REGIONE CAMPANIA

Il Commissario Straordinario
Art.1, comma 2 L.1/2011 e Decreto del Presidente della Giunta Regionale Campania
n. 207 del 07.10.2011

AFFIDAMENTO IN CONCESSIONE DEL SERVIZIO DI REALIZZAZIONE E GESTIONE DI UN IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA PRESSO LO STIR DI SANTA MARIA CAPUA VETERE (CE)

PROGETTO PRELIMINARE

Elaborato N.:	Titolo:
R. 3	STUDIO DI PREFATTIBILITA' AMBIENTALE

	Rev.	Data	Prodotto	Controllato	Approvato

PROGETTO
Prof. Ing. Maria Laura Mastellone (impianto)
Gisec S.p.a.
Ing. Augusto Zippo (impianto)

COMPETENZE SPECIALISTICHE

Prof. Arch. Gianluca Cioffi (architettura)
Arch. Gilda Emanuele (architettura)
Dott. Maurizio Santise (profili giuridico amministrativi)
Dott. Lucio Zaccariello (impianto)

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO
Prof. Carmine Gambardella

IL R.U.P.
Ing. Maurizio Campopiano

Sommario

1. Premessa 3

2. Inquadramento dell'opera 4

2.1. Vantaggi della realizzazione dell'opera 8

2.2. Scelta del sito per la realizzazione dell'impianto di digestione anaerobica 11

3. Prevedibili effetti sulle componenti ambientali e sulla salute dei cittadini 12

3.1. Esito degli accertamenti in ordine agli eventuali vincoli 12

3.2. Studio preliminare di inserimento urbanistico e vincoli 13

3.2.1. Archeologia 15

3.2.2. Architettura e funzionalità dell'intervento 17

3.2.3. Strutture e opere d'arte 18

3.3. Il rischio esterno ed interno all'impianto 18

3.4. L'impatto locale 23

3.4.1. Polveri 23

3.4.2. Emissioni odorose 24

3.4.3. Scenari incidentali: rischio interno 28

3.4.4. Rumore 34

3.4.5. Trattamento reflui liquidi 35

3.5. L'impatto globale 37

1. PREMESSA

Il presente studio di fattibilità ambientale viene redatto in conformità all'art. 21del D.P.R. 21 dicembre 1999, n. 554, Regolamento di attuazione della Legge Quadro in materia di lavori pubblici.

Lo studio di prefattibilità in oggetto si realizza quindi attraverso un'analisi dell'ambiente potenzialmente interessato dalle opere e delle trasformazioni che saranno generate dalle azioni necessarie alla realizzazione dell'intervento. Tali analisi hanno il fine di identificare gli effetti sulle componenti ambientali e le eventuali misure di mitigazione necessarie.

In particolare, lo studio si focalizza sugli aspetti legati alla coerenza con il quadro programmatorio e a quelli relativi agli impatti sulla salute pubblica e all'ambiente che scaturiscono dalla realizzazione dell'opera.

2. INQUADRAMENTO DELL'OPERA

Gli impianti che in Regione Campania ricevono e trattano il rifiuto urbano indifferenziato sono stati definiti STIR a valle del loro "declassamento" da "impianti per la produzione di CdR e frazione organica stabilizzata" a "impianti di tritovagliatura"; essi hanno come obiettivo finale quello di preparare un materiale secco tritovagliato idoneo alla combustione e inertizzare la frazione umida tramite un processo biologico aerobico: sono quindi definibili teoricamente come MBT ovvero impianti per il trattamento meccanico-biologico dei rifiuti (Mechanical-Biological Treatment).

L'impianto STIR di Santa Maria Capua Vetere tratta attualmente il rifiuto urbano residuale alla raccolta differenziata[1] prodotto dalla provincia di Caserta producendo due flussi: a) un tritovagliato da mandare a termovalorizzazione (presso l'impianto di Acerra) e b) una frazione prevalentemente umida da avviare in situ a stabilizzazione biologica aerobica per ottenere una FOS indirizzata poi in discarica. L'invio a discarica della frazione umida tal quale è vietata dalla normativa europea ed italiana per cui è obbligatorio procedere ad una preventiva stabilizzazione che renda inerte tale rifiuto. La stabilizzazione o inertizzazione consiste nel mineralizzare il carbonio organico e rendere così impossibile le complesse reazioni biochimiche che portano alla produzione del biogas ed arricchiscono di sostanze organiche il percolato prodotto in discarica.

