successive di cui la prima della durata complessiva di **37 giorni** naturali e consecutivi su platea aerata e la seconda per **35 giorni** in cumulo rivoltato in modo da avere, complessivamente, un tempo di trattamento totale pari a **90 giorni**.

7.6.1 Maturazione primaria

Durante il periodo di maturazione primaria è prevista una insufflazione continua e per questo sono stati opportunamente dimensionati sia la platea aerata, sia i sistemi di ventilazione.

Tabella 19. Dimensionamento maturazione primaria

Parametro	u.m.	Valore
durata ciclo	giorni	37
perdita di volume ACT	%	30,0%
umidità in uscita ACT	%	55,00%
perdite di processo ACT	t /anno	12.999,95
volume ciclo	m ³ /ciclo	4.138,43
peso ciclo	t /ciclo	1.909,59
volume giornaliero	m ³ /giorno	100,94
volume annuo maturazione	m ³ /anno	36.842,11
peso annuo maturazione	t /anno	17.000,05
peso per unità di volume	t /m ³	0,461
altezza cumulo	m	2,9
larghezza pista	m	11,20
angolo scarpata	°	60,0
volume massimo cumulo	m ³	821,6
lunghezza pista	m	29,74
superficie pista	m ²	333,088
n. piste	-	5,00
volume/cumulo	m ³	827,7
giorni di caricamento pista	giorno	4,00

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Per ciò che concerne il fabbisogno di aria, valgono considerazioni analoghe a quelle viste per le biocelle, il calcolo teorico restituisce un valore inferiore a quello adottato, cautelativamente, per il dimensionamento effettivo e posto, sulla base di tipiche assunzioni empiriche, pari a **26 Smc/t**.

Tabella 20. Calcolo del ventilatore per la maturazione

Fabbisogno d'aria per tonnellata di secco	f_{aria}	6.807,19	m ³ /t
frazione di secco	x_{secco}	0,450	t /anno
Fabbisogno d'aria per cumulo	F_{aria}	2.580.531,00	
Fabbisogno d'aria per ciclo	$F_{aria,ciclo}$	12.902.655,02	m ³
giorni in un ciclo	θ	41,00	
ore aerazione / giorno	d	24,00	
ore totali di aerazione	D	984	h
portata oraria totale	Q_{aria}	13.112,45	m ³ /h
portata oraria per tonnellata trattata teorica	q_{aria}	6,92	m ³ /h /t
Fattore di sicurezza	SF	3,8	
portata oraria per tonnellata trattata di progetto	q_{aria}	26	m³ /h /t
portata oraria	Q_{aria}	49.281,55	m ³ /h
frazione di solidi volatili	x_{sv}	0,83	
solidi volatili per ciclo	SV	7.650,02	t
portata per tonnellata di solidi volatili	$f_{aria,SV}$	6.338,94	m ³ /t _{sv}
numero di ventilatori	n_v	1	
portata effettiva per ventilatore	$Q_{aria,eff}$	50.000	m ³ /h
pressione ventilatore a 20°C	P_v	4.200,00	Pa
rendimento ventilatore	h_v	0,85	
potenza ventilatore	P_v	406	kW

7.7 Raffinazione del compost

Al termine del processo di **maturazione primaria**, il materiale in fase di stabilizzazione grezzo viene sottoposto ad una deferrizzazione e, successivamente, ad una vagliatura a doppio stadio.

La vagliatura ha la finalità di allontanare i materiali legnosi non degradati di pezzatura superiore a quella del vaglio e gli eventuali elementi indesiderati come plastica e vetro in modo da ottenere un prodotto pulito e di granulometria uniforme.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Non si è ritenuta utile l'installazione di una apparecchiatura finalizzata alla deplastificazione in quanto oramai i sistemi per la raccolta differenziata – soprattutto nell'area di pertinenza dell'impianto in parola – utilizzano quasi esclusivamente sacchetti tipo Mater-Bi o, in generale, compostabili.

Il vaglio in progetto è un vaglio a due stadi: nel primo stadio si realizza la separazione della frazione fine (con pezzatura ≤ 10 mm), che rappresenta a tutti gli effetti il compost finito e viene immediatamente spostato nell'area di stoccaggio all'uopo realizzata.

Nel secondo stadio si separa una frazione intermedia (pezzatura ≤ 60 mm) che viene ricircolata in testa al processo, per fungere da strutturante di ricircolo, dalla frazione di sovrvallo finale, che viene avviata a smaltimento o termovalorizzazione.

Il sistema di vagliatura è stato posto in posizione intermedia tra la maturazione secondaria (dalla quale il compost grezzo viene spostato, con pala meccanica, nella tramoggia di carico della linea di raffinazione) e l'area di stoccaggi del compost finito, in modo da accorciare il più possibile gli spostamenti della pala e semplificare le attività gestionali.

