

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI FERMO
COMUNE DI FERMO





IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI
RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO

CIG: 9880245C18 – CUP: F62F18000070004

PROGETTO ESECUTIVO

NOME ELABORATO		CLASSE	4.1
RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO		INGEGNERIA DI PROCESSO RELAZIONI	
		N. TAVOLA	4.1.1.
		FORMATO	A4
		SCALA	/
CODIFICA ELABORATO	23008-OW-C-41-RC-001-D0-1		

01	03/01/2025	RISCONTRO RAPP. VER. INT. REV.2-BIS	L. ARDIZZONE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
00	26/09/2024	PRIMA EMISSIONE	L. ARDIZZONE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Committente	Progettista indicato	Mandataria
 CITTA' DI FERMO Settore IV e V Lavori Pubblici, Protezione Civile, Ambiente, Urbanistica, Patrimonio, Contratti e Appalti Via Mazzini 4 63900 – Fermo (FM) DOTT. Mauro Fortuna RUP	 Via Resuttana 360 90142 -PALERMO OWAC Engineering Company S.R.L ING. Rocco Martello Direttore Tecnico UNI EN ISO 9001:2015 N. 30233/14/S UNI EN ISO 45001:2018 N. OHS-4849 UNI EN ISO 14001:2015 N. EMS-9477/S UNI/PDR 74 :2019 N. SGBIM-01/23 UNI/PdR 74:2019 N. 21042BIM	 Via del Cardoncello 22 70022 – Altamura (BA) EDILALTA S.R.L. DOTT. Angelantonio Disabato Socio Mandante  Via Bassa di Casalmoro 3 46041 – Asola (MN) ANAERGIA S.R.L. DOTT. Andrea Parisi Institore



01	L. ARDIZZONE	03/01/2025	C. BUTTICE'	03/01/2025	R. MARTELLO	03/01/2025
00	L. ARDIZZONE	26/09/2024	C. BUTTICE'	26/09/2024	R. MARTELLO	26/09/2024
REV	ESEGUITO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA



Sommario

1.	PREMESSA	5
2.	DESCRIZIONE DELL’IMPIANTO E DEI PROCESSI DI TRATTAMENTO	5
2.1.	TIPOLOGIA DEI RIFIUTI IN INGRESSO	8
2.2.	SEZIONE DI PRETRATTAMENTO DELLA FORSU IN INGRESSO	9
2.3.	SEZIONE DI DIGESTIONE ANAEROBICA	12
2.4.	SEZIONE DI POST-TRATTAMENTO DEL DIGESTATO	14
2.5.	SEZIONE DI DEPURAZIONE DEL DIGESTATO LIQUIDO	17
3.	PRESIDI AMBIENTALI E GESTIONE DELL’IMPIANTO	20
3.1.	EMISSIONI IN ATMOSFERA	20
3.1.1.	<i>Emissioni convogliate.....</i>	<i>20</i>
3.1.2.	<i>Sistemi di abbattimento delle emissioni convogliate.....</i>	<i>21</i>
3.1.3.	<i>Emissioni diffuse.....</i>	<i>23</i>
3.2.	CONSUMO DI MATERIE ED ENERGIA	25
3.2.1.	<i>Consumo di materie</i>	<i>25</i>
3.2.2.	<i>Consumi idrici.....</i>	<i>26</i>
3.2.3.	<i>Consumo di energia</i>	<i>27</i>
3.2.3.1.	<i>Energia consumata.....</i>	<i>27</i>
3.2.3.2.	<i>Energia elettrica prodotta.....</i>	<i>28</i>
3.2.3.3.	<i>Energia termica prodotta.....</i>	<i>28</i>
3.3.	GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE	29
3.3.1.	<i>Regimazione delle acque meteoriche</i>	<i>29</i>
3.3.2.	<i>Gestione delle acque meteoriche di prima pioggia.....</i>	<i>29</i>
3.3.2.1.	<i>Dimensionamento della vasca di prima pioggia.....</i>	<i>29</i>
3.3.2.2.	<i>Descrizione del sistema di trattamento di prima pioggia</i>	<i>31</i>
3.3.2.3.	<i>Limiti autorizzati per lo scarico delle acque di prima pioggia trattate</i>	<i>34</i>
3.4.	GESTIONE DEI REFLUI E DEI PERCOLATI PRODOTTI	34
3.4.1.	<i>Reflui e percolati di processo</i>	<i>34</i>
3.4.2.	<i>Reflui civili</i>	<i>36</i>
3.4.2.1.	<i>Descrizione del sistema di depurazione dei reflui civili.....</i>	<i>37</i>
3.4.2.1.1.	<i>Pozzetto degrassatore</i>	<i>37</i>
3.4.2.1.2.	<i>Fossa settica di tipo Imhoff.....</i>	<i>38</i>
3.4.2.1.3.	<i>Filtro percolatore anaerobico</i>	<i>40</i>
3.4.2.2.	<i>Limiti autorizzati per lo scarico dei reflui civili depurati.....</i>	<i>41</i>
3.5.	RIFIUTI E PRODOTTI IN USCITA DALL’IMPIANTO	42
3.5.1.	<i>Rifiuti in ingresso.....</i>	<i>42</i>
3.5.2.	<i>Rifiuti ed end-of-waste in uscita</i>	<i>42</i>



3.5.3.	<i>End of waste prodotti in impianto</i>	43
ALLEGATO n° 1.	Tabulato di dettaglio consumi elettrici dell'impianto	47
ALLEGATO n° 2.	Tabulato di dettaglio consumi termici dell'impianto	49



1. PREMESSA

L'impianto oggetto della presente relazione tecnica è localizzato all'interno del Centro Integrato per la Gestione dei Rifiuti Urbani (CIGRU), in C.da San Biagio nel Comune di Fermo; attraverso il processo di digestione anaerobica, la FORSU che verrà conferita in impianto sarà trattata per la produzione di biometano da immettere nel settore dei trasporti attraverso il caricamento su carri bombolai. Dal processo, si produrrà inoltre digestato solido che sarà destinato al processo di compostaggio sempre all'interno del CIGRU ed acqua depurata che potrà essere riutilizzata per tutti gli usi industriali dell'impianto stesso.

Vengono descritti e dettagliati nel seguito tutti gli elementi e le sezioni che compongono l'impianto autorizzato, con una potenzialità di 35.000 t/anno di FORSU, i processi operati ed i rifiuti e prodotti che si otterranno in uscita.

2. DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO E DEI PROCESSI DI TRATTAMENTO

L'impianto è stato progettato con l'obiettivo di fronteggiare la necessità di trattamento della FORSU, con la possibilità di produrre bio-metano dalla raffinazione del biogas della digestione anaerobica, con caratteristiche qualitative del tutto analoghe al gas naturale, da potere immettere nella rete dei trasporti tramite distribuzione con carri bombolai.

L'impianto, come detto, è stato dimensionato per una capacità di trattamento di 35.000 t/anno di FORSU in ingresso ed è costituito da:

- Una zona di ricezione e pretrattamento dei rifiuti in ingresso;
- Una sezione di digestione anaerobica, dove le biomasse subiscono una conversione di tipo biochimico con produzione di biogas;
- Una sezione di post-trattamento del digestato, con depurazione del separato liquido ed avvio del solido all'impianto di compostaggio del CIGRU, per la produzione di ammendante compostato misto.

Gli automezzi in ingresso all'impianto sono sottoposti a pesatura per la verifica amministrativa dei quantitativi dei rifiuti conferiti. Terminata la pesatura, gli automezzi effettuano lo scarico dei rifiuti all'interno dell'apposita zona di stoccaggio (in fossa), all'interno della prima parte del capannone dei pretrattamenti meccanici. Tutte le



operazioni di trattamento suscettibili di produzione di odori molesti e sostanze inquinanti, infatti, avvengono all'interno di locali confinati, la cui aria interna viene aspirata dall'apposito sistema al fine di garantire idonei ricambi orari e mantenere le adeguate condizioni di salubrità per le attività svolte. A maggior tutela dei lavoratori, inoltre, le aree di manovra e scarico degli automezzi conferitori sono progettate in modo da evitare la diffusione dell'aria interna alla zona dei pretrattamenti: il camion che arriva in impianto, infatti, entra attraverso un primo portone fino alla zona di scarico, dove un secondo portone si aprirà solo dopo che il primo si sarà chiuso; il camion potrà quindi procedere allo scarico dei rifiuti nella fossa di stoccaggio. In tal modo si evita qualsiasi diffusione dell'aria interna al di fuori della struttura di ricezione. terminate le operazioni di scarico rifiuti, il portone si chiuderà ed il mezzo potrà procedere verso l'uscita. Inoltre, per assicurare la rimozione di tutti i residui dal cassone, viene installata una lancia idropulitrice da poter eventualmente utilizzare presso la fossa.

I rifiuti vengono dunque prelevati dall'area di messa in riserva attraverso un carro ponte automatizzato dotato di benna bivalve ed avviati alla linea di pretrattamento meccanico. Un apri-sacco, primo macchinario della linea, consentirà la lacerazione dei sacchetti di conferimento della FORSU, nonché una prima omogeneizzazione del rifiuto da avviare ai successivi trattamenti. Lo scarico del lacerasacchi avviene su un nastro trasportatore, sul quale è installato anche un deferrizzatore per la rimozione di eventuali materiali metallici, che alimenta una tramoggia di carico alla sezione di bio-spremitura, che rappresenta lo step principale del pretrattamento del rifiuto organico. Tale sezione infatti consentirà: da un lato la separazione dei materiali di scarto indesiderati (principalmente plastiche) e dall'altro fluidificare la FORSU in ingresso in modo da ottenere il corretto contenuto di sostanza secca per il successivo processo di digestione anaerobica. Il rifiuto organico fluidificato viene quindi sottoposto ad un processo di rimozione degli inerti (prevalentemente sabbie) all'interno di un dissabbiatore longitudinale, mentre i sovralli plastici ripuliti dalla materia organica trascinati saranno avviati a smaltimento / recupero.

La sezione di digestione anaerobica, cuore del processo di produzione di biogas e, successivamente, biometano, è costituita da una preliminare fase di idrolisi (in due serbatoi distinti al fine di massimizzare la manutenibilità dell'impianto) e da una successiva fase metanigena all'interno di un digestore primario e di un digestore secondario. Il processo avviene in condizioni mesofile (circa 40 °C) per un tempo di ritenzione idraulica totale (HRT) pari a 45 giorni.



Il digestato in uscita dalla sezione anaerobica viene dunque avviato verso i post-trattamenti, per consentirne la separazione in due linee differenti: una a maggior contenuto di sostanza secca (in media circa il 25%), avviata all'impianto di compostaggio operativo all'interno del CUGRI ed un'altra linea, a minor contenuto di sostanza secca (non superiore al 2%), che sarà depurata all'interno di una sezione dedicata (composta da MBR, UF, Osmosi inversa ed evaporatore) in modo da ottenere acqua depurata da poter riutilizzare in tutto l'impianto per usi industriali e di processo.

Infine, il biogas prodotto, stoccato in via temporanea all'interno delle cupole gasometriche disposte superiormente ai digestori anaerobici, viene destinato all'unità di upgrading per una prima fase di pretrattamento ed essiccazione (rimozione di COV, ammoniacale, H₂S, ecc.) e la successiva produzione di biometano che sarà infine compresso e destinato alla rete dei trasporti tramite distribuzione con carri bombolai.

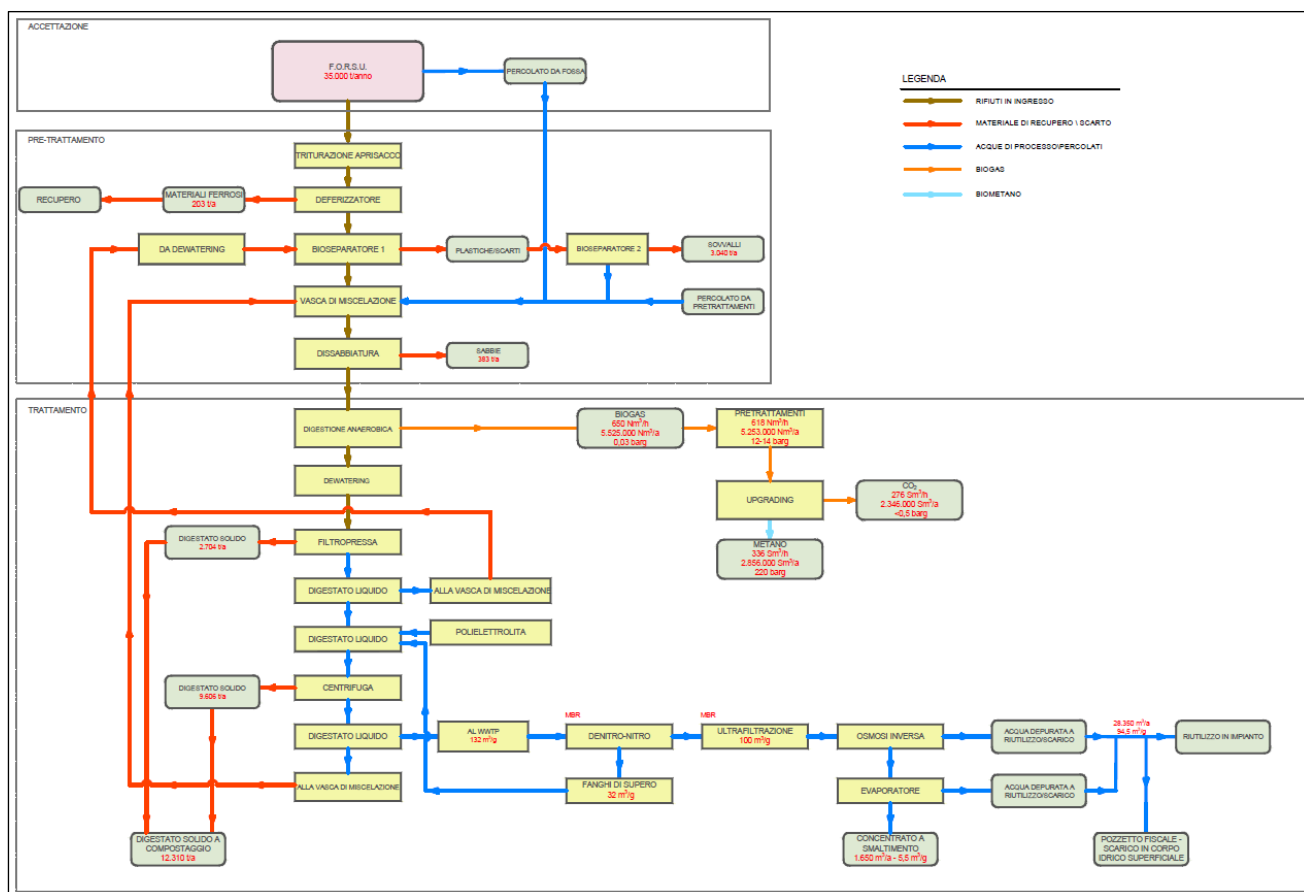


Figura 1 – Diagramma di flusso del processo di trattamento per il recupero di FORSU e produzione di biometano

Nel seguito si descrivono nel dettaglio le varie sezioni impiantistiche e di processo che compongono l'impianto. Per i dimensionamenti delle singole sezioni si rimanda

inoltre alle relazioni specialistiche elaborate.