I processi utilizzati per stabilizzare la frazione organica putrescibile sono principalmente di natura biologica poiché l'elevato contenuto di acqua rende economicamente poco conveniente i trattamenti termici. E' però giusto sottolineare che i processi di stabilizzazione biologica non avvengono con efficienza elevata quando il substrato organico da metabolizzare è inquinato da metalli, pesticidi, farmaci, ecc. come quello che viene prodotto in uno stabilimento di tritovagliatura come lo STIR. Inoltre, il prodotto stabilizzato non ha destino diverso dalla discarica proprio perché inquinato in partenza e non utilizzabile in altri modi. Ciò comporta l'assoluta necessità di rimuovere la maggior parte della frazione

[1] Si definisce rifiuto residuale o restwaste (crasi tra residual + waste) la frazione di rifiuto che non viene separata alla fonte tramite la differenziazione domestica. Esso possiede una bassa frazione di sostanza organica putrescibile e di materiali riciclabili se la raccolta differenziata viene effettuata correttamente ed è quindi avviabile, eventualmente dopo un trattamento meccanico teso ad aumentarne il potere calorifico, a termodistruzione.

organica dal rifiuto prima che esso venga avviato allo STIR. Nel raggiungere questo obiettivo la raccolta differenziata gioca un ruolo fondamentale nell'intercettazione della frazione organica putrescibile dalla frazione indifferenziata denominata sin d'ora restwaste.

Considerando che la raccolta differenziata ha raggiunto una media del 30% in Provincia di Caserta già nell'anno 2010 e che ci si era prefissi l'obiettivo minimo del 50% sia come obiettivo del Piano di Gestione dei Rifiuti della provincia di Caserta che del Piano Industriale della Società Provinciale GISEC, diventa necessaria ed improrogabile la realizzazione di un'infrastruttura impiantistica (anche composta da una rete di impianti di medie dimensioni) tale da trattare in modo sostenibile la totalità della frazione organica separata alla fonte tramite la raccolta differenziata lasciando che l'attuale STIR venga utilizzato per selezionare il rifiuto residuale alla raccolta differenziata stessa.

L'intercettazione della frazione organica putrescibile (FORSU) tramite differenziazione alla fonte può essere misurata tramite un indicatore di performance, il coefficiente di intercettazione I, definito come:

$$\frac{Ammontare\ della\ frazione\ organica\ raccolta\ in\ modo\ differenziato}{Stima\ della\ frazione\ organica\ prodotta}$$

Una raccolta differenziata efficiente, pianificata correttamente e sostenuta da una corretta comunicazione e da forme di incentivazione consente di arrivare a coefficienti di intercettazioni vicini al 90%.

L'introduzione del coefficiente di intercettazione come parametro di *performance* della raccolta differenziata consente di stimare con ottima approssimazione il massimo ammontare del rifiuto organico che può effettivamente essere raccolto in modo differenziato e, per contro, il valore residuale al di sotto del quale non è realistico poter scendere nel *restwaste*.

Per giungere quindi alla realizzazione del sistema integrato previsto dal PGRS della provincia di Caserta occorre essenzialmente realizzare i seguenti punti:

1. Implementazione della raccolta differenziata progettata in modo da spingere la separazione a monte dell'umido dal rifiuto residuale e da quello riciclabile garantendo al contempo il conferimento differenziato dei rifiuti potenzialmente pericolosi;

2. Costruzione di impianti di digestione anaerobica e/o compostaggio in grado di trattare la FORSU da raccolta differenziata;
3. Revamping dello STIR per recuperare frazioni riciclabili;
4. Costruzione di un impianto termico per il rifiuto secco organico non riciclabile.

La realizzazione dell'infrastruttura impiantistica e gli effetti sulla *governance* dei Comuni aumenterà la sostenibilità economica ed ambientale dell'intero ciclo di gestione dei rifiuti con conseguenti riduzioni della tariffa di smaltimento dei rifiuti (quota rilevante all'interno della TARSU/TIA/RES) e dell'impatto ambientale complessivo.

L'impatto ambientale verrà ridotto sia perché lo STIR non riceverà più un rifiuto ad alto contenuto di organico putrescibile, fonte di emissioni maleodoranti, ma anche perché il trattamento anaerobico della frazione organica consente di recuperare energia termica ed elettrica da fonte totalmente rinnovabile (quindi a emissione negativa di CO_2) e materia prima seconda stabile ed inerte.

I comuni non saranno più costretti ad affidarsi a costose intermediazioni con piattaforme di stoccaggio intermedio che portano poi il rifiuto in impianti fuori regione e sarà progressivamente azzerata la presenza di siti di stoccaggio preliminare che spesso arrecano danni e fastidi alla popolazione a causa di emissioni maleodoranti dovute allo stoccaggio prolungato e realizzato in strutture non idonee. Ad oggi la presenza di tali strutture è necessaria proprio perché mancano gli impianti di trattamento della frazione organica ma tale necessità cesserà nel momento in cui i