Tabella 21. Dimensionamento vagliatura e raffinazione

Parametro	u.m.	Valore
durata ciclo	giorni	35,00
perdita di volume MATURAZIONE I	%	20,00%
umidità in uscita MATURAZIONE I	%	50,00%
perdite di processo MATURAZIONE I	t /anno	5.192,89
Raffinazione		
Frazione di secco in uscita da MATURAZIONE I		0,500
umidità in uscita MATURAZIONE I	%	50,00%
peso per unità di volume	t /m ³	0,401
volume annuo RAFFINAZIONE	m ³ /anno	29.473,68
peso annuo RAFFINAZIONE	t /anno	10.626,44
sovrvallo da vagliatura primaria	t /anno	0,00
sovrvallo vagliatura secondaria	t /anno	1.062,64
sovrvallo da ricircolo (70%)	t /anno	743,85
sovrvallo da smaltire	t /anno	318,79

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

7.7.1 Maturazione secondaria

Per questa fase, diversamente da quanto previsto nello Studio di fattibilità tecnico-economica realizzato dalla Committente, si è previsto un unico cumulo, cosiddetto **cumulo tavolare**, il cui rivoltamento sarà affidato ad una idonea pala gommata attrezzata con una **benna disgregatrice** all'uopo brevettata.

Questa soluzione, oltre ad offrire una maggiore efficienza di ossigenazione e una maggiore semplicità gestionale, ha anche il vantaggio di ottimizzare gli spazi di lavoro. Per questa ragione, l'aia della maturazione secondaria potrà consentire un tempo di permanenza fino a 35 giorni necessari per garantire una durata complessiva di 90 giorni per il processo.

Nelle tabelle seguenti sono sintetizzati i calcoli per il dimensionamento di questa fase.

Tabella 22. Dimensionamento maturazione secondaria

Parametro	u.m.	Valore
perdite di processo MATURAZIONE II	t /anno	1.681,10
perdita di volume MATURAZIONE II	%	10,00%
volume annuo MATURAZIONE II	m ³ /anno	26.526,32
peso annuo MATURAZIONE II	t /anno	10.626,44
peso per unità di volume	t /m ³	0,40
volume giornaliero	m ³ /giorno	72,67
altezza cumulo	m	2,9
larghezza cumulo	m	40,10
angolo scarpata	°	55,0
volume massimo cumulo	m ³	3080,2
lunghezza cumulo	m	27,90
superficie cumulo	m ²	1118,79
n. cumuli tavolari	-	1,00
giorni di caricamento cumuli	giorno	7,00
Produzione compost		
Compost annuo	t /anno	8.945,34
Rendimento		29,82%
peso per unità di volume del compost	t /m ³	0,352
volume annuo di compost prodotto	m ³	25.417,52
volume giornaliero prodotto	m ³ /giorno	69,64

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Nella tabella che segue sono riportate le verifiche relative all'area di stoccaggio del compost finito, che sarà in grado di ospitare le quantità prodotte in **28 giorni** naturali e consecutivi.

Tabella 23. Verifica area di stoccaggio compost finito

peso specifico medio	g_{MIX-2}	0,38	$t\ m^{-3}$
giorni utili di stoccaggio	d	52,00	d
quantitativo da stoccare	M_{mix-2}	364,00	t
lunghezza area stoccaggio	L	13,8	m
larghezza area stoccaggio	B	39,7	m
superficie in pianta	S	547,9	m^2
altezza	h_{cum}	2,0	m
angolo scarpata	a	55,0	°
volume utile di un cumulo	V	1057,1	m^3
peso di un cumulo	q	398,00	t

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

8 BILANCIO DI MASSA DELL'IMPIANTO

Il bilancio di massa è necessario per conoscere la produzione annua di compost grezzo e raffinato dell'impianto progettato; tutti i calcoli sono sintetizzati nelle seguenti tabelle.

E' in ogni caso opportuno sottolineare che la reale produzione di compost grezzo sarà funzione della percentuale di sostanza secca presente nel rifiuto in arrivo.

Tabella 24. Bilancio di materia: riepilogo

Grandezza	U.M.	Valore
Massa iniziale	t/anno	30.000,00
Massa in ingresso ACT	t/anno	30.000,00
Massa in ingresso maturazione	t/anno	17.000,05
Massa in ingresso raffinazione	t/anno	11.807,16
Compost prodotto	t/anno	8.945,34
Sovvallo da ricircolo	t/anno	743,85
Sovvallo da smaltire	t/anno	318,79
Perdite di processo	t/anno	18.310,91

Tabella 25. Bilancio di materia

Fase di processo	dati		volume giornaliero		%residua	perdite di processo	
MISCELA COMPOSTABILE IN INGRESSO							
Massa	30.000	t /anno			100,0%		
Frazione vagliatura primaria	0						
ACT IN							
Massa	30.000,0	t /anno			100,0%		
Umidità	0,641						
Secco	0,359						
Peso secco	10.767,0	t _{ss} /anno					
Peso specifico	0,570	t /m³					
Volume	52.631,6	m³ / anno					
ACT OUT							
Massa	17.000,1	t /anno			56,7%	12.999,9	t /anno
Umidità	0,55						
Secco	0,45						
Peso secco	7.650,0	t _{ss} /anno					
Peso specifico	0,461	t /m³					