2.1. TIPOLOGIA DEI RIFIUTI IN INGRESSO

I rifiuti che sono autorizzati in ingresso all'impianto di produzione biometano da FORSU sono i seguenti:

- **CER 20 01 08** rifiuti biodegradabili di cucine e mense
- **CER 19 06 04** digestato prodotto dal trattamento anaerobico dei rifiuti urbani
- **CER 19 06 06** digestato prodotto dal trattamento anaerobico dei rifiuti di origine animale e vegetale

In riferimento ai codici EER 190604 e 190606, tuttavia, si specifica che gli stessi saranno ammessi in impianto esclusivamente nella fase di avviamento del digestore in qualità di inoculo e nei casi in cui, anomalie del processo biologico, dovessero rendere necessario riattivare e/o ripopolare la cenosi batterica all'interno dei digestori (la provenienza di tali inoculi sarà da impianti anaerobici analoghi e già in attività).

La quantità di contaminanti massima accettabile nei rifiuti in ingresso è $\leq 15\%$. La materia prima in ingresso deve essere sufficientemente biodegradabile e non deve essere in avanzato stato di putrefazione per garantire una produzione efficiente di biogas. La temperatura della FORSU in ingresso non deve essere inferiore a 10 °C.



Figura 2 - Esempio di rifiuti in ingresso



2.2. SEZIONE DI PRETRATTAMENTO DELLA FORSU IN INGRESSO

La FORSU che sarà conferita in impianto è caratterizzata da una certa disomogeneità, dovuta alla diversa pezzatura dei vari rifiuti organici in essa presenti, nonché per la presenza di impurità (frammenti di plastiche o metalli, ossa animali, gusci di frutta secca, ecc.). La frazione organica da destinarsi alla sezione di digestione anaerobica del tipo ad "umido", invece, necessita una certa omogeneità sia nel tempo che nello spazio (all'interno dei digestori), per cui i rifiuti in ingresso devono essere sottoposti a pretrattamenti opportuni, in modo da potenziarne le caratteristiche di digeribilità.

Tutti i pretrattamenti della FORSU, data l'elevata putrescibilità della stessa e la conseguente formazione di composti odorigeni e contaminanti, verranno svolti all'interno di edifici chiusi, la cui aria interna viene aspirata (garantendo gli opportuni ricambi orari – 4 ric/h laddove vi sarà presenza continuativa di operatori e 3 ric/h nelle restanti zone – come meglio dettagliato nei capitoli seguenti) e trattata al fine di garantire emissioni in atmosfera conformi ai limiti imposti nelle autorizzazioni dell'impianto.

Il capannone che è destinato ai pretrattamenti meccanici della FORSU è strutturalmente e funzionalmente suddiviso in blocchi distinti come individuato nella seguente figura 3:



Figura 3 – Schema dimensionale del capannone di ricezione e pretrattamento

All'interno del capannone di pretrattamento, pertanto, le differenti zone individuate sono le seguenti:

- **Blocco 1:** bussola di ingresso, per i mezzi di conferimento e il posizionamento degli stessi in corrispondenza dell'area di scarico dei rifiuti;

- **Blocco 2:** fossa di ricezione; in tale area i mezzi conferitori scaricano i rifiuti in ingresso che poi vengono prelevati dal carro ponte ed automaticamente caricati all'interno della tramoggia del lacera-sacchi;
- **Blocco 3:** pre-trattamenti, nel quale sono allocati tutti i macchinari destinati alla preparazione della FORSU per la digestione anaerobica.



Figura 4 – Prospetto Sud del capannone di ricezione e pretrattamento

Gli automezzi in ingresso all'impianto sono sottoposti a pesatura per la verifica amministrativa dei quantitativi dei rifiuti conferiti. Terminata la pesatura, gli automezzi effettuano lo scarico dei rifiuti all'interno dell'apposita zona di stoccaggio (in fossa), all'interno della prima parte del capannone dei pretrattamenti meccanici. Tutte le operazioni di trattamento suscettibili di produzione di odori molesti e sostanze inquinanti, infatti, avvengono all'interno di locali confinati, la cui aria interna viene aspirata dall'apposito sistema al fine di garantire idonei ricambi orari e mantenere le adeguate condizioni di salubrità per le attività svolte. A maggior tutela dei lavoratori, inoltre, le aree di manovra e scarico degli automezzi conferitori sono progettate in modo da evitare la diffusione dell'aria interna alla zona dei pretrattamenti: il camion che arriva in impianto, infatti, entra attraverso un primo portone fino alla zona di scarico, dove un secondo portone si aprirà solo dopo che il primo si sarà chiuso; il camion potrà quindi procedere allo scarico dei rifiuti nella fossa di stoccaggio. In tal modo si evita qualsiasi diffusione dell'aria interna al di fuori della struttura di ricezione. terminate le operazioni di scarico rifiuti, il portone si chiuderà ed il mezzo potrà procedere verso l'uscita. Inoltre, per assicurare la rimozione di tutti i residui dal cassone, viene installata una lancia idropulitrice da poter eventualmente utilizzare presso la fossa.

I rifiuti vengono dunque prelevati dall'area di messa in riserva attraverso un carro ponte automatizzato dotato di benna bivalve ed avviati alla linea di



pretrattamento meccanico. Un apri-sacco, primo macchinario della linea, consentirà la lacerazione dei sacchetti di conferimento della FORSU, nonché una prima omogeneizzazione del rifiuto da avviare ai successivi trattamenti. Lo scarico del lacerasacchi avviene su un nastro trasportatore, sul quale è installato anche un deferizzatore per la rimozione di eventuali materiali metallici, che alimenta una tramoggia di carico alla sezione di bio-spremitura, che rappresenta lo step principale del pretrattamento del rifiuto organico. Tale sezione infatti consentirà: da un lato la separazione dei materiali di scarto indesiderati (principalmente plastiche) e dall'altro fluidificare la FORSU in ingresso in modo da ottenere il corretto contenuto di sostanza secca per il successivo processo di digestione anaerobica. In dettaglio una prima biospremitrice è installata al fine di separare dalla matrice organica destinata ai processi biologici di produzione di biogas sia gli imballaggi plastici che le altre impurità, in modo da ottenere in uscita una parea organica estremamente pulita.

Il secondo bioseparatore ha la funzione principale di affinamento dei sovralli separati dal precedente macchinario. Il materiale plastico viene alimentato costantemente dalla tramoggia all'interno del mulino verticale, il quale è formato da un cestello forato al cui interno è presente un albero su cui sono calettate le palette. Il materiale plastico entra all'interno della parte inferiore del mulino, la rotazione ad alta velocità dell'albero, grazie alle palette calettate, crea una ventilazione forzata all'interno del mulino. La corrente ascensionale che si forma trascina verso l'alto le plastiche leggere consentendone lo scarico dalla sommità del macchinario. I materiali più piccoli e pesanti invece oltrepassano il tamburo forato prima di raggiungere lo scarico superiore, una volta fuori dal tamburo, dove la ventilazione è minore, precipitano sul fondo della macchina. Così facendo è possibile separare un flusso leggero da un altro pesante, nel caso preso in esame, è possibile separare dunque il materiale plastico di scarto dai trascinamenti di materiale organico che viene invece recuperato nuovamente nella linea di trattamento. La ventilazione forzata produce anche un effetto di asciugatura sulle plastiche che assumono quindi ulteriore valore e migliori caratteristiche per il recupero finale delle stesse.

Il rifiuto organico fluidificato viene quindi sottoposto ad un processo di rimozione degli inerti (prevalentemente sabbie) all'interno di un dissabbiatore longitudinale, mentre i sovralli plastici ripuliti dalla materia organica trascinata saranno avviati a smaltimento / recupero.



2.3. SEZIONE DI DIGESTIONE ANAEROBICA

Il processo di digestione anaerobica previsto in impianto è così caratterizzato:

- *Digestione Anaerobica con reattore ad umido CSTR (Continuous-Flow Stirred Tank Reactor):* Il reattore opera con concentrazioni di sostanza secca pari al 10%, la quale garantisce una conversione metanigena del carbonio organico pressoché totale e l'ottimale agitazione del digerente con bassi costi energetici di miscelazione.
- *Funzionamento in continuo:* La tecnologia di produzione di biogas è studiata per consentire il funzionamento in continuo dell'impianto garantendo un monte orario minimo di 8.500 h/a.
- *Ambiente di digestione mesofilo:* Lo studio relativo ai cicli biologici di disgregazione molecolare di materia organica in ambiente privo di ossigeno hanno identificato che la temperatura ideale di fermentazione si aggira intorno ai 40 °C. Inoltre tale temperatura di fermentazione concilia le migliori caratteristiche di resa di conversione metanigena, affidabilità e stabilità del processo. Temperature più basse ridurrebbero infatti la resa energetica del processo mentre temperature più alte possono rendere instabile la flora batterica e pertanto il processo stesso.
- *Movimentazione continua del materiale:* La caratteristica di digestore funzionante ad umido unita allo studio della movimentazione interna meccanizzata, permette di ottenere una completa miscelazione del digerente con un notevole incremento di efficienza di conversione metanigena della matrice organica.
- *Assenza di additivi chimici in condizioni di normale funzionamento:* La metodologia di digestione anaerobica non necessita normalmente di alcun tipo di additivo chimico prima, durante e dopo il processo di fermentazione.
- *Sanificazione della FORSU e riduzione del potenziale odorimetrico:* La gestione della FORSU per mezzo delle tecnologie di digestione anaerobica in testa e di successivo compostaggio aerobico del digestato sono oramai divenute lo stato dell'arte delle tecnologie di smaltimento dei rifiuti organici in quanto ne garantiscono la totale stabilizzazione biologica, riuscendo a fornire esclusivamente benefici ambientali come output di processo. Inoltre, grazie al pretrattamento spinto in testa, il digestato estratto dopo la digestione presenta ottime caratteristiche qualitative in termini di percentuale di inerti presenti.

Il processo di digestione anaerobica avviene ad opera di microrganismi che possono vivere solo in un ambiente privo di ossigeno. La decomposizione dei substrati avviene in quattro fasi: idrolisi, acidogenesi, acetogenesi e metanogenesi, come sintetizzato nella seguente figura:

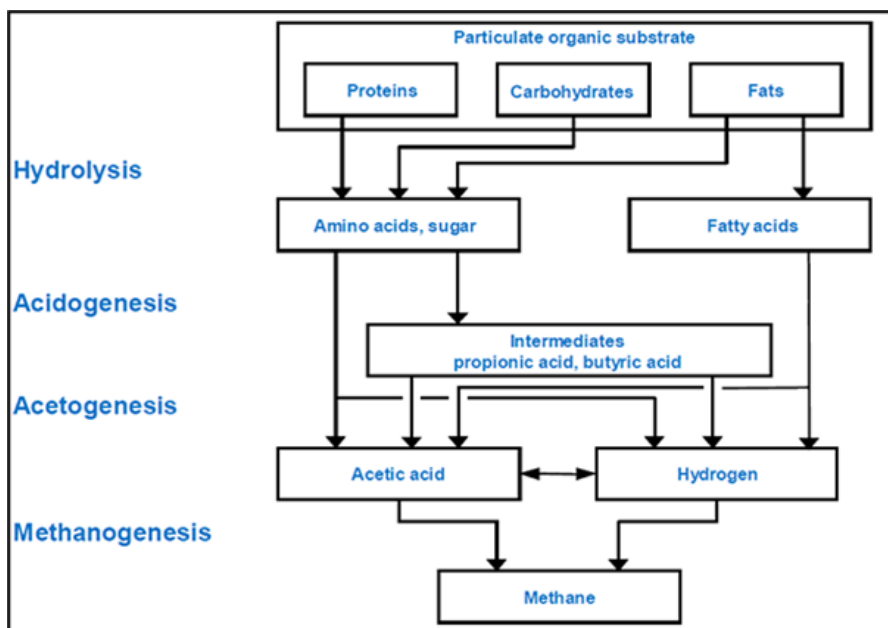


Figura 5 – Schema delle fasi del processo biologico di digestione anaerobica

La matrice organica, ormai priva di inerti, viene immessa all'interno dei serbatoi di miscelazione ed equalizzazione; tale sezione costituisce inoltre il primo stadio del processo di fermentazione anaerobica, avviandosi all'interno di tali serbatoi anche i processi di idrolisi e di acetogenesi del substrato organico. Inoltre, in considerazione del fatto che i conferimenti settimanali della FORSU avvengono di norma per 6 giorni a settimana e che i pretrattamenti sono dimensionati in modo da garantire la completa lavorazione dei quantitativi giornalieri in modo da evitare fenomeni di perdita prestazionale della matrice organica e il conseguente repentino accrescimento delle emissioni odorigene, i serbatoi di idrolisi costituiscono anche i volumi di accumulo necessari a poter gestire, in maniera continua 24 ore su 24, 7 giorni su 7, le fasi della digestione anaerobica, con eliminazione delle fluttuazioni di produzione e mantenimento della produzione di biogas il più costante possibile. I serbatoi di idrolisi vengono dimensionati in modo da avere più di 1,5 giorni di capacità di accumulo (ad una densità di $0,95 \div 1,00 \text{ t/m}^3$) alla portata di progetto per poter coprire l'alimentazione durante il fine settimana, anche nel caso di una vasca ferma per manutenzione. Inoltre, in queste vasche ha inizio il riscaldamento della frazione organica e il primo stadio di digestione. Durante l'idrolisi, i batteri trasformano il substrato organico in monomeri e polimeri più semplici, ovvero proteine, carboidrati e grassi vengono trasformati rispettivamente in amminoacidi, monosaccaridi e acidi grassi.

In uscita dai serbatoi di idrolisi la frazione organica viene immessa all'interno della



sezione di digestione anaerobica, dove avviene il completamento del processo biologico e la produzione di biogas.

Il processo, come anticipato, è del tipo mesofilo CSTR, all'interno di due digestori in serie (uno primario e uno secondario) di eguale volume. Il processo biologico di generazione del biogas è lento, quindi nella produzione commerciale di biogas sono necessari recipienti di grandi dimensioni, che forniscano un tempo di ritenzione sufficiente per sfruttare appieno il potenziale di metano della materia prima. Nel processo comune vengono utilizzati batteri che si sviluppano a temperature mesofile (intorno a 40°C), quindi il mantenimento di questa temperatura aumenta il tasso di produzione di biogas. Il digestore è dimensionato in modo tale che il materiale possa rimanervi in media un tempo sufficiente per degradarsi il più possibile e soddisfare la resa specifica di biogas prevista. Sulla base dei dati di letteratura comprovati da numerose ricerche e prove empiriche, si può affermare che la quasi totalità dei materiali disponibili vede il proprio BMP tecnicamente sfruttato in una HRT di circa 30 giorni.

Per calcolare la produzione di biogas in Nm^3 , viene utilizzato il BMP (potenziale metanigeno). Questo parametro rappresenta il biogas prodotto per quantità di solidi volatili in ingresso nel digestore; è quindi espresso in termini di $\text{Nm}^3/\text{ton}_{\text{sv}}$. Esso è strettamente correlato alla biodegradabilità del substrato trattato, piuttosto che alle proprietà del processo adottato.

Considerando un valore medio di BMP della frazione organica di $710 \text{ Nm}^3/\text{ton}_{\text{sv}}$, con una sostanza volatile in ingresso a digestione di 808 kg/h, si ottiene una produzione di biogas di $574 \text{ Nm}^3/\text{h}$.

Il biogas prodotto, stoccato in via temporanea all'interno delle cupole gasometriche disposte superiormente ai digestori anaerobici, viene destinato all'unità di upgrading per una prima fase di pretrattamento ed essiccazione (rimozione di COV, ammoniaca, H_2S , ecc.) e la successiva produzione di biometano che sarà infine compresso e destinato alla rete dei trasporti tramite distribuzione con carri bombolai.

In caso di sovrapproduzione il biogas verrà inviato alla torcia di emergenza.

2.4. SEZIONE DI POST-TRATTAMENTO DEL DIGESTATO

Il digestato prodotto in fase di digestione anaerobica viene infine sottoposto ad alcuni post-trattamenti al fine di ridurre i volumi di scarti da smaltire, recuperare acqua

depurata ed ottenere un materiale solido più facilmente gestibile nelle successive fasi di compostaggio (all'interno del vicino impianto di compostaggio operativo nel CIGRU).

I post-trattamenti del digestato avverranno, come per i pretrattamenti della FORSU, all'interno di un edificio chiuso, la cui aria è sottoposta ad aspirazione (in modo da garantire adeguati ricambi orari come meglio dettagliato nei seguenti capitoli) e trattamento al fine di avere emissioni in atmosfera conformi ai limiti imposti dall'autorizzazione dell'impianto. In adiacenza al capannone di post-trattamento del digestato, inoltre, è prevista l'area dove realizzare l'impianto di depurazione del separato liquido (costituita da una platea esterna, da un capannone/tettoia aperto su tre lati e tamponato sul quarto e dalla vasca per i trattamenti biologici, come descritto in seguito).



Figura 6 – Schema dimensionale del capannone di post-trattamento del digestato

Nel capannone per il post-trattamento del digestato, costituito da un unico ambiente, sono allocate le due macchine previste per la fase di separazione solido-liquido del digestato, disposte al di sopra di una vasca in c.a. fuori terra, nella quale viene stoccato il separato liquido. La frazione solida del digestato invece viene raccolta da una pala gommata e caricata sui mezzi per il trasferimento al prossimo impianto di compostaggio.



Figura 7 – Planimetria e prospetto Ovest del capannone di post-trattamento del digestato



Il digestato proveniente dai digestori viene inviato direttamente all'interno di una pressa a vite (FSP – Filter Screw Press) per separare il flusso in ingresso in una frazione solida e in una liquida (filtrato) con basso contenuto di solidi. La scelta di operare una prima separazione solido-liquido con la pressa a vite è dettata dalla possibilità di ottenere da un lato una frazione solida già compatibile con i successivi processi di compostaggio (nel limitrofo impianto operativo all'interno del CIGRU), ovvero caratterizzata da un contenuto medio di solidi pari al 30% circa e, dall'altro lato, un filtrato con un contenuto medio di solidi inferiore al digestato in ingresso (è possibile infatti ottenere una frazione liquida caratterizzata da un contenuto di solidi di circa il 4,5%), agevolando così il processo di affinamento del dewatering per l'ottenimento di filtrato finale compatibile con la sezione depurativa prevista in impianto (1,5 ÷ 2,0 %).

Il digestato solido separato viene scaricato direttamente dalla pressa in una baia di stoccaggio temporaneo dalla quale una pala meccanica può coricarlo sui mezzi per la movimentazione all'impianto di compostaggio.

Il filtrato viene invece direttamente scaricato all'interno della vasca di polmonazione e accumulo sulla quale viene installata la pressa stessa (volume operativo 200 m³, HRT 7 h) per poi essere rilanciato al secondo step di dewatering oppure ricircolato ai pretrattamenti, all'interno della biospremitrice Paddle-Mill per la diluizione della FORSU in ingresso.

Dopo il primo step di separazione solido-liquido, è previsto l'utilizzo di una seconda pressa fanghi, nello specifico una pressa a coclea a vite ad alta compattazione, che riesce a disidratare la frazione liquida separata dalla precedente pressa, raggiungendo una separazione più spinta dei solidi sospesi grazie all'aggiunta di polimero, come dettagliato di seguito. Come per il primo step di dewatering, la frazione solida (caratterizzata da un contenuto medio di solidi pari al 22% circa) viene scaricata direttamente in una baia di stoccaggio temporaneo, dalla quale la pala meccanica può coricarla sui mezzi per la movimentazione all'impianto di compostaggio.

Il filtrato (caratterizzato da un contenuto medio di solidi di circa 1,6%) viene invece scaricato direttamente all'interno della vasca di polmonazione e accumulo (accanto alla precedente vasca di accumulo) sulla quale viene installata la macchina stessa (volume operativo 400 m³, HRT 19 ore) per poi essere in parte rilanciato ai pretrattamenti (all'interno della vasca di miscelazione ed equalizzazione) per le diluizioni della materia organica da avviare alla dissabbiatura ed alla digestione anaerobica. Il restante volume di filtrato viene infine rilanciato all'impianto di depurazione previsto in impianto.

2.5. SEZIONE DI DEPURAZIONE DEL DIGESTATO LIQUIDO

Il digestato prodotto dalla sezione anaerobica di trattamento della FORSU, quale residuo della decomposizione della sostanza organica in essa contenuta per generare biogas, è costituito prevalentemente da substrato organico difficilmente biodegradabile e, pertanto, è da assimilare ai reflui industriali più complessi.

In quest'ottica, al fine di poter garantire, a valle, i parametri chimico-fisici ottimali nell'acqua depurata, nel rispetto dei limiti previsti dalla normativa per gli scarichi su corpo idrico superficiale, in impianto si prevede l'installazione di una sezione di depurazione del digestato così composta:

- vasca di equalizzazione del digestato liquido in ingresso;
- una sezione MBR così suddivisa:
 - *vasca anossica di denitrificazione;*
 - *vasca aerobica di ossidazione biologica (nitrificazione);*
 - *Unità di Ultrafiltrazione tubolare;*
- Una sezione di Osmosi Inversa, per il finissaggio dell'acqua depurata;
- Una sezione di evaporazione, per la riduzione del concentrato da smaltire.

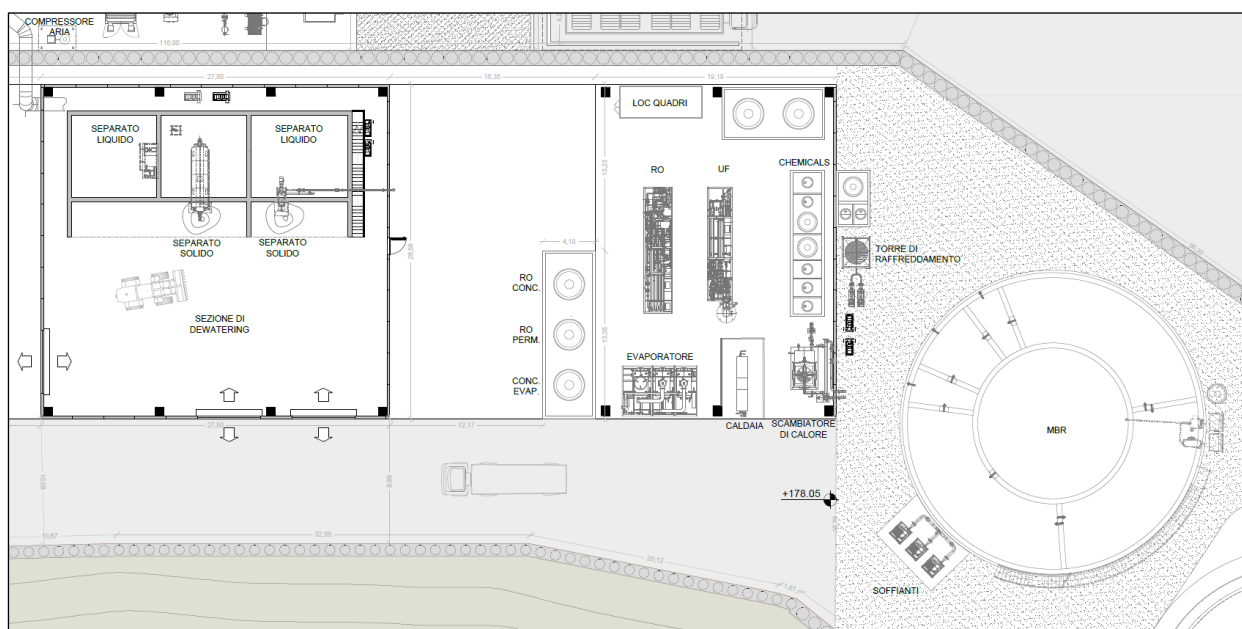


Figura 8 Layout impiantistico della sezione di depurazione del digestato

La soluzione impiantistica prevede una vasca di accumulo ed equalizzazione del digestato liquido prodotto, che funge inoltre da alimentazione alla sezione biologica



con tecnologia MBR. Il refluo infatti viene preventivamente avviato alla vasca anossica di denitrificazione (con un volume di 1.020 m³): in tale fase avviene pertanto la riduzione biologica dell'azoto nitrico ad azoto gassoso ad opera di batteri eterotrofi in condizioni di assenza di ossigeno. Successivamente, il refluo viene sottoposto alla fase biologica aerata (con un volume, suddiviso in tre settori, di 2.140 m³): in tale sezione avviene sia la demolizione / degradazione della sostanza organica, sia la nitrificazione / ossidazione dell'azoto organico ed ammoniacale a nitriti e nitrati, ad opera della flora batterica autotrofa presente (nitrosomonas, nitrobacter).

Successivamente, il refluo pretrattato viene sottoposto ad un processo di ultrafiltrazione tramite membrane tubolari, in configurazione "side stream", per poter separare praticamente tutta la sostanza organica sospesa sedimentabile: sfruttando la filtrazione tangenziale può essere garantita una elevata portata continua di ricircolo che permette di mantenere una velocità ottimale di flusso attraverso le membrane, limitandone al minimo lo sporcamento e le conseguenti necessità di pulizia.

Il permeato chiarificato prodotto attraverso l'ultrafiltrazione rappresenta lo scarico del processo biologico che passa al successivo trattamento di osmosi inversa per il finissaggio finale. Inoltre, una parte di fango, cosiddetto di supero, viene ciclicamente scaricato dal sistema MBR e ricircolato in testa all'impianto.

Con la tecnologia MBR a membrane tubolari esterne, dotate di canali ad ampio passaggio e ricircolazione forzata, è possibile condurre il processo biologico anche con concentrazioni di solidi sospesi totali pari a 25 kg_{TSS}/m³ (valore 5 volte maggiore rispetto alle concentrazioni tipiche degli impianti tradizionali).

Successivamente, il permeato dell'ultrafiltrazione viene alimentato, come detto, all'interno dell'unità di osmosi inversa che consiste in una vera e propria barriera fisica in grado di rimuovere sia i componenti microbiologici che le sostanze inorganiche e organiche disciolte.

Il funzionamento è quello di una membrana che opera secondo il principio osmotico, ovvero l'acqua viene separata attraverso l'applicazione di una pressione sulla membrana in direzione opposta alla direzione naturale del flusso osmotico. Le membrane sono installate con una configurazione a spirale avvolta, che segue i principi della filtrazione a flusso tangenziale: applicando una pressione l'acqua viene forzata ad attraversare la membrana e nella parte interna del filtro si raccoglie l'acqua filtrata (permeato), mentre nella parte esterna rimangono concentrati tutti i componenti disciolti. Nel dettaglio possono essere rimossi, attraverso il processo di osmosi inversa:

endotossine e pirogeni, insetticidi e pesticidi, erbicidi, antibiotici, nitrati, sali solubili, ioni metallici, metalli pesanti, arsenico, boro e fluoro.

Infine, per migliorare la gestione dei flussi e ridurre i costi operativi, nell'ambito del processo di trattamento si prevede anche il post-trattamento del concentrato dell'osmosi inversa (con un processo di evaporazione) generando così:

- Un concentrato finale, pari a circa il 25% in peso del concentrato in ingresso, destinato allo smaltimento finale come rifiuto;
- Un ulteriore flusso di permeato (distillato) che, unitamente al permeato della fase di osmosi inversa, può essere riutilizzato per gli usi interni dell'impianto ovvero scaricato in conformità ai più restrittivi limiti per i corpi idrici superficiali, nonché per lo scarico su suolo.