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 78 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Perdita di volume	30%						
Volume	36.842,1	m ³ / anno	100,94	m ³ /giorno			
MATURAZIONE I OUT							
Massa	11.807,2	t /anno			39,4%	5.192,9	t /anno
Umidità	0,50						
Secco	0,50						
Peso secco	5.903,6	t _{ss} /anno					
Peso specifico	0,401	t /m ³					
Perdita di volume	20%						
Volume	29.473,7	m ³ / anno	80,75	m ³ /giorno			
RAFFINAZIONE OUT							
Frazione raffinato/miscela	0,9						
Compost							
Massa	10.626,4	t /anno			35,4%	118,1	t /anno
Umidità	0,48						
Secco	0,52						
Peso secco	5.525,7	t _{ss} /anno					
Peso specifico	0,376	t /m ³					
Perdita di volume	4%						
Volume	28.241,7	m ³ / anno	77,37	m ³ /giorno			
Sovvallo							
Massa	1.062,6	t /anno					
Percentuale ricircolo	0,7						
Sovvallo di ricircolo	743,9	t /anno					
Smaltimenti	318,8	t /anno			1,1%		
MATURAZIONE II OUT							
Compost							
Massa	8.945,3	t /anno			29,8%	1.681,1	t /anno
Umidità	0,46						
Secco	0,54						
Peso secco	4.830,5	t _{ss} /anno					
Peso specifico	0,352	t /m ³					
Perdita di volume	10%						
Volume	25.417,5	m ³ / anno	69,64	m ³ /giorno			
TOTALE PERDITE DI PROCESSO						18.310,9	t /anno

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

9 ELENCO APPARECCHIATURE

Si riportano di seguito le caratteristiche principali delle apparecchiature selezionate in questa fase, si rimanda per ulteriori dettagli all'Elaborato **Disciplinare descrittivo: opere elettromeccaniche**.

Macchinario	Modello Tipo (o equivalente)	Peso	Motore
		kg	kW
Trituratore strutturante fresco	MARMIX mod. 15E	7.200	75
Miscelatore	MARMIX mod. 15E	7.200	75
Tramoggia di carico	SPALECK mod. SFLU 1.000 250x5.000	5.400	3
Deferizzatore	SFM-8 165/70	1.550	3
Vaglio vibrante	SPALECK mod. FLIP FLOW ELASTICA SEWS 1200x5200	5.585	11

9.1 TRITURATORE

Si prevede l'installazione di un TRITURATORE tipo ORSI MARMIX 15E tipo o equivalente.

VASCA DA 15 m³ – VERSIONE FISSA ELETTRICA

- Vasca con capacità 15 m³ con fondo rinforzato da 12 mm e fianchi da 6 mm in acciaio ST52.3
- Altezza scocca portante = 1.200 mm
- N°02 coclee controrotanti Ø600 mm con lame
- Scarico centrale su entrambe i lati con pistoni di sollevamento e larghezza 1.100 mm
- Portine di scarico con segnale luminoso
- Portina di scarico principale (da indicare in fase d'ordine) regolabile in altezza
- Centralina Brevini per l'apertura delle portine di scarico
- N°02 riduttori Brevini Serie SL4002
- N°02 centraline di raffreddamento per riduttori
- N°02 motori elettrici 75 kW, 4 poli, 380/660 V, 50 Hz, classe IE3, 1.500 giri/min con cuscinetti sigillati
- Giunto elastico di collegamento tra motori e riduttori
- Colore blu-bianco/grigio
- Quadro elettrico a bordo macchina e touch-screen

9.2 MISCELATORE

Si prevede l'installazione di un miscelatore tipo ORSI MARMIX 15E o equivalente

VASCA DI MISCELAZIONE DA 15 MC – VERSIONE FISSA ELETTRICA

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 80 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- Vasca di miscelazione con capacità 15 mc con fondo rinforzato da 12 mm e fianchi da 6 mm in acciaio ST52.3
- Altezza scocca portante = 1.200 mm
- N°02 coclee controrotanti Ø600 mm con lame
- Scarico centrale su entrambe i lati con pistoni di sollevamento e larghezza 1.100 mm
- Portine di scarico con segnale luminoso
- Portina di scarico principale (da indicare in fase d'ordine) regolabile in altezza
- Centralina Brevini per l'apertura delle portine di scarico
- N°02 motori elettrici 75 kW, 4 poli, 380/660 V, 50 Hz, classe IE3, 1.500 giri/min con cuscinetti sigillati
- N°02 riduttori Brevini Serie SL4002
- N°02 centraline di raffreddamento per riduttori
- Giunto elastico di collegamento tra motori e riduttori
- Colore blu-bianco/grigio
- Quadro elettrico a bordo macchina e touch-screen

9.3 TRAMOGGIA DI CARICO

Si prevede l'installazione di una tramoggia di carico tipo SPALECK MOD. SFLU 1.000 250l×5.000 o equivalente.