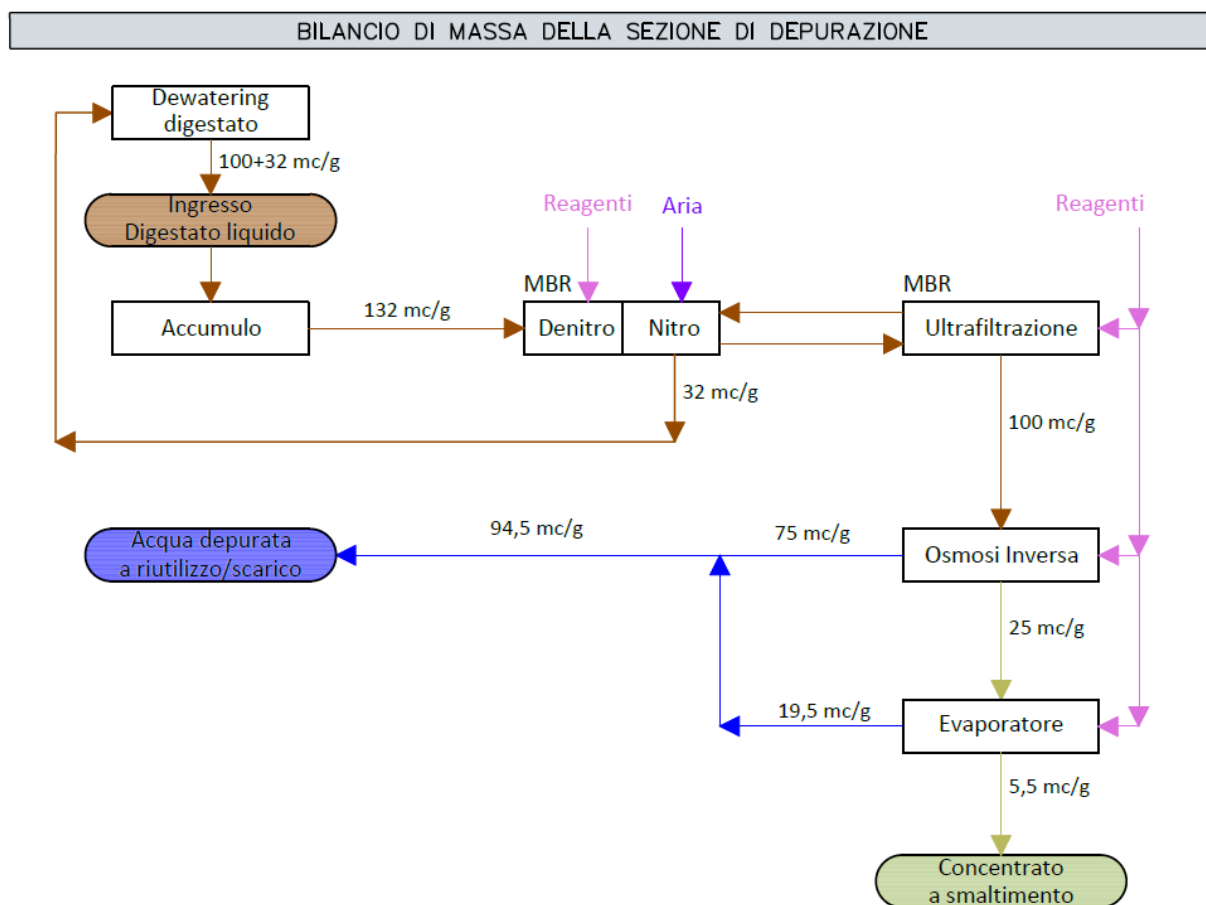


Figura 9 Schema di flusso della sezione di depurazione del digestato

In definitiva, quindi, il bilancio di massa previsionale della sezione di depurazione del digestato si può riassumere come segue:



- Refluo in ingresso: 100 m³/giorno
- Flussi in uscita:
 - *Concentrato a smaltimento (EER 19.08.14):* 5,5 m³/giorno
 - *Acqua depurata da riutilizzare e/o scaricare:* 94,5 m³/giorno

3. PRESIDI AMBIENTALI E GESTIONE DELL'IMPIANTO

3.1. EMISSIONI IN ATMOSFERA

3.1.1. Emissioni convogliate

Con riferimento alle emissioni in atmosfera dell'impianto di biodigestione anaerobica, sono autorizzati i seguenti punti di emissione:

- E7 Biofiltro fossa di scarico e pretrattamenti;
- E8 Biofiltro centrifugazione e deposito (a);
- E9 Biofiltro centrifugazione e deposito (b);
- E10 Caldaia impianto anaerobico;
- E11 Caldaia impianto di depurazione;
- E12 Upgrading;
- T2 Torcia di emergenza impianto di produzione biometano.

I suddetti punti di emissione in atmosfera sono autorizzati con le seguenti caratteristiche e nel rispetto dei seguenti limiti:

Tabella 1 Punti di emissione autorizzati e caratteristiche

Punto	Origine	Portata (Nmc/h)	Imp. di abbattimento	durata emissione h/giorno / g/anno	Inquinanti	Concentr. Limite mg/Nmc
E7	Biofiltro fossa di scarico e pretrattamenti	40.000	Biofiltro + scrubber	24 / 365	NH3	5
					H2S	5
					Polveri	5
					TCOV	40
E8	Biofiltro centrifugazione e deposito (a)	40.000	Biofiltro + scrubber	24 / 365	NH3	5
					H2S	5
					Polveri	5
					TCOV	40



Punto	Origine	Portata (Nmc/h)	Imp. di abbattimento	durata emissione h/giorno / g/anno	Inquinanti	Concentr. Limite mg/Nmc
E9	Biofiltro centrifugazione e deposito (b)	40.000	Biofiltro + scrubber	24 / 365	NH3	5
					H2S	5
					Polveri	5
					TCOV	40
E10	Caldaia impianto anaerobico	1.500	/	24 / 365	CO	20
E11	Caldaia impianto di depurazione	1.500	/	24 / 365	CO	20
E12	Upgrading	220	/	24 / 365	Portata non significativa	

3.1.2. Sistemi di abbattimento delle emissioni convogliate

Ciascun sistema di trattamento dell'aria interna dei capannoni è costituito, come detto, da:

- una torre di lavaggio del tipo verticale, la cui funzionalità è quella di eseguire un pretrattamento delle arie prima dell'invio alla filtrazione biologica
- un biofiltro, costituito da biomassa filtrante disposta su lastre forate in c.a. prefabbricato in modo da consentire l'uniforme distribuzione dell'aria da trattare, limitando la formazione di canali preferenziali.

Ciascun impianto bio-filtrante è anche dotato di un sistema di irrigazione superficiale mediante ugelli per garantire il mantenimento delle condizioni ottimali di umidità del materiale biofiltrante. Inoltre, una serie di sonde e sensori posizionati in vari punti consentono di monitorare i principali parametri di funzionamento del biofiltro stesso, al fine di poter intervenire sulle variabili del sistema in modo tale da consentire che la massa biologica filtrante lavori nel range ottimale. Il sistema di monitoraggio prevede:

- Misuratori di pressione differenziale in continuo a monte del biofiltro;
- Sonda termo igrometrica per l'aria in ingresso al biofiltro;
- Sonda temperatura infissa nel materiale bio-filtrante.

Tutti i parametri rilevati sono registrati in un acquisitore per la visualizzazione in tempo reale e per la successiva registrazione.



Il dimensionamento del sistema di aspirazione e trattamento dell'aria è stato sviluppato a partire dalla conoscenza dei volumi dei locali confinati, dai quali verrà estratta l'aria esausta e dal numero di ricambi/ora fissato per ciascuno di essi, in funzione delle esigenze di natura igienico-sanitaria e del rispetto dei vincoli normativi. In riferimento a ciascuna area dell'impianto la portata da estrarre è stata ricavata come segue:

$$Q_{estr} = V \cdot N$$

dove:

- Q_{estr} = portata da estrarre dal capannone
- V = volume del capannone
- N = numero di ricambi aria espresso in ricambi/ora

Tabella 2 – Volumi di aria da trattare proveniente dal capannone dei pre-trattamenti della FORSU

DESCRIZIONE LOCALI CONFINATI	SUPERFICIE [m ²]	ALTEZZA [m]	VOLUME [m ³]	RICAMBI [m ³ /h]	PORTATA D'ARIA [m ³ /h]
Bussola di conferimento	290	8,25	2.393	3	7.178
Fossa stoccaggio FORSU	276	10,50	2.898	4	11.592
Pretrattamenti FORSU	545	8,25	4.496	4	17.985
Totale					36.755
Totale autorizzato (E7)					40.000

Tabella 3 – Volumi di aria da trattare proveniente dal capannone dei post-trattamenti del digestato

DESCRIZIONE LOCALI CONFINATI	SUPERFICIE [m ²]	ALTEZZA [m]	VOLUME [m ³]	RICAMBI [m ³ /h]	PORTATA D'ARIA [m ³ /h]
Capannone di trattamento digestato	750	9,65	7.241	3	21.724
Vasca biologica WWTP	-	-	-	-	3.000
Totale					24.724
Totale autorizzato (E8)					40.000



I biofiltri autorizzati sono caratterizzati dai seguenti parametri dimensionali e di processo:

- Biofiltro E7:
 - Superficie filtrante: 240 m²
 - Altezza letto filtrante: 2 m
 - Volume letto filtrante: 480 m³
 - Carico organico volumetrico: 78,85 m³/h per m³ di biofiltro (< 200)
 - Carico organico superficiale: 157,50 m³/h per mq di biofiltro (< 200)
 - Tempo medio di residenza: 46 sec (> 36)
- Biofiltro E8:
 - Superficie filtrante: 150 m²
 - Altezza letto filtrante: 2 m
 - Volume letto filtrante: 300 m³
 - Carico organico volumetrico: 81,41 m³/h per m³ di biofiltro (< 200)
 - Carico organico superficiale: 164,83 m³/h per mq di biofiltro (< 200)
 - Tempo medio di residenza: 44 sec (> 36)

3.1.3. Emissioni diffuse

In fase di esercizio dell'impianto verranno inoltre adottate opportune misure gestionali atte a minimizzare le emissioni diffuse dell'impianto.

Nel dettaglio, con specifico riferimento alle emissioni diffuse di polveri, verranno adottate tutte le misure riportate nell'Allegato V alla Parte V del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. In particolare, il problema della dispersione delle polveri, causate dal passaggio dei mezzi, o di altri materiali soggetti a trasporto eolico, durante la fase di gestione, verrà affrontato nell'ordinaria gestione dell'impianto adottando le seguenti precauzioni:

- verifica, prima di permettere l'accesso del mezzo all'area degli impianti, della completa copertura del carico, al fine di evitare la dispersione di materiali potenzialmente volatili;
- realizzazione della viabilità di transito degli automezzi in asfalto e pulizia e manutenzione periodica della stessa;
- chiusura dei contenitori di stoccaggio temporaneo dei rifiuti;
- realizzazione di porte ad impacchettamento rapido per il conferimento dei rifiuti.



Altro aspetto molto importante da attenzionare negli impianti di trattamento dei rifiuti organici è la formazione di odori, dovuta prevalentemente ai fenomeni di fermentazione dei rifiuti. Pertanto nella progettazione dell'impianto si è tenuta in considerazione la gestione dell'aspetto ambientale costituito dalla formazione di odori, prevedendo un sistema spinto di trattamento delle arie provenienti dai capannoni.

Per minimizzare la dispersione in atmosfera di queste arie, gli accessi carrabili saranno inoltre dotati di porte ad impacchettamento rapido. In tal modo essendo il capannone costantemente in depressione si eviterà la fuoriuscita di odori molesti.

La gestione dell'impianto sarà svolta in modo da garantire il funzionamento ottimale delle varie sezioni e dei sistemi di trattamento aria (scrubber e biofiltri, come descritti precedentemente). Inoltre, in fase di gestione dell'impianto saranno adottate specifiche misure al fine di limitare le emissioni odorogene quali:

- pulizia delle aree di lavorazione interne ed esterne;
- chiusura dei portoni del capannone durante le fasi di lavorazione;
- sistemi automatici di regolazione delle aperture dei portoni;
- impiego della soluzione impiantistica locale filtro come presidio in corrispondenza dei portoni di accesso alla zona di scarico e pretrattamento dei rifiuti.

Inoltre, per efficientare ulteriormente il controllo delle emissioni diffuse, soprattutto in corrispondenza dell'uscita degli automezzi di conferimento, in corrispondenza dei portoni di accesso della bussola di ricezione della FORSU è prevista l'installazione di un arco di abbattimento polveri e odori.

In tal modo, emettendo in fase di uscita degli automezzi acqua atomizzata tramite l'arco installato, sarà possibile limitare il permanere in sospensione delle particelle di polveri e di odori, impedendo che le stesse si disperdano nell'ambiente esterno; questo può avvenire grazie alla dimensione ottimale delle gocce d'acqua, che non devono superare o essere più piccole delle particelle di polvere: $60 \div 120 \mu\text{m}$.

I due sistemi di abbattimento polveri e odori previsti in corrispondenza dei due portoni di accesso all'area conferimento sono costituiti da:

- n° 35 ugelli atomizzatori a miscelazione interna con getto a cono pieno ampio (angolo di spruzzo circa 60°) in ottone nichelato
- arco in acciaio inox da ancorare alla parte adiacente al foro dei portoni di entrata e uscita; dimensioni: circa larghezza 5 m x altezza circa 5 metri



(lunghezza totale della tubazione dell'arco circa 15 m)

- gruppo di pressurizzazione costituito da pompa multistadio a velocità variabile dotata di inverter, sensore di pressione per mantenere la pressione costante al variare della portata (max: 5,5 KW - 2HP, portata max: 100 lpm a 9 bar) e circuito di by-pass per regolazione pressione e portata;
- gruppo di filtrazione acqua composto da tre filtri in linea da 30";
- serbatoio di accumulo in polietilene da 250 litri predisposto con valvola (elettrovalvola o galleggiante) per il carico acqua in automatico ed un sensore per protezione della pompa di pressurizzazione linea;
- gruppo di miscelazione e dosaggio prodotti anti odori (profumi coprenti o prodotti enzimatici) completo di pompa dosatrice inox e mixer di contatto e serbatoio da 250 litri.

3.2. CONSUMO DI MATERIE ED ENERGIA

3.2.1. Consumo di materie

Con riferimento ai consumi di materie prime per il funzionamento dell'impianto, viene previsto l'utilizzo di alcuni reagenti per il corretto funzionamento della sezione di depurazione del digestato liquido (nella fase di digestione anaerobica si potrà prevedere l'utilizzo, comunque in quantità limitate, di antischiuma, sulla base delle reali caratteristiche chimico-fisiche che si avranno all'interno del rifiuto organico conferito).

In particolare dunque si prevede l'utilizzo di alcuni reagenti sia per il perfezionamento dei parametri di processo (prevalentemente il pH) che per le operazioni di pulizia e manutenzione delle membrane di ultrafiltrazione e osmosi inversa. In ultimo, sarà necessario l'utilizzo di un polielettrolita per agevolare la fase di separazione solido-liquido del digestato.

Si riporta nella tabella sottostante la stima delle materie prime che potranno essere utilizzate in impianto.