Descrizione

Modello	SFLU 1000-250*500
Trasmissione	doppia sbilanciata
Posizione trasmissione	interna, nella parte inferiore
Configurazione	struttura aperta, in acciaio, saldata e resistente alle vibrazioni
Struttura	acciaio dolce – 1.0122 (S235 JR G 2C)
Allestimento	nastro con rivestimento imbullonato; materiale 1.8704 (analogo all' Hardox)
Dimensioni generali	(LaxHxLu) 1.000x250x5.000 mm

Rivestimenti

Fondo	1.8704 t=6mm, fissato con bulloneria (analogo all' Hardox)
Fianchi	1.8704 t=6mm, fissato con bulloneria (analogo all' Hardox)

Allestimento

Inclinazione	4°
Isolamento	ammortizzatori in gomma ad alta elasticità; incluse piastre d'appoggio

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Trasmissione

Tipo	2 motori sbilanciati
Modello	SU 4-415 (17) 400/50
Velocità	1.500 rpm
Momento	415 Kgcm
Coppia	49 Kn
Potenza	3 kW (totale 6,0 kW)
Corrente nominale	5,89A (totale 11,78A)
Alimentazione	400 V / 50 Hz
Classe di protezione	IP66
Caratteristiche	• forza centrifuga regolabile durante i fermi • ingrassaggio permanente • adatta per funzionamento in continuo al 100% della forza centrifuga • classe di isolamento "F" • con termistori a coefficiente di temperature positive per ogni fase • isolamento per climi tropicali • temperatura ambientale -20 / +40°C
Peso totale	kg.1.650 ca

Inverter SFB 18,5 – (50) 400/50

Allestimento	integrato
Alimentazione	400 V / 50 Hz
Classe di protezione	IP20
Caratteristiche	• KIT DI INSTALLAZIONE per regolazione di massimo due motori sbilanciati • quadro di comando • display • componenti a potenziale libero • impostazione: potenziometro 0...10 V o 4...20 mA • incluso sistema di arresto e filtri

Quadro di comando per SFB

Include l'inverter per l'unità di alimentazione e due sistemi di arresto per i vagli

Totalmente cablato all'inverter

Comandi:

- interruttore principale on/off
- arresto d'emergenza
- nteruttore on/off

Quadro di comando in acciaio verniciato

Classe di protezione IP54

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 82 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Struttura di sostegno per SFLU

Costruzione in acciaio realizzata in profilato di idonea dimensione

Altezza struttura idonea a far sì che l'altezza di carico di SFLU sia quella richiesta.

Materiale: acciaio verniciato

Peso: ca. 1.250 kg

Tramoggia ST/E

Struttura realizzata in acciaio di idonee dimensioni

Tramoggia:

- materiale 1.8704 (simile all' Hardox 400), verniciato
- spessore lamiera metalliche (sponde tramoggia) = 10 mm
- volume nominale ca. 7,2 m³
- altezza di carico (filo superiore tramoggia) ca. 2.800 mm
- sommità tramoggia dotata di bordo flangiato su tre lati inclusa valvola oscillatrice sullo scarico della tramoggia

Telaio di sostegno tramoggia in acciaio verniciato

Incluse piastre d'appoggio per il montaggio in sito

Peso: kg.2.500 ca

9.4 SEPARATORE MAGNETICO

Si prevede l'installazione di un Separatore magnetico con magneti permanenti in ferrite - MODELLO SMF-B 165/70 o equivalente

Descrizione tecnica

posizionamento	da installare trasversalmente al di sopra di un nastro trasportatore avente larghezza utile: consigliata mm. 1.200 – massima mm. 1.600
piastra magnetica	realizzata con lamiera ad elevato spessore contenente magneti permanenti in Ferrite ad alto HC campo magnetico dei magneti garantito per 20 anni sistema di sicurezza interno, per la ritenuta meccanica dei magneti dimensioni: lunghezza mm. 1.650 larghezza mm. 700 spessore mm. 300

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 83 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

dimensioni di ingombro	lunghezza mm. 2.6700 larghezza mm. 1.040 – con motore c.ca mm. 1.250 altezza mm. 440 c.ca
struttura	in robusti profilati di acciaio
rulli	in acciaio diametro mm. 320 tornitura biconica per autocentratura del nastro alberi passanti calettati e sostituibili
supporti	su cuscinetti SKF autolubrificati
nastro trasportatore	in Gomma con listelli da mm. 40 x 25, passo mm. 400
motorizzazione	motoriduttore Bonfiglioli/Siti rapporto 1/15 motore ATB-Sever da 3,0 KW velocità del nastro ca. 95 m/min
potenza	complessiva installata KW 3,0
carrozzeria e ripari	a norme CE in acciaio Inox AISI 304 progettati per una semplice sostituzione del nastro
verniciatura	poliuretanica con colore R.A.L. a scelta
peso	complessivo macchina c.ca Kg. 1.550
altre informazioni sulla macchina	sollevamento tramite nr. 4 golfari superiori

9.5 VAGLIO VIBRANTE

Si prevede l'installazione di un Vaglio Vibrante tipo SPALECK MOD. FLIP FLOW ELASTICA TIPO SEWS 1200X5200

1) N°01 piano di vaglio DOPPIO SEWS 1.200-*5.200

Vaglio SPALECK FLIP-FLOW ELASTICA, Tipo SEWS 1.600x5.200[6.500]

Descrizione della macchina

Tipo	piano di vaglio doppio
Modello	SEWS 1200 -*5200
Funzionamento	trasmissione a mezzo albero motore
Posizione trasmissione	su vaglio Flip Flow Elastica
Configurazione	struttura Aperta, in acciaio, saldata e resistente alle
vibrazioni	
Struttura	acciaio dolce--1.0122 (S235 JR G 2C)
Allestimento	telaio strutturato in due moduli

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 84 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

	• inclinazione regolabile meccanicamente • parti inferiori della struttura rinforzate con protezioni in gomma (ca. 250 mm) per fissare la macchina allo scivolo (fornito dal Cliente) • trasmissione collocata lateralmente a destra/sinistra rispetto alla direzione di trasporto del materiale • compreso limitatore di velocità per la regolazione meccanica della stessa • molle con viti a pressione coperte da tubo flessibile.
Dimensioni	• larghezza 1.200 mm • lunghezza 5.200 mm

Pannello di vaglio

Configurazione	elementi di vaglio in poliuretano ad alta resistenza all'usura
Fissaggio	cunei in gomma, senza bulloneria

Copertura

Tipo	telone impermeabile a fissaggio rapido
------	--

Scarico

Materiale fine e medio	sotto l'area di vaglio
Sopravaglio	a fine macchina

Allestimento

Isolamento	molle con vite a pressione, incluse piastre
Telaio di supporto	fornito dal Cliente

Funzionamento

Trasmissione	monoalbero
Modello	SW 8-3800 (46)
Velocità	750 giri/min
Momento	3.600 kgcm
Caratteristiche	• cuscinetto oscillante a sfere ingrassato • chip eccentrici esterni provocano un moto circolare che può essere verificato durante i periodi di inattività • trasmissione a mezzo motori elettrici, tipo B3, n=750 gir/min oppure tramite albero cardanico e protezione
Peso complessivo:	ca. 4.900 kg

2) N°01 Motore trifase AC SS 4-11 (111) 400/50

Velocità	1.500 giri/min
----------	----------------

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 85 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Potenza	11,0 kW
Corrente nominale	20,5 A
Alimentazione	400 V / 50 Hz
Classe di protezione	IP 55
Caratteristiche	• tipo B3 • avviamento: triangolo • rpm asincroni: 1.475 giri/min • con termistori a coefficiente di temperature positive per ogni fase • morsettiera superiore • classe di efficienza "IE3"
Peso:	ca. 83 kg

3) N°01 Dispositivo di arresto SBB 40-100- APC (53)

Allestimento	integrato
Alimentazione	400 V / 50 Hz
Classe di protezione	IP 20
Caratteristiche	SET DI INSTALLAZIONE • dispositivo di arresto elettronico ad alta affidabilità, non soggetto ad usura che non richiede manutenzione, per l'arresto dolce dei motori elettrici • riduce la dinamica in fase di spegnimento, proteggendo così l'intera installazione • dispositivo APC completo di display per la corrente di arresto, monitoraggio della temperatura del motore, segnale per i fermi e monitoraggio della corrente di arresto • voltaggio/frequenza: 380-415 V $\pm 10\%$, 50/60 Hz • potenza di arresto 100 A
Dimensioni:	• larghezza: 110 mm • lunghezza: 140 mm • altezza: 242 mm
Peso:	ca. 2 kg

4) N°01 Telaio di scorrimento

Allestimento	telaio in acciaio con profilati di idonea dimensione
Applicazione	per lo spostamento/scorrimento del vaglio
Configurazione	in acciaio verniciato
Peso	ca. 600 kg

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

10 PRESIDI AMBIENTALI

Le opere di presidio ambientale rappresentano tutto quanto è necessario all'impianto per la corretta protezione delle matrici ambientali: acqua, aria e suolo e, per un impianto di trattamento, riguardano fondamentalmente la protezione contro i cattivi odori.

I cattivi odori, generalmente, non rappresentano un fattore di rischio per la salute degli operatori a servizio dell'impianto e delle persone localizzate nella vicinanza dell'impianto, ma possono generare un rischio di "insofferenza" nei confronti dello stesso, infatti se si confronta la concentrazione alla quale praticamente vi è la certezza che tutti avvertano il cattivo odore (100% ORC, Odor Recognition Concentration) e i livelli ammissibili di esposizione negli ambienti di lavoro (TLV, Threshold Limit Value) si vede che sono di ordini di grandezza inferiori, come rilevabile dalla lettura dei valori riportati nella seguente tabella.

Tabella 26. Confronto ORC / TLV per i principali composti odorigeni da impianti di compostaggio

SOSTANZA	100% ORC	TLV m³/h
Idrogeno solforato	1,4	14.000,0
Metilmercaptano	70,0	1.000,0
Dimetildisolfuro	16,0	-
Trimetilammina	9,8	24.000,0
Acido butirrico	73,0	-
Acido esanoico	29,0	-
Acetaldeide	549,0	180.000,0

In ogni caso è necessario mitigare quelle fasi che risultano maggiormente critiche e, cioè, la fase di stoccaggio e miscelazione della FORSU e le fasi di maturazione del compost. Il sistema di abbattimento sarà misto, formato da quattro scrubber ed un biofiltro opportunamente dimensionati.

Lo scrubber a corpi di riempimento, del tipo a letto fluido, installato a monte del biofiltro, avrà la duplice funzione di umidificare l'aria in ingresso al biofiltro e di eliminare eventuali materiali tipo polveri o grassi che potrebbero otturare la porosità del materiale biofiltrante.

Il principio di funzionamento di uno scrubber consiste nel convogliare l'aria inquinata all'interno di una camera nella quale viene realizzato, attraverso opportune tecnologie, un intimo contatto tra l'aria stessa ed una certa quantità di acqua, in modo tale da ottenere un trasferimento degli inquinanti dall'aria all'acqua.