Tabella 4 Materie prime utilizzate

Materie prime	t/anno
H ₂ SO ₄ (al 50%)	15
NaOH (al 30%)	16,8
Acido acetico (nutriente) al 56%	45
Antischiuma	Solo in fase di avvio



Materie prime	t/anno
Ipoclorito (al 14%)	1,5
Antincrostante	0,3
Lavaggio acido delle membrane	0,6
Lavaggio basico delle membrane	1,5
Polielettrolita	50

3.2.2. Consumi idrici

La normale gestione di un impianto di trattamento e recupero di rifiuti urbani comporta l'impiego di risorse idriche per:

- Necessità di processo
 - Consumo durante la digestione anaerobica
 - *Lavaggio delle aree di lavorazione e movimentazione rifiuti all'interno dei capannoni;*
 - *Trattamento aria: riempimento scrubber per la saturazione dell'aria ed umidificazione del biofiltro per il mantenimento del valore ottimale di umidità nella biomassa.*
- Utilizzi civili:
 - Servizi
- Irrigazione delle aree a verde.

In dettaglio, i consumi idrici legati all'avvio del processo di digestione anaerobica (ipotizzabile dunque solo in fase di start-up dell'impianto e per i primi due mesi circa) sono di circa 16.000 m³. Infatti, a seguito dei primi cicli di digestione anaerobica (con tempi di ritenzione idraulica di circa 35 giorni) sarà possibile utilizzare a pieno il digestato in uscita ed avviato alla sezione depurativa prevista, in modo da avere disponibile sia il digestato liquido (da poter ricircolare in testa all'impianto nei pretrattamenti) sia l'acqua depurata.

L'approvvigionamento idrico dell'impianto, dunque, avverrà sia da acquedotto (per gli usi civili che per le fasi di avvio del processo) che attraverso il recupero delle acque depurate (per tutti gli usi di processo ed industriali).



Il dettaglio dei consumi idrici stimati per i diversi utilizzi in impianto è riportato nella seguente tabella.

Tabella 5 Consumi idrici

Area / Attività di impianto	Consumi idrici			
	Valore	U.M.	Valore	U.M.
Processo (solo nelle fasi di avvio)	16.000	m ³	-	-
Lavaggio aree lavorazione	350	m ³ /anno	1,1	m ³ /giorno
Scrubber	750	m ³ /anno	2,2	m ³ /giorno
Umidificazione biofiltri	850	m ³ /anno	2,4	m ³ /giorno
Servizi	500	m ³ /anno	1,6	m ³ /giorno
Irrigazione aree a verde	4.300	m ³ /anno	12,0	m ³ /giorno
TOTALE INDUSTRIALE	6.250	m ³ /anno	17,7	m ³ /giorno
TOTALE CIVILE / POTABILE	500	m ³ /anno	1,6	m ³ /giorno
TOTALE	6.750	m ³ /anno	19,3	m ³ /giorno

3.2.3. Consumo di energia

3.2.3.1. Energia consumata

I processi, i servizi ausiliari di processo e i servizi generali d'impianto determinano consumi di energia elettrica per circa 7.674 MWh/anno; nella seguente tabella si riassumono i consumi medi annui di energia elettrica, stimati con riferimento alle diverse fasi di esercizio dell'impianto:

Tabella 6 Energia elettrica lorda consumata in impianto

Fase di processo/attività significative	Energia elettrica consumata [MWh/anno]
01 – Pre-trattamento della FORSU	1.160
02 – Sezione di digestione anaerobica	2.016
03 – Post-trattamento digestato	444
04 – Sezione di Upgrading	1.942
05 – Sezione di trattamento reflui	1.860
06 – Servizi generali di impianto	252
TOTALE	7.674

In allegato 1, inoltre, si riporta il dettaglio delle potenze e dei consumi elettrici stimati per le varie sezioni dell'impianto.



Infine, una corretta e scrupolosa gestione (tramite sistemi automatizzati e remotizzabili) di tutti i processi di trattamento che verranno operati all'interno dell'impianto consentirà di migliorare la gestione della piattaforma nel suo complesso, limitando il più possibile i consumi di energia elettrica.

3.2.3.2. Energia elettrica prodotta

All'interno della piattaforma si prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia sotto forma di elettricità interamente utilizzata per i consumi elettrici di impianto. L'impianto fotovoltaico è costituito da n° 4 generatori fotovoltaici composti da n° 634 moduli fotovoltaici e da n° 14 inverter. La potenza di picco è di 297,98 kWp per una produzione di 360.849,9 kWh annui distribuiti su una superficie di 1.369,44 m².

Tabella 7 Caratteristiche impianto fotovoltaico

Impianto di produzione	Potenza Installata (kW)	Energia Producibile (MWh/anno)
Impianto FV	297,98	360,85

3.2.3.3. Energia termica prodotta

Per poter fornire il calore necessario alla sezione di digestione anaerobica ed al trattamento del digestato (depurazione), sono previste in impianto n. 2 caldaie alimentate a biogas/metano; nello specifico si prevedono:

- Per la sezione di digestione anaerobica: una caldaia con potenza termica nominale di 405 kWt;
- Per la sezione di depurazione del digestato: una caldaia con potenza termica nominale di 511 kWt.

Si riportano in allegato 2 i dettagli dei consumi termici previsti in impianto, alla base del dimensionamento delle suddette caldaie e dei relativi consumi di combustibile (metano), stimati in circa 755.000 Sm³/anno, come meglio dettagliato nello stesso Allegato 2.

3.3. GESTIONE DELLE ACQUE METEORICHE

3.3.1. Regimazione delle acque meteoriche

All'interno dell'impianto le acque meteoriche verranno regimate attraverso pozzetti muniti di caditoie e una opportuna rete di raccolta e collettamento; il sistema di regimazione idraulica autorizzato per l'impianto prevede la raccolta e lo scarico diretto delle acque meteoriche ricadenti sulle coperture e sui piazzali puliti all'interno del bacino di laminazione previsto (per consentire l'invarianza idraulica del sito dell'impianto) e successivo scarico nel canale Catalini.



Figura 10 Rappresentazione del sistema di captazione delle acque meteoriche dell'impianto

Per il dettaglio delle reti ed i dimensionamenti dei singoli tratti si rimanda alla relazione idraulica elaborata ed alla planimetria dei sistemi di raccolta e gestione delle acque meteoriche.

3.3.2. Gestione delle acque meteoriche di prima pioggia

3.3.2.1. Dimensionamento della vasca di prima pioggia

Dal punto di vista normativo le acque di prima pioggia corrispondono ad una o più precipitazioni atmosferiche di altezza complessiva almeno pari a 5 mm uniformemente distribuite sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio. Tali acque meteoriche, che defluiscono negli istanti iniziali di un evento meteorico, sono particolarmente cariche di sostanze inquinanti poiché svolgono un'azione di "lavaggio"

delle superfici scoperte e dell'atmosfera; pertanto, devono essere sottoposte ad uno specifico trattamento.

Nel caso in esame tutte le lavorazioni presso l'impianto del biodigestore avvengono al chiuso e conseguentemente dal punto di vista normativo non si generano acque di prima pioggia. Tuttavia, residua un potenziale rischio di sversamento in una zona non coperta, interna allo stabilimento di 1.417 m² circa, dove, avviene il passaggio dei mezzi. Dunque, le superfici assoggettate al trattamento della prima pioggia sono state rappresentate nella figura di seguito riportata e corrispondono alle aree adibite al transito dei mezzi che trasportano il digestato solido.

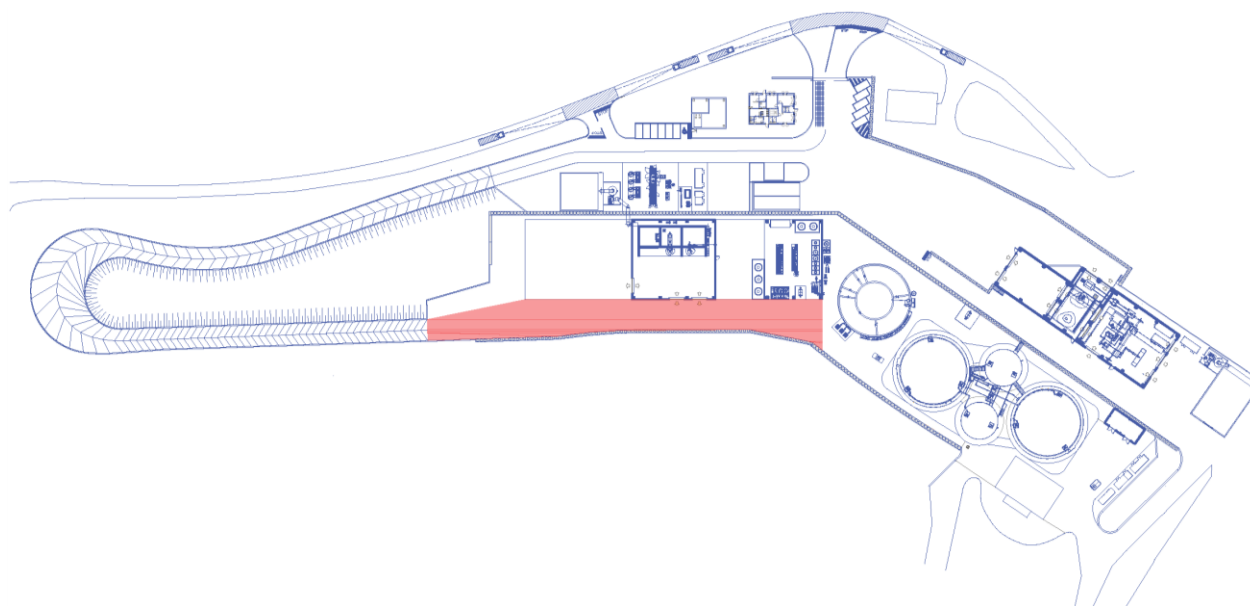


Figura 11 Area impermeabile soggetta a trattamento di prima pioggia

Ai fini del calcolo delle portate di prima pioggia per l'area sopra definita, si stabilisce che il battente di 5 mm si verifichi in 15 minuti e si assume un coefficiente di deflusso per le aree impermeabili pari a 0,95.

L'impianto è stato dimensionato, come detto, per garantire un trattamento di un volume di prima pioggia pari ad una lama d'acqua di 5 mm sulla superficie pavimentata afferente alla vasca di accumulo. Tale volume viene calcolato considerando la superficie della zona a potenziale rischio di sversamento del digestato liquido dai mezzi di movimentazione e l'altezza di prima pioggia rappresentata dai primi 5 mm di precipitazione:



Tabella 8-Capacità e dimensioni esterne vasca di prima pioggia

Dati di progetto	Unità di misura	Quantità
Area Superficie Impermeabile	m ²	1.417
Altezza Prima Pioggia	mm	5
Volume vasca	m ³	7,09
Volume scelto	m ³	9
Larghezza	cm	246
Lunghezza	cm	270
altezza	cm	100

Come è possibile osservare dalla tabella soprariportata, il volume della vasca, da calcolo, risulta pari a 7,09 m³. In via cautelativa viene scelta una vasca dal volume commerciale di 9 m³.

Si riportano nella seguente tabella le caratteristiche del pozzetto scolmatore:

Tabella 9 dimensioni esterne pozzetto scolmatore

Larghezza [cm]	Lunghezza [cm]	Altezza [cm]
125	130	100

3.3.2.2. Descrizione del sistema di trattamento di prima pioggia

Nel dimensionamento dell'impianto ci si è attenuti ai seguenti criteri generali di progettazione:

- giusta economia delle opere;
- basso costo di energia elettrica impegnata;
- minimi costi di conduzione e di esercizio;
- giusta disposizione delle vasche prefabbricate per consentire economici futuri ampliamenti.

L'impianto progettato ha la specifica funzione di deviare le acque di 2° pioggia (successive acque precipitate sul piazzale) da quelle di 1° pioggia già raccolte nella sezione di accumulo del sistema di trattamento, trattare le acque accumulate con idoneo sistema tecnologico e smaltirle dopo il trattamento di depurazione.

L'impianto proposto è costituito da due vasche modulari prefabbricate in C.A. monoblocco per l'accumulo ed il trattamento delle acque di prima pioggia, corredate di tutte le opere elettromeccaniche e le carpenterie necessarie a realizzare i singoli



comparti di trattamento.

Il primo modulo costituito da vasca di decantazione/ accumulo/ rilancio conterrà internamente le seguenti fasi di trattamento e/o i seguenti componenti:

- valvola di chiusura automatica, la quale una volta raggiunto il livello massimo stabilito, interverrà a bloccare l'afflusso delle acque verso la vasca e di bypassare quelle considerate di seconda pioggia;
- accumulo delle acque prima pioggia cioè la frazione di pioggia di ogni evento meteorico corrispondente al valore di accumulo determinato dal rapporto tra superficie scolante e altezza di prima pioggia;
- decantazione del materiale sedimentabile che per effetto gravitazionale tende a depositarsi sul fondo della vasca (fango, sabbie, morchie, ecc...);
- rilancio acque di prima pioggia realizzato tramite l'utilizzo di n.1 elettropompa sommergibile che smaltisce le acque accumulate nel comparto finale di disoleatura-filtrazione; la portata sollevata sarà regolata da un limitatore dotato di valvola per regolazione del flusso e verrà scaricata nelle successive ore.

Il secondo modulo monoblocco prefabbricato, disoleatore statico, conterrà internamente il seguente trattamento:

- disoleazione statica di tutte quelle sostanze leggere oleose che tendono a galleggiare in superficie (grassi e oli minerali, idrocarburi non emulsionati);
- filtrazione a coalescenza dell'effluente allo scopo di bloccare eventuali particelle di oli, grassi o idrocarburi ancora in sospensione nelle acque;
- dispositivo di chiusura automatica dello scarico (otturatore a galleggiante tarato per liquidi leggeri) per impedire sversamenti accidentali di reflui non trattati;
- accumulo oli flottati, sfiorati sulla superficie del comparto di separazione I moduli saranno collegati tramite giunti in PVC, i quali garantiranno una perfetta tenuta idraulica.

Le acque di prima pioggia raccolte nei comparti di accumulo del 1° modulo, a riempimento avvenuto, saranno escluse dalle successive acque meteoriche di dilavamento della superficie scolante in oggetto (2° pioggia) tramite la chiusura della valvola posta sulla tubazione di ingresso acque del 1° modulo.

Le successive acque meteoriche precipitate defluiranno alla tubazione di bypass.

Lo stato di calma così determinato consente di ottenere, per gravità, la separazione



degli inquinanti di peso specifico differente da quello dell'acqua. E' una delle operazioni più diffusamente usate nel trattamento delle acque reflue per ottenere un effluente chiarificato. In conseguenza di questo principio il materiale sedimentabile (sabbie, morchie, ecc.) contenuto nelle acque di prima pioggia tenderà a sedimentare sul fondo delle vasche, mentre le sostanze più leggere (grassi e oli minerali, idrocarburi non emulsionati, ecc.) tenderanno a galleggiare aggregandosi in superficie.