Il tipo di scrubber scelto è stato quello a torre con corpi di riempimento. Trattasi di un manufatto sviluppato in verticale che contiene una certa quantità di corpi di riempimento che varia per la portata d'aria e sempre nel più ristretto rispetto di un tempo di contatto e di una velocità di passaggio dell'aria da

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 87 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

calcolarsi secondo le specifiche esigenze. Il volume e la particolare forma dei corpi di riempimento devono essere determinati in modo tale che essi impongano agli inquinanti da abbattere bruschi cambiamenti di direzione, così da intercettare meglio le particelle e nello stesso tempo offrire la massima superficie di contatto; sarà, al contempo, lasciato il massimo spazio possibile all'attraversamento dell'aria, risultando ridotte al minimo le predite di carico.

Per il dimensionamento dell'impianto, nota la portata d'aria da trattare si fissa il tempo di contatto e la velocità di attraversamento in funzione dell'inquinante da abbattere e si calcola lo spessore e il volume dei corpi e conseguentemente il diametro dello scrubber.

La biofiltrazione è una tecnologia mediante la quale le emissioni gassose da trattare vengono fatte passare uniformemente attraverso un mezzo poroso biologicamente attivo, ovvero in un apposito letto riempito con materiali che vengono colonizzati da microrganismi aerobi in grado di degradare i composti da trattare presenti nelle emissioni; in pratica questi microrganismi non fanno altro che completare la degradazione della sostanza organica di partenza, di cui i composti odorosi sono composti intermedi di degradazione.

I biofiltri, come tutti i processi biologici di filtrazione, prevedono l'impiego di un largo spettro di microrganismi ubiquitari (batteri, funghi, lieviti), in grado di metabolizzare la maggior parte dei composti naturali -organici e inorganici - attraverso una serie notevole di reazioni biologiche (ossidazioni, riduzione, idrolisi).

Il principio di funzionamento di un biofiltro è legato alla possibilità di creare, per i microrganismi in esso residenti, un ambiente adatto alla loro sopravvivenza in termini di disponibilità di ossigeno, temperatura, acidità, disponibilità di micronutrienti e di substrato organico quale fonte di carbonio ed energia.

Nel biofiltro le sostanze da depurare vengono assorbite sul materiale soffice e poroso che costituisce il letto filtrante (torba, cippato di legno, compost vegetale, miscele), si sciolgono nel film acquoso che bagna e/o umidifica il materiale, diffondono rendendosi così disponibili ai microrganismi presenti nella matrice di cui è costituito il letto filtrante.

In esso si individuano i seguenti componenti:

- una struttura di contenimento;
- un sistema di diffusione dell'aria;
- un letto filtrante,
- un sistema per il mantenimento dell'umidità nel letto.

Per la realizzazione delle strutture di contenimento sono utilizzati diversi materiali e soluzioni che vanno dal legno al calcestruzzo in opera ai più moderni sistemi modulari prefabbricati in metallo o calcestruzzo. La necessaria impermeabilizzazione è garantita dal materiale stesso e dall'esecuzione della struttura, o può ottenersi tramite l'accoppiamento di quest'ultima con vasche preformate realizzate in teli plastici.

La diffusione dell'aria può avvenire mediante una rete di tubi forati posta al di sotto del letto filtrante, solitamente annegata in un letto di materiale inerte al fine di migliorare la diffusione ed il drenaggio. Di recente, e sempre più diffusamente, a tali sistemi di diffusione vengono preferiti sistemi che prevedono il posizionamento del letto filtrante su un grigliato al di sotto del quale viene creato uno spazio che viene

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 88 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

utilizzato per l'immissione dell'aria da trattare e la raccolta dei percolati. Il grigliato assicura una diffusione più omogenea e perdite di carico sensibilmente inferiori.

I letti filtranti possono essere grossolanamente suddivisi in funzione del tipo di materiale utilizzato per favorire la crescita e l'attività metabolica dei batteri. Si possono così distinguere biofiltri con letti filtranti di origine naturale a base di torba, compost o altri materiali di origine vegetale, singolarmente o miscelati fra loro, e biofiltri con letto filtrante in materiale inerte, questi ultimi poco utilizzati. Le proprietà richieste ad una ottimale miscela filtrante riguardano la porosità, che deve mantenersi a valori elevati (80-90 %), la capacità di ritenzione idrica (40-70% di umidità) e la capacità di mantenere il più a lungo nel tempo le caratteristiche originarie.

10.1 Progetto e verifica dei sistemi di trattamento aria

10.1.1 Produzione ed impatto degli odori

Il processo di stabilizzazione della sostanza organica è accompagnato dalla produzione di sostanze odorigene (acidi grassi volatili, ammine, ammoniaca, composti gassosi organici, ecc.) in quantità comunque potenzialmente moleste dal punto di vista olfattivo. Le fasi potenzialmente più odorigene sono ovviamente quelle iniziali del processo di bioconversione, durante le quali il materiale presenta ancora una putrescibilità elevata. Allo scopo di ridurre le emissioni odorigene nell'ambiente esterno, tutte le aree deputate alle fasi di ricevimento, messa in riserva, compostaggio attivo e maturazione sono confinate e mantenute in depressione all'interno del capannone principale.

L'impianto di aspirazione e depurazione delle arie interne, garantirà un ricambio continuo di aria pari a 4 volumi/ora per la zona di ricezione e trattamento dei rifiuti in ingresso e di 3 volumi/ora per la zona di maturazione.

Come si è detto, l'abbattimento degli inquinanti presenti nell'aria aspirata dal capannone principale in depressione avverrà mediante un impianto di trattamento composto da due componenti principali funzionanti in serie:

- Sistema di aspirazione con canalizzazioni in metallo e ventilatori;
- Sistema di trattamento dell'aria composto da due moduli: Scrubber - Biofiltro.

Il sistema di aspirazione ha lo scopo di creare un flusso forzato di aria, convogliando la stessa al sistema scrubber-biofiltro e generando una depressione all'interno dei locali. L'aria esausta proveniente dalle diverse sezioni dell'impianto viene aspirata ed inviata al sistema trattamento e depurazione.

Per la progettazione del sistema di trattamento dell'aria interna all'impianto di compostaggio, si è fatto riferimento alle BAT per la categoria IPPC 5, che prevede la combinazione di scrubber-biofiltro.

In particolare si è previsto un modulo scrubber-biofiltro per il trattamento dell'aria della zona ricezione e trattamento rifiuti, per il corridoio di servizio e per la zona di deposito del compost finale ed un modulo scrubber-biofiltro per il trattamento dell'aria del blocco biocelle, aia di maturazione primaria e secondaria.

Il sistema è quindi composto da:

File 1097-D-0-RT-02_rev_2.docx	Doc. RT-02:Relazione Tecnica Impianto	Pagina 89 di 94
-----------------------------------	--	-----------------

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

- N°4 torri di lavaggio;
- N° 2 bioltri.

Ciascun biofiltro è suddiviso in due parti autonome ed indipendenti, al fine di garantire l'operatività in fase di manutenzione periodica.

Nella seguente tabella sono dunque riportati i dati utilizzati per il dimensionamento del sistema scrubber-biofiltro.

Tabella 27. Dati per il dimensionamento

Descrizione	Valore	U.M.
Zona di stoccaggio, pretrattamento, miscelazione rifiuti in ingresso		
Superficie in pianta	2.675	m ²
Altezza utile interna (m)	9.20	m
Volume interno (V1)	24.610	m ³
Zona biotunnels		
Superficie in pianta	1.123	m ²
Altezza utile interna	3.55	m
Volume interno (V2)	3,987	m ³
n. ricambi ora (n) per volume V1 e V2	4	
Portata oraria	114.388	m ³ /h
Zona di maturazione primaria e secondaria e di raffinazione		
Superficie in pianta	5.703	m ²
Altezza utile interna(m)	9,20	m
Volume interno (V3)	52.467,60	m ³
n. ricambi ora (n)	3	
Portata oraria	157.403	m ³ /h
Portata totale da trattare	271.791	m³/h

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle			PROGETTO DEFINITIVO
Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

10.1.2 Dimensionamento delle torri di lavaggio

Per il dimensionamento degli scrubber che dovranno servire l'impianto di che trattasi, si è fatto riferimento ai parametri indicati nelle tabelle seguenti ed al seguente processo di trattamento.

Processo di trattamento

Per il trattamento delle immissioni si è inteso instaurare il seguente processo di abbattimento:

1. Eliminazione polveri e/o particolato attraverso sistema di abbattimento Jet venturi;
2. Assorbimento in soluzione acquosa additivata con acido solforico;
3. Separazione della condensa attraverso un demister in PVC alveolare;
4. Assorbimento in soluzione acquosa additivata con idrossido di sodio ed ipoclorito di sodio;
5. Separazione della condensa attraverso un demister in PVC alveolare;

L'assorbimento dei COV e CIV solubili in fase acquosa, viene contemplato nelle MTD elencate nel DGR della Regione Campania nr. 243 del 05.08.2015.

Il processo consiste nel trasferimento di massa delle sostanze inquinanti e delle polveri tra la fase aeriforme (flusso da depurare) e quella allo stato condensato (soluzione di lavaggio).

Per l'implementazione di tale processo, l'aria viene fatta convogliare attraverso un elettroventilatore di supporto attraverso un doppio reattore in serie di forma cilindrica, a sviluppo verticale, all'interno dei quali vengono alloggiati dei letti di assorbimento con corpi di riempimento alla rinfusa (PP a sfere cave) che opportunamente irrorati da una quantità d'acqua proporzionale alla sezione di passaggio dell'effluente ed alla superficie di scambio disponibile, incentivano lo scambio degli inquinanti tra la fase ascendente diretta a camino e quella discendente destinata al riciclo fino ad esaurimento. Oltre tale termine, l'esaurito prodotto, verrà codificato come rifiuto e ritirato per lo smaltimento di legge. Per prolungare la "vita media" del fluido abbattente ed inertizzare le sostanze in esso assorbite, si intende far uso dei seguenti chemicals di supporto:

- Per il primo stadio di trattamento (reattore 1.1): acido solforico, con pH della soluzione di lavaggio compreso tra 4 e 7 u.ph. Tale presenza, permetterà di ottenere la neutralizzazione salina (inertizzazione) delle sostanze di natura alcalina;
- Per il secondo stadio di trattamento (reattore 1.2): idrossido di sodio, con pH della soluzione di lavaggio compreso tra 7 e 11 u.ph. Tale presenza, permetterà di ottenere la neutralizzazione salina (inertizzazione) delle sostanze di natura acida;
- Per il secondo stadio di trattamento (reattore 1.2): ipoclorito di sodio, con ORP della soluzione di lavaggio compreso tra 100 e 500 mV. Tale presenza, permetterà di ottenere l'ossidazione chimica delle sostanze di varia natura e l'inibizione della formazione di alghe e muffe all'interno dei reattori.