Le acque accumulate defluiranno nel comparto di rilancio-sollevamento e per mezzo di n. 1 pompa sommergibile (la portata della pompa verrà regolata attraverso adeguato limitatore di portata tarabile manualmente) verranno inviate alla vasca del disoleatore; dopo essere state trattate, le acque di prima pioggia saranno confluite alla linea dedicata di scarico (acque depurate digerite liquido, nere e prima pioggia).

Se allo stesso tempo il sensore presenza pioggia a servizio dell'impianto si attiverà, un apposito automatismo installato a quadro elettrico provvederà a bloccare il funzionamento dell'elettropompa e a farla ripartire una volta terminata la pioggia.

Al termine dello svuotamento della zona di accumulo (entro 48-96 di ore dalla fine della precipitazione) si ripristineranno automaticamente le impostazioni iniziali dell'impianto in modo da renderlo disponibile per un altro ciclo depurativo.

Nel comparto finale di disoleatura statica-filtrazione avverrà la separazione di oli non emulsionati ed idrocarburi mediante flottazione.

Per una sicura ritenzione delle sostanze oleose sulla tubazione di uscita è inserito un dispositivo di chiusura automatica che, attivato da un determinato livello di liquido leggero accumulato, chiude lo scarico impedendo la fuoriuscita dell'olio. Il dispositivo è azionato da galleggiante e calibrato per liquidi leggeri.

L'otturatore a galleggiante è fornito di filtro a coalescenza completo di cestello in acciaio inox AISI 304 per l'estrazione. Tale filtro è costituito da poliuretano espanso a celle aperte finemente spaziate avente forma reticolare, resistente ai solventi, che può essere riutilizzato per lunghi periodi (è sufficiente un semplice lavaggio per ripristinare il suo potere filtrante).

Le migliaia di fibre finissime costituenti il filtro, intersecando il flusso dell'acqua, consentono di attrarre e trattenere le eventuali goccioline d'olio e contemporaneamente all'acqua depurata di defluire verso lo scarico finale.

Periodicamente le sostanze accumulate all'interno dei manufatti dovranno essere asportate e smaltite a mezzo di autospurgo attraverso il servizio di ditte specializzate.



3.3.2.3. Limiti autorizzati per lo scarico delle acque di prima pioggia trattate

Le acque meteoriche ricadenti sui piazzali di manovra antistanti il capannone di trattamento del digestato, come detto, saranno raccolte nella vasca di prima pioggia, sottoposte a trattamento di dissabbiatura e disoleatura e infine scaricate attraverso il pozzetto fiscale P3 (di controllo dei parametri di scarico come da PMC) a valle del bacino di laminazione nel canale Catalini.

I limiti autorizzati per lo scarico delle acque di prima pioggia trattate sono i seguenti:

Tabella 10 Limiti di scarico autorizzati per le acque di prima pioggia trattate

PARAMETRI FONDAMENTALI	Frequenza Di Campionamento (fase operativa)	Livello previsto (Rif. tabella 3 D.Lgs. 152/06 e BAT)
Solidi sospesi totali	mensile	60 mg/l
COD	mensile	160 mg/l
BOD5	semestrale	40 mg/l
Nitrati	semestrale	20 mg/l
Ammoniaca	semestrale	15 mg/l
Tensioattivi totali	semestrale	2 mg/l
Idrocarburi totali	semestrale	5 mg/l

3.4. GESTIONE DEI REFLUI E DEI PERCOLATI PRODOTTI

3.4.1. Reflui e percolati di processo

I reflui ed i percolati che si potranno formare all'interno dell'impianto in progetto sono essenzialmente i seguenti:

- percolati rilasciati dai rifiuti deposti nelle zone di stoccaggio rifiuti conferiti;
- percolati rilasciati dai rifiuti durante il loro pretrattamento meccanico;
- reflui prodotti a seguito delle operazioni di lavaggio delle aree di lavoro e trattamento rifiuti;
- reflui provenienti da scrubber e biofiltri;
- digestato liquido derivante dalle operazioni di dewatering.

Tutti i reflui e percolati di processo vengono convogliati e rilanciati alla sezione di pretrattamento della FORSU in ingresso, al fine di contribuire alla fluidificazione della stessa e di consentirne la stabilizzazione biologica. In particolare, tutti i reflui e i percolati raccolti saranno rilanciati all'interno della vasca di equalizzazione e



miscelazione in alimentazione alla sezione di dissabbiatura e, successivamente, di digestione anaerobica. Il digestato liquido, invece, sarà in parte ricircolato dalla sezione di de-watering sia al primo bioseparatore che alla suddetta vasca di miscelazione e per la restante parte avviato alla sezione depurativa prevista per il recupero dell'acqua depurata per tutti i restanti usi e consumi idrici dell'impianto.

L'acqua depurata in eccesso rispetto ai riutilizzi interni, infine, sarà scaricata come da autorizzazione nel canale Catalini, a valle del bacino di laminazione delle acque meteoriche (per il controllo dello scarico dell'acqua depurata è previsto il pozzetto fiscale P2).



Figura 12 Rappresentazione planimetrica delle reti di captazione dei reflui e percolati dell'impianto

I limiti autorizzati per lo scarico delle acque depurate dal trattamento del digestato sono i seguenti:

PARAMETRI FONDAMENTALI	Metodo	FREQUENZA	Limite tabella 3-BAT
Temperatura	APAT CNR-IRSA Man. 29 2003	semestrale	--
Ph	APAT CNR-IRSA 2060 Man. 29 2003	semestrale	5,5-9,5
Conducibilità elettrica	APAT CNR-IRSA 2030 Man. 29 2003	semestrale	--
Solidi sospesi totali	APAT CNR-IRSA 2090 B Man. 29 2003	mensile	60 mg/l
COD	APAT CNR-IRSA 5130 Man. 29 2003	mensile	160 mg/l
BOD5	APAT CNR-IRSA 5120 Man. 29 2003	semestrale	40 mg/l
Cloruri	APAT CNR-IRSA 4020 Man. 29 2003	semestrale	1200 mg/l



PARAMETRI FONDAMENTALI	Metodo	FREQUENZA	Limite tabella 3-BAT
Solfati	APAT CNR-IRSA 4020 Man. 29 2003	semestrale	1000 mg/ l
Nitrati	APAT CNR-IRSA 4020 Man. 29 2003	semestrale	20 mg/l
Nitriti	APAT CNR-IRSA 4020 Man. 29 2003	semestrale	0,6 mg/l
Ammoniaca	APAT CNR-IRSA 4030 Man. 29 2003	semestrale	15 mg/l
Azoto totale	APAT CNR-IRSA 4060 Man. 29 2003	mensile	25 mg/l
Fosforo totale	APAT CNR-IRSA 4110 Man. 29 2003	mensile	2 mg/l
Alluminio	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	semestrale	1 mg/l
Arsenico	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	mensile	0.5 mg/l
Mercurio	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	mensile	0,005 mg/l
Rame	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	mensile	0,1 mg/l
Fenoli Totali	APAT CNR-IRSA 5070 Man. 29 2003	semestrale	0,5 mg/l
Cianuri Totali	APAT CNR-IRSA 4070 Man. 29 2003	semestrale	0,5 mg/l
Cadmio	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	mensile	0,02 mg/l
Ferro	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	semestrale	2 mg/l
Manganese	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	semestrale	2 mg/l
Piombo	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	mensile	0,1 mg/l
Cromo totale	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	mensile	0,15 mg/l
Zinco	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	mensile	0,5 mg/l
Nichel	APAT CNR-IRSA 3010 Met. A + APAT CNR-IRSA 3020 Man. 29 2003	mensile	0,5 mg/l
Tensioattivi totali	APAT CNR-IRSA 5170 + APAT CNR- IRSA 5180 Man. 29 2003	semestrale	2 mg/l
Idrocarburi totali	APAT CNR-IRSA 5160 B Man. 29 2003	semestrale	5 mg/l
Solventi Organici Azotati	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	semestrale	0,1 mg/l
Solventi Organici Clorurati	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	semestrale	1 mg/l
Solventi Organici Aromatici	EPA 5021A 2014 + EPA 8260D 2018	semestrale	0,2 mg/l
E. Coli	APAT CNR-IRSA Met. 7030 C Man. 29 2003	semestrale	5.000 UFC/100 ml

Per il dettaglio dimensionale del sistema di depurazione del digestato si rimanda alla relazione specialistica elaborata, nonché alle planimetrie esplicative del sistema di raccolta e gestione dei percolati e dei reflui prodotti.

3.4.2. Reflui civili

Le acque reflue civili provenienti dai servizi del locale uffici e spogliatoi sono adeguatamente trattate per mezzo di un sistema di depurazione costituito da un



pozzetto degrassatore per le acque grigie, una fossa Imhoff per la depurazione delle acque grigie degrassate e delle acque nere ed infine un filtro percolatore anaerobico per il trattamento del chiarificato della fossa Imhoff. Lo scarico finale avverrà, dal pozzetto fiscale di controllo P1, verso il punto S4 per l'immissione nel corpo superficiale fosso Catalini, come da autorizzazione.

Il sistema di depurazione è stato dimensionato, in accordo alle N.T.A. del Piano di Tutela delle Acque della Regione Marche. Considerando che gli addetti sono al massimo 20, il sistema di trattamento dei reflui civili è stato dimensionato per 10 A.E.

3.4.2.1. Descrizione del sistema di depurazione dei reflui civili

L'impianto di trattamento delle acque reflue civili, come descritto in dettaglio nel seguito, sarà così composto:

- Pozzetto degrassatore per le acque grigie;
- Fossa Imhoff per le acque nere;
- Filtro percolatore anaerobico per il chiarificato della fossa settica;
- Pozzetto di controllo.

3.4.2.1.1. Pozzetto degrassatore

La degrassatura è un pretrattamento fisico di rimozione degli oli, delle schiume, dei grassi e di tutte le sostanze che hanno peso specifico inferiore a quello del liquame, provenienti da lavandini, docce, bidet, ecc.

Il degrassatore è un trattamento primario a servizio delle acque grigie domestiche o assimilabili, in cui avviene la separazione per flottazione (risalita) delle sostanze a peso specifico inferiore a quello dell'acqua, la riduzione della velocità del fluido consente anche la sedimentazione di una parte dei solidi sospesi, che si depositano sul fondo della vasca.

I degrassatori a gravità sono costituiti da una vasca in polietilene all'interno della quale sono disposte due condotte semi-sommerse di ingresso e uscita poste a quota diverse, il volume utile si suddivide in tre comparti: una zona di ingresso in cui viene smorzata la turbolenza del flusso entrante, una zona in cui si realizza la separazione ed il temporaneo accumulo dei solidi ed una terza zona di deflusso del refluo trattato.



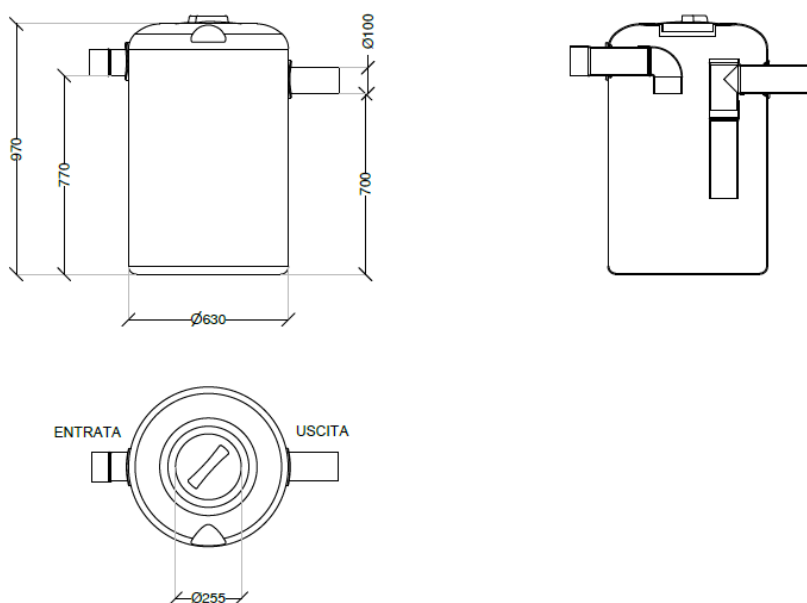
I dati di progetto utilizzati per il dimensionamento dei degrassatori sono i seguenti:

Carico idraulico pro capite	200 lt/AExd
Tempo di detenzione	4 min. (sulla portata di punta)
Tempo di residenza	>15 min. (sulla portata media giornaliera)

Avendo considerato un sistema di trattamento per 10 A.E., il pozzetto degrassatore scelto (figura seguente) è caratterizzato da:

- Volume utile: 218 litri;
- Volume grassi: 30 litri;
- Volume sedimentazione: 59 litri

DEGRASSATORE LISCIO



3.4.2.1.2. Fossa settica di tipo Imhoff

Le acque reflue grezze vengono sottoposte a pretrattamenti di natura meccanica per l'eliminazione di materiale che, per le sue dimensioni e le sue caratteristiche, determinerebbe difficoltà nel corretto espletamento delle successive fasi di depurazione. In uno scarico civile il 60-70% dei solidi sospesi risultano sedimentabili, dunque possono essere rimossi attraverso trattamenti primari di decantazione. Questo tipo di trattamenti consente anche una contestuale rimozione del 25-30% del contenuto organico inteso come BOD₅.