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Sulla base di questi parametri di progetto e delle assunzioni innanzi richiamate, si ottiene il seguente dimensionamento delle torri di lavaggio

Tabella 28. Scrubber: Condizioni ambientali di esercizio

Parametro	u.m.	Valori
Temperatura ambiente	°C	+5 ÷ +40
Altitudine	m.s.l.m.	< 1.000 m s.l.m.
Umidità relativa	%	< 50%
Qualità ambiente	Assenza di polvere in sospensione, assenza di cariche elettrostatiche, assenza di fonti di calore, assenza di aria salmastra, assenza di sollecitazioni meccaniche e vibrazioni.	
Classificazione area	Ex	Non classificata
Numero di torri	-	3
Portata unitaria	Nm ³ /h	80.000 (*)

Tabella 29. Scrubber: Dati di processo

Parametro	u.m.	Valori
Temperatura ambiente	°C	<= 40
n. letti flottanti	-	Almeno 1 (2 per reazione acido-base)
Velocità di attraversamento nei letti flottanti	m/s	3-5
Altezza di ogni letto flottante in condizioni statiche	m	> 0,4
Portata minima del liquido ricircolato	m ³ x 1000 m ³ di effluente gassoso (2m ³)	1,2
Perdite di carico totale:	kPa	<= 3
Tipo di nebulizzazione	Spruzzatori/nebulizzatori da 10 micron con raggio di copertura sovrapposto del 30%	
Tipo di fluido a battente	Acqua o soluzione specifica	

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 30. Specifica delle 4 colonne parallele, ad asse verticale per abbattimento NH₃ e H₂S

Elemento	Note
Tipo di torre	Colonna ad asse verticale flottante realizzata in PP da 80.000 Nm ³ /h per abbattimento di NH ₃ e H ₂ S
Diametro torre	Ø 2.500 mm,
H totale	approx 12000 mm
Vasca di base in PP	Presente
Torre a doppio stadio	Separazione dei 2 stadi attraverso camino interno
Venturi	Nr.2 Venturi in parallelo in PP: Ø testata/base 1250 mm, H totale approx 5000 mm Ø imbocco gas 1000 mm
Separatore di gocce	N° 2 separatori (1 per ciascuno stadio)
Corpi di riempimento	in PP a sfere cave (N°2 camere di flottazione)
Gruppo reintegro automatico	Presente
Flange di Rinforzo	in PP
Rampe di lavaggio	in PVC con ugelli nebulizzatori in PP
Oblò per ispezione visiva	Presente
Tronchetti di carico/scarico	Presente
Troppopieno e scarico di fondo	Presente
Bulloneria	Presente
Tubazione di lavaggio	in PVC con valvole di spurgo e reintegro
Grigliato per supporto corpi	in PP
Griglia di supporto per demister	in PP
Sistema di dosaggio reagenti con pompa dosatrice, serbatoio di stoccaggio e sistema di controllo del PH	Presente
Pompe centrifughe	N.6 orizzontali in PP da c.ca 40 m ³ /h (4 per il primo stadio e 2 per il secondo stadio)

Regione Campania - Struttura di missione per lo smaltimento dei rifiuti stoccati in balle Impianto di compostaggio della frazione organica da raccolta differenziata da realizzare presso Marigliano (NA)			PROGETTO DEFINITIVO
Icaria S.r.l.	Quantica ingegneria S.r.l.	Lotti Ingegneria S.p.a.	

Tabella 31. Specifiche pompe verticali di lavaggio

Grandezza	u.m.	Valore
Temperatura di lavoro	°C	-10 +45
Materiali		PP, PTFE, PVDF, PE, FPM
Potenza	KW 50 Hz, 2 poli	5,5
Portata	m ³ /h	40 m ³ /h
Tipo pompa		Centrifuga verticale
Prevalenza	m	16

10.1.3 Dimensionamento del biofiltro

Come si è detto, il progetto prevede n.2 il biofiltri per il cui dimensionamento si faccia riferimento alla seguente tabella, che dimostra come il dimensionamento risulti in linea con le BAT di settore.

Tabella 32. Dimensionamento del biofiltro

Grandezza	u.m.	Valore
Portata complessiva	m ³ h ⁻¹	271.291
Verifica del biofiltro		
Portata specifica	m ³ m ⁻³ h ⁻¹	80,00
Tempo di contatto	s	45,00
Volume biofiltro necessario	m ³	3.397
Superficie del biofiltro	m ²	2.123
Altezza biofiltro	m	1,60