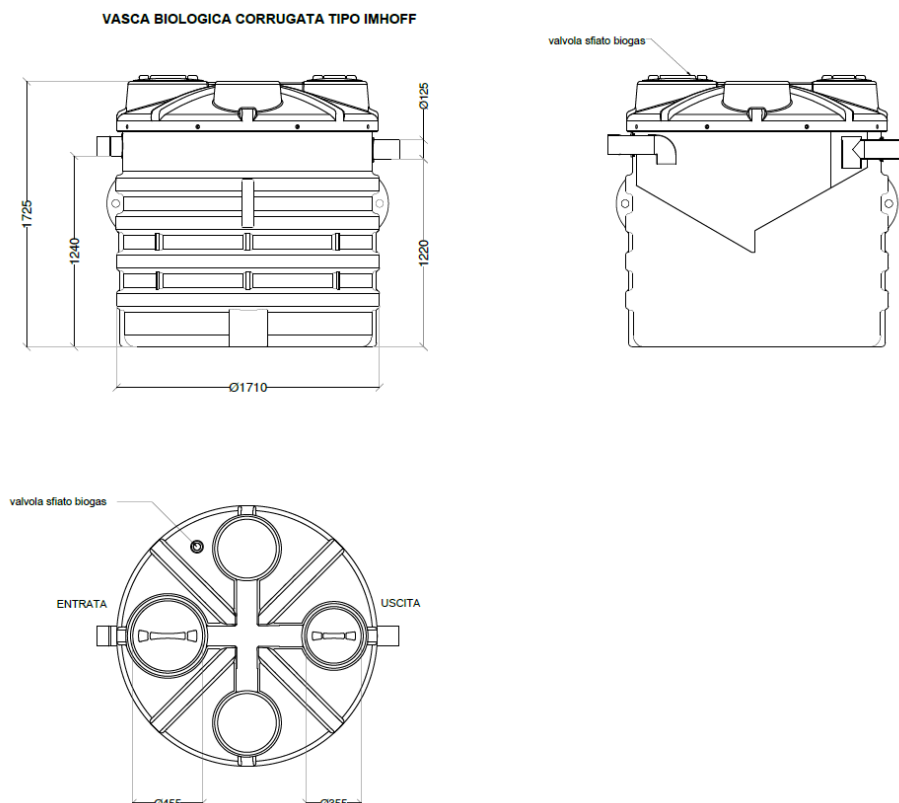


Le vasche Imhoff sono impiegate come trattamento primario delle acque nere provenienti dai WC a servizio di scarichi domestici o assimilabili. Sono costituite da due scomparti sovrapposti e idraulicamente comunicanti. Nel comparto superiore i solidi sedimentabili raggiungono per gravità il fondo del sedimentatore, che ha una opportuna inclinazione per consentire il passaggio dei fanghi nel comparto inferiore dove avviene la digestione; questo tipo di impianto sfrutta l'azione combinata di un trattamento meccanico di sedimentazione e di un trattamento biologico di digestione anaerobica fredda. Attraverso le vasche Imhoff, precedute da una fase di degrassatura e a seguito delle quali viene previsto un trattamento secondario di affinamento del chiarificato (in questo caso è previsto un filtro percolatore anaerobico) può essere scaricato nel corpo idrico ricettore superficiale. La normativa di riferimento per quello che concerne la depurazione delle acque reflue è il D.Lgs. 03/04/2006 n. 152, parte 3 mentre per il dimensionamento tecnico delle vasche biologiche Imhoff sono stati seguiti i criteri stabiliti dalla Delibera D.A.C.R. n°145 del 26/01/10 Piano Tutela Acque Marche, la quale stabilisce il volume di 100 lt/AE per il comparto di sedimentazione e 150 lt/AE per il comparto di digestione, considerando uno spurgo all'anno e il volume di 50 lt/AE per il comparto di sedimentazione e 135 lt/AE per il comparto di digestione, considerando almeno 2 spurghi l'anno. Nel caso in esame sono stati adoperati i seguenti parametri dimensionali:

Carico idraulico pro capite	200 lt/AExd
Carico organico pro capite	60 gBOD ₅ /AExd
Volume sezione sedimentazione (1 spurgo/anno)	100 lt/AE
Volume sezione digestione (1 spurgo/anno)	150 lt/AE

Avendo considerato un sistema di trattamento per 10 A.E., la fossa Imhoff scelta (figura seguente) è caratterizzata da:

- Volume sedimentazione: 1012 litri;
- Volume di digestione: 1513 litri;
- Volume totale: 2525 litri



3.4.2.1.3. Filtro percolatore anaerobico

Il filtro percolatore anaerobico è un reattore biologico all'interno del quale i microrganismi, che svolgono la depurazione del refluo, si sviluppano sulla superficie di appositi corpi di riempimento disposti alla rinfusa. La distribuzione uniforme del liquame attraverso il filtro garantisce il massimo contatto tra il materiale organico da degradare e le pellicole biologiche che ricoprono le sfere di riempimento. I corpi che costituiscono il volume filtrante sono realizzati in polipropilene, garantiscono un'elevata superficie disponibile all'attecchimento dei microrganismi batterici e riducono i rischi di intasamento del letto.

I filtri percolatori anaerobici sono impiegati come trattamento secondario delle acque reflue domestiche o assimilabili e, nel caso in esame, il filtro percolatore è preceduto da una fase di degrassatura (per le acque grigie) e da una fase di sedimentazione primaria (vasca Imhoff o settica); in questo modo il chiarificato può essere scaricato su corso idrico superficiale.

Il dimensionamento tecnico dei filtri percolatori anaerobici per un liquame domestico medio, si riferisce al fattore di carico organico $\text{kg}_{\text{BOD}}/\text{m}^3\text{d}$ con cui viene alimentato il filtro, questo parametro è il rapporto tra carico organico in ingresso $\text{kg}_{\text{BOD5}}/\text{d}$ ed il volume del letto filtrante. I percolatori sono pensati per operare con

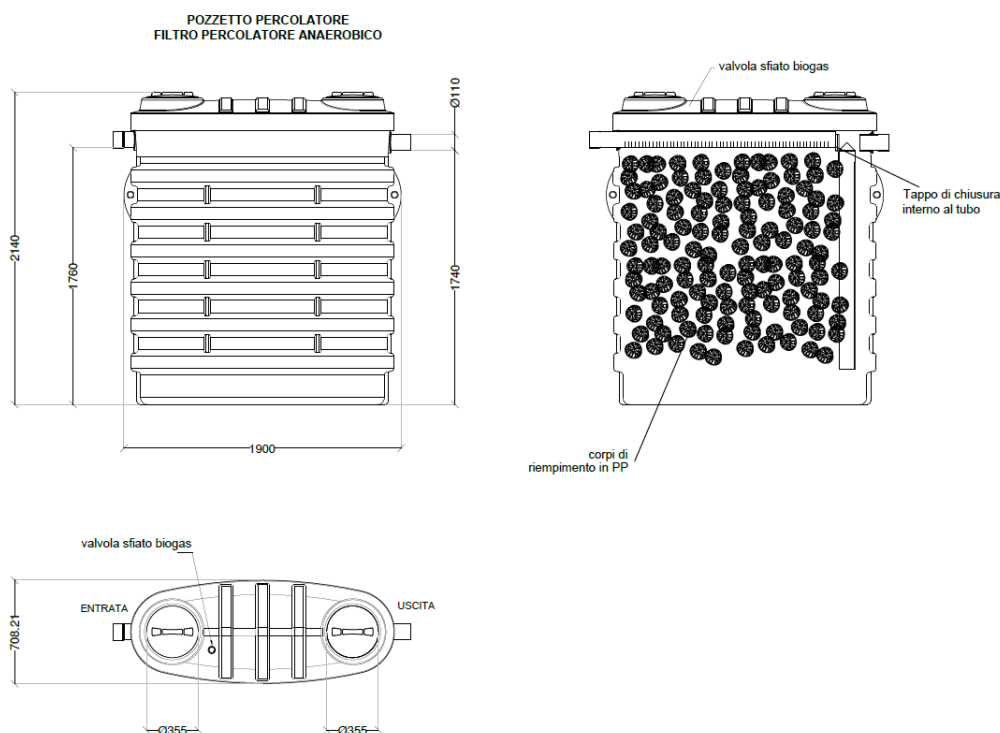
fattori di carico organico medio-bassi e questo garantisce un buon margine di sicurezza rispetto alle fluttuazioni di portata in ingresso ed una limitata produzione di fanghi di supero.

Nel caso in esame sono stati adoperati i seguenti parametri dimensionali:

Carico idraulico pro capite	200 lt/AExd
Carico organico pro capite	48 gBOD ₅ /AExd

Avendo considerato un sistema di trattamento per 10 A.E., il filtro percolatore scelto (figura seguente) è caratterizzato da:

- Superficie filtro: 1,35 m²;
- Volume filtro: 1,77 m³;
- Carico idraulico giornaliero: 2.000 litri/giorno.



3.4.2.2. Limiti autorizzati per lo scarico dei reflui civili depurati

L'impianto di depurazione delle acque reflue civili si trova a valle del locale servizi in cui si trovano i bagni e gli spogliatoi ed è adibito a trattare un flusso di progetto il cui quantitativo è stimato pari a 2 m³/giorno massimo.

I limiti autorizzati per lo scarico delle acque reflue civili depurate sono i seguenti:



PARAMETRI FONDAMENTALI	Frequenza Di Campionamento (per i primi 2 anni)	Limite
Solidi sospesi totali	annuale	80 mg/l
COD	annuale	160 mg/l

3.5. RIFIUTI E PRODOTTI IN USCITA DALL'IMPIANTO

I rifiuti destinati al trattamento sono costituiti essenzialmente dalla frazione organica principalmente raccolta nell'ambito dell'ATA 4 della Provincia di Fermo (FORSU) per una quantità autorizzata in ingresso di 35.000 t/anno; in uscita, verranno prodotti biometano da immettere nel settore dei trasporti tramite carri bombolai e digestato solido da stabilizzare all'interno dell'impianto di compostaggio del C.I.G.R.U., per la produzione di fertilizzanti conformi alla normativa vigente.

3.5.1. Rifiuti in ingresso

I rifiuti che sono autorizzati in ingresso all'impianto di produzione biometano da FORSU sono i seguenti:

- **CER 20 01 08** rifiuti biodegradabili di cucine e mense
- **CER 19 06 04** digestato prodotto dal trattamento anaerobico dei rifiuti urbani
- **CER 19 06 06** digestato prodotto dal trattamento anaerobico dei rifiuti di origine animale e vegetale

In riferimento ai codici EER 190604 e 190606, tuttavia, si specifica che gli stessi saranno ammessi in impianto esclusivamente nella fase di avviamento del digestore in qualità di inoculo e nei casi in cui, anomalie del processo biologico, dovessero rendere necessario riattivare e/o ripopolare la cenosi batterica all'interno dei digestori (la provenienza di tali inoculi sarà da impianti anaerobici analoghi e già in attività).

La quantità di contaminanti massima accettabile nei rifiuti in ingresso è $\leq 15\%$. La materia prima in ingresso deve essere sufficientemente biodegradabile e non deve essere in avanzato stato di putrefazione per garantire una produzione efficiente di biogas. La temperatura della FORSU in ingresso non deve essere inferiore a 10 °C.

3.5.2. Rifiuti ed end-of-waste in uscita

A seguito dei trattamenti previsti in impianto e sinora descritti verranno prodotti i



seguenti prodotti e rifiuti in uscita:

Tabella 11 Rifiuti prodotti in impianto

RIFIUTI	CODICI EER	QUANTITA' PRODOTTA	FASE / SEZIONE DI PROVENIENZA
Rifiuti prodotti			
Metalli	19 12 02	203 t/anno	Pretrattamento FORSU
Sovvalli	19 12 12	3.040 t/anno	Pretrattamento FORSU
Sabbie	19 12 09	383 t/anno	Pretrattamento FORSU
Concentrato dal trattamento reflui	19 08 12	1.650 m³/anno	Depurazione reflui
Scarti di processo			
Digestato (a compostaggio)	/	12.310 t/anno	Digestione anaerobica
Acqua depurata	/	28.370 m³/anno	Depurazione reflui
End-of-Waste			
Biometano	/	350 Sm³/h	Up-grading
		2.900.000 Sm³/anno	

3.5.3. End of waste prodotti in impianto

Come anticipato il principale prodotto che verrà gestito all'interno dell'impianto è il biometano (ed il digestato solido da destinare al compostaggio per la produzione di ammendante compostato misto).

Con riferimento al *bio-metano*, le caratteristiche chimico-fisiche del gas da poter immettere nella rete dei metanodotti devono rispettare quanto previsto nella "Regola Tecnica sulle caratteristiche chimico fisiche e sulla presenza di altri componenti nel gas combustibile da convogliare", di cui all'Allegato A del Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 19 febbraio 2007, nonché del Decreto interministeriale del 5 dicembre 2013. Inoltre il biometano deve essere tecnicamente libero da tutte le componenti individuate nel rapporto tecnico UNI/TR 11537, in riferimento alle quali non sono ancora normativamente individuati i limiti massimi.

I principali riferimenti normativi sono:

- CNR-UNI 10003 "Sistema internazionale di unità (SI)";
- Decreto Ministeriale 24 Novembre 1984 "Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzazione del gas naturale con



densità non superiore a 0,8”

- Decreto Ministeriale 3 febbraio 2016 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l’esercizio dei depositi di gas naturale con densità non superiore a 0,8 e dei depositi di biogas, anche se di densità superiore a 0,8”;
- UNI EN 437 “Gas di prova – Pressioni di prova – Categorie di apparecchi”;
- ISO 13443 “Natural gas – Standard reference conditions”
- Decreto 22 Dicembre 2000 “Individuazione della Rete nazionale dei gasdotti ai sensi dell’Art. 9 del Decreto Legislativo 23 Maggio 2000, n.164”;
- Decreto 19 febbraio 2007 “Approvazione della regola tecnica sulle caratteristiche chimico-fisiche e sulla presenza di altri componenti nel gas combustibile da convogliare”;
- Decreto Interministeriale del 5 dicembre 2013;
- UNI-TR 11537 “Immissione di biometano nelle reti di trasporto e distribuzione di gas naturale”;
- Deliberazione dell’Autorità 46/2015/R/gas;
- Deliberazione 131/2024/R/GAS di Arera del 9 Aprile 2024.

Le condizioni di riferimento dell’unità di volume sono quelle standard (rif. ISO 13443), ovvero:

- Pressione 101,325 kPa
- Temperatura 288,15 K (= 15°C)

Tali condizioni sono quelle da assumere per la determinazione del Potere Calorifico Superiore e dell’Indice di Wobbe (ovvero il rapporto esistente tra il potere calorifico PCS del gas in presenza di un determinato volume e la radice quadrata della sua densità relativa, alle medesime condizioni del campione considerato).

I parametri di qualità da dover considerare per l’immissione in rete del bio-metano prodotto sono i seguenti:

Tabella 12 Parametri relativi ai componenti del PCS

Componente	Valori di accettabilità	Unità di misura
Metano	(*)	
Etano	(*)	



Componente	Valori di accettabilità	Unità di misura
Propano	(*)	
Iso-butano	(*)	
Normal-butano	(*)	
Iso-pentano	(*)	
Normal-pentano	(*)	
Esani e superiori	(*)	
Azoto	(*)	
Ossigeno	$\leq 0,6$	% mol
Anidride Carbonica	≤ 3	% mol
Idrogeno	$\leq 0,5$	% Vol
Ossido di carbonio	$\leq 0,1$	% mol
(*) Per tali componenti i valori di accettabilità sono intrinsecamente limitati dal campo di accettabilità dell'Indice di Wobbe		

Tabella 13 Composti in tracce all'interno del bio-metano da immettere in rete

Parametri	Valori di accettabilità	Unità di misura
Solfuro di idrogeno	$\leq 6,6$	mg/ Sm ³
Zolfo da mercaptani	$\leq 15,5$	mg/ Sm ³
Zolfo Totale	≤ 150	mg/ Sm ³
Mercurio	≤ 1	µg/Sm ³
Cloro	< 1	mg/Sm ³
Fluoro	< 3	mg/Sm ³
Ammoniaca	≤ 3	mg/Sm ³
Silicio	≤ 5	ppm
Idrogeno	$\leq 0,5$	% Vol
Ossido di carbonio	$\leq 0,1$	% mol

Tabella 14 Proprietà fisiche del bio-metano da immettere in rete

Proprietà	Valori di accettabilità	Unità di misura	Condizioni
Potere Calorifico Superiore	34,95 ÷ 45,28	MJ/Sm ³	
Indice di Wobbe	47,31 ÷ 52,33	MJ/Sm ³	
Densità relativa	0,5548 ÷ 0,8		
Punto di Rugiada dell'acqua	≤ -5	°C	Alla pressione di 7000 kPa relativi
Punto di Rugiada degli idrocarburi	≤ 0	°C	Nel campo di pressione 100 ÷ 7.000 kPa relativi
Temperatura max	< 50	°C	
Temperatura min	> 3	°C	



Infine, ferme restando le disposizioni di cui all'art. 3 della deliberazione 46/2015/R/gas, il bio-metano, alle condizioni di esercizio, non deve contenere tracce dei componenti di seguito elencati:

- acqua ed idrocarburi in forma liquida;
- particolato solido in quantità tale da recare danni ai materiali utilizzati nel trasporto del gas;
- altri gas che potrebbero avere effetti sulla sicurezza o integrità del sistema di trasporto.

Il biometano dovrà essere odorizzabile secondo la norma UNI 7133 e le altre norme applicabili e non presentare caratteristiche tali da annullare o coprire l'effetto delle sostanze odorizzanti caratteristiche.



ALLEGATO N° 1. TABULATO DI DETTAGLIO CONSUMI ELETTRICI DELL'IMPIANTO



STIMA CONSUMI ELETTRICI - IMPIANTO TRATTAMENTO FORSU - COMUNE DI FERMO

Item		Dimensionamento alimentazione						Consumi						
No.	Descrizione	Potenza attiva di servizio	Rendimento	Fattore di potenza medio	Potenza apparente max. assorbita	Fattore massimo di utilizzo	Potenza apparente max.	Fattore medio di utilizzo	Potenza apparente media assorbita	Potenza attiva media assorbita	Potenza reattiva media assorbita	Ore/gg	Giorni/anno	Energia consumata / anno
		[kW]	[%]	[Cos φ]	[kVA]	[%]	[kVA]	[%]	[kVA]	[kW]	[kVAr]	[ore]	[giorni]	[kWh/a]
01 - SEZIONE DI RICEZIONE E PRETRATTAMENTO FORSU														
	Carroponte	60	90%	0,85	78,43	80,0%	62,75	60%	47,06	40,00	24,79	10	313	125.200
	Apri sacchi	77	90%	0,85	100,65	80,0%	80,52	70%	70,46	59,89	37,12	10	313	187,452
	Deferizzatore	2,2	90%	0,85	2,88	80,0%	2,30	70%	2,01	1,71	1,06	10	313	5,356
	Nastro alimentazione	3	90%	0,85	3,92	80,0%	3,14	70%	2,75	2,33	1,45	10	313	7,303
	Nastro a tapparelle	4	90%	0,85	5,23	80,0%	4,18	70%	3,66	3,11	1,93	10	313	9,738
	Bioseparatore 1	75	90%	0,85	98,04	80,0%	78,43	70%	68,63	58,33	36,15	10	313	182,583
	Bioseparatore 2	75	90%	0,85	98,04	80,0%	78,43	70%	68,63	58,33	36,15	10	313	182,583
	Utenze generiche	50	90%	0,95	58,48	90,0%	52,63	50%	29,24	27,78	9,13	10	313	86,944
	Scrubber tratt aria pretrattamenti (pompe e generali)	9	95%	0,95	9,97	100,0%	9,97	65%	6,48	6,16	2,02	18	360	39,903
	Ventilatore tratt. Aria pretrattamenti	75	95%	0,95	83,10	100,0%	83,10	65%	54,02	51,32	16,87	18	360	332,526
	SUB-TOTALE	430,20			538,74		455,46		352,93	308,96	166,66			1.159,590
02 - SEZIONE DI DIGESTIONE ANAEROBICA														
	Digestori anaerobici e servizi ausiliari compresi	250	90%	0,95	292,40	90,0%	263,16	80%	233,92	222,22	73,04	24	365	1.946,667
	Torcia	6	90%	0,95	7,02	90,0%	6,32	60%	4,21	4,00	1,31	24	365	35,040
	Caldaia	6	90%	0,95	7,02	90,0%	6,32	60%	4,21	4,00	1,31	24	365	35,040
	SUB-TOTALE	262,00			306,43		275,79		242,34	230,22	75,67			2.016,747
03 - SEZIONE DI POST-TRATTAMENTO DIGESTATO														
	Dewatering	7,5	95%	0,95	8,31	100,0%	8,31	60%	4,99	4,74	1,56	10	313	14,826
	Dewatering	2,2	95%	0,95	2,44	100,0%	2,44	60%	1,46	1,39	0,46	10	313	4,349
	Pompe e ausiliari dewatering	25	90%	0,95	29,24	90,0%	26,32	60%	17,54	16,67	5,48	10	313	52,167
	Scrubber tratt aria trattamento digestato (pompe e generali)	9	95%	0,95	9,97	100,0%	9,97	65%	6,48	6,16	2,02	18	360	39,903
	Ventilatore tratt. Aria trattamento digestato	75	95%	0,95	83,10	100,0%	83,10	65%	54,02	51,32	16,87	18	360	332,526
	SUB-TOTALE	380,70			439,50		405,93		326,83	310,49	102,05			443,772
04 - SEZIONE DI UPGRADING														
	Upgrading	200	95%	0,95	221,61	100,0%	221,61	80%	177,29	168,42	55,36	24	350	1.414,737
	Compressione Biometano	37	95%	0,95	41,00	100,0%	41,00	80%	32,80	31,16	10,24	24	350	261,726
	Utenze generiche	50	95%	0,95	55,40	100,0%	55,40	60%	33,24	31,58	10,38	24	350	265,263
	SUB-TOTALE	287,00			318,01		318,01		243,32	231,16	75,98			1.941,726
05 - SEZIONE DI TRATTAMENTO REFLUI														
	Reattore biologico	176	90%	0,90	217,28	80,0%	173,83	70%	152,10	136,89	66,30	24	365	1.199,147
	Ultrafiltrazione	58	95%	0,95	64,27	100,0%	64,27	50%	32,13	30,53	10,03	24	365	267,411
	Osmosi Inversa	40	95%	0,95	44,32	100,0%	44,32	75%	33,24	31,58	10,38	24	365	276,632
	Evaporatore	9,9	95%	0,95	10,97	100,0%	10,97	90%	9,87	9,38	3,08	24	365	82,160
	Caldaia	6	90%	0,95	7,02	90,0%	6,32	60%	4,21	4,00	1,31	24	365	35,040
	SUB-TOTALE	289,90			343,86		299,70		231,56	212,37	91,11			1.860,388
06 - GENERALI DI IMPIANTO														
	Illuminazione - antincendio - Altre utenze	200	90%	0,95	233,92	100,0%	233,92	40%	93,57	88,89	29,22	8	310	220,444
	Trattamento prima pioggia	5,5	85%	0,95	6,81	100,0%	6,81	40%	2,72	2,59	0,85	6	200	3,106
	Uffici/servizi	30	90%	0,95	35,09	100,0%	35,09	45%	15,79	15,00	4,93	6	320	28,800
	SUB-TOTALE	235,50			275,82		275,82		112,08	106,48	35,00			252,350
TOTALE														7.674.573



ALLEGATO N° 2. TABULATO DI DETTAGLIO CONSUMI TERMICI DELL'IMPIANTO



STIMA DEI CONSUMI TERMICI DELLA SEZIONE DI DIGESTIONE ANAEROBICA

Il calore richiesto è quello necessario per mantenere i digestori a temperatura costante. Di seguito sono riepilogati i dati adoperati per il calcolo del fabbisogno termico massimo.

<i>Parametro</i>	<i>Valore</i>
<i>Temperatura di design dei digestori</i>	40°C
<i>Temperatura esterna (come dettagliato di seguito)</i>	3÷20°C
<i>Temperatura del suolo (come dettagliato di seguito)</i>	10÷25°C
<i>Flusso in ingresso nel digestore</i>	354 t/giorno
<i>Copertura</i>	Doppia membrana
<i>Isolamento del serbatoio</i>	100 mm
<i>Spessore della parete del serbatoio</i>	0,06 m
<i>Calore massimo richiesto</i>	350 kWt
<i>Fabbisogno termico netto medio</i>	255 kWt
<i>Anelli di riscaldamento vasca di idrolisi</i>	1
<i>Anelli di riscaldamento digestore primario</i>	5
<i>Anelli di riscaldamento digestore secondario</i>	3

Di seguito si dettaglia la stima elaborata per ricavare il fabbisogno termico della sezione di digestione anaerobica.

TEMPERATURE ASSUMPTIONS													
These assumption must be verified and approved by Client													
		January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Air temperature	°C	3,9	3,6	5,9	9,2	13,4	17,7	20,3	20,5	16,8	13,2	9,3	5,4
Ground temperature	°C	12,0	11,0	12,0	14,0	16,0	19,0	22,0	23,0	22,0	19,0	16,0	13,0
Feedstock Input - Solids	°C	9,0	11,5	13,0	14,5	16,0	17,5	17,5	16,0	14,5	13,0	11,5	9,0
Feedstock Input - Liquids	°C	9,0	11,5	13,0	14,5	16,0	17,5	17,5	16,0	14,5	13,0	11,5	9,0

HEAT REQUIREMENT														
Average power required to be supplied every hour continuously 24h/day to maintain the digester temperature at the design temperature.														
	T design		January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
Hydrolysis tank 1	30-40	kWh	21	17	11	5	0	0	0	4	10	16	24	25
Hydrolysis tank 2	30-40	kWh	21	17	11	5	0	0	0	4	10	16	24	25
Primary digester 1	40	kWh	184	180	175	168	161	157	157	162	168	174	181	184
Post digester 1	40	kWh	74	70	65	59	52	47	47	53	59	65	71	74
Total		kWh/h	300	284	262	237	213	204	204	224	247	272	300	308

In sintesi, quindi, il fabbisogno totale annuo della sezione di digestione anaerobica, nell'ipotesi di dover fornire calore a tutte le unità di impianto contemporaneamente (due serbatoi di idrolisi, digestore primario e post-digestore) risulta il seguente:



Mese	Energia	Utilizzo		Fabbisogno energetico	
	kWh	h/g	g/mese	kWh/mese	kWh/anno
Gennaio	300	24	31	223.200	
Febbraio	284	24	28	190.848	
Marzo	262	24	31	194.928	
Aprile	237	24	30	170.640	
Maggio	213	24	31	158.472	
Giugno	204	24	30	146.880	
Luglio	204	24	31	151.776	
Agosto	224	24	31	166.656	
Settembre	247	24	30	177.840	
Ottobre	272	24	31	202.368	
Novembre	300	24	30	216.000	
Dicembre	308	24	31	229.152	
TOTALE					2.228.760,00

Dalla suddetta tabella è dunque possibile evincere che il fabbisogno termico maggiore, durante il periodo invernale, si aggira tra 300 e 310 kWt; data l'estrema importanza della necessità di mantenimento delle condizioni di processo per massimizzare la produzione di biogas, in via cautelativa, si considera un incremento del 20% della potenza termica necessaria, ottenendo un fabbisogno massimo di 372 kWt.



STIMA DEI CONSUMI TERMICI DELLA SEZIONE DI DEPURAZIONE DEL DIGESTATO

Il calore richiesto è quello necessario prevalentemente per mantenere la temperatura ottimale di esercizio all'interno della sezione biologica, per le operazioni di pulizia CIP delle membrane di ultrafiltrazione e di osmosi inversa e per il corretto funzionamento dell'evaporatore del concentrato dell'osmosi inversa.

In dettaglio, si prevede l'utilizzo di calore per:

- La fase di avviamento del reattore biologico MBR, al fine di mantenere condizioni di temperatura maggiormente favorevoli allo sviluppo delle reazioni biologiche; tale fabbisogno viene meno in fase di normale esercizio, in quanto le reazioni, essendo di tipo esotermico, consentiranno il corretto sviluppo del processo senza apporti di calore dall'esterno;
- Le attività di pulizia CIP delle membrane di ultrafiltrazione e di osmosi inversa avranno sia una breve durata nel tempo (circa 30 minuti) che una frequenza non periodica, funzione del reale grado di intasamento delle membrane, della tipologia di reflujo e delle condizioni gestionali generali dell'impianto;
- La fase di evaporazione del concentrato dell'osmosi inversa necessita di una quantità massima di calore pari a 350 kW, per la produzione massima di distillato di 1,5 m³/ora; tale fabbisogno energetico, quindi, può essere modulato, sulla base delle reali contemporaneità di utilizzo dell'intera sezione di depurazione del digestato, da un minimo di 190 kWt (con una produzione di distillato nelle 24 ore giornaliere) ad un massimo di 350 kWt (con una produzione di distillato per 13 ore al giorno).

Sulla base delle potenze termiche individuate, si riepilogano di seguito i fabbisogni massimi di energia termica richiesti dalla sezione di depurazione del digestato, ipotizzando un coefficiente di contemporaneità del 100%.

ITEM	POTENZA ASSORBITA	FUNZIONAMENTO		ENERGIA RICHIESTA	
	kWt	h/g	g/anno	kWt/g	MWt/anno
Bioreattore	150	24	300	3.600	1.080
Ultrafiltrazione	140	0,012	300	1,7	504
Osmosi Inversa	140	0,012	300	1,7	504
Evaporatore	350	24	300	8.400	2.520
TOTALE	780			12.003,4	3.601

Infine, in considerazione della non contemporaneità di tutti i carichi termici dell'impianto di depurazione (circa il 65%), è possibile prevedere un fabbisogno termico totale di circa 507 kWt.



STIMA DEI CONSUMI MASSIMI DI METANO PER LE CALDAIE

ID	Potenza Nominale (kW)	Effic.	Consumo combustibile KW	PCI kWh/Nmc	Portata Nm³/h	Ore equivalenti h/anno	Energia T. KWht/anno	Consumo Sm³/anno
Caldaia E10 Sez. AD	405,00	0,88	460,2	9,5	48,44	6.500,0	2.632.500	214.892
Caldaia E11 Sez. Dep.	511,00	0,88	580,7	9,5	61,12	7.200,0	3.679.200	440.096
Totale consumo metano							6.311.700	754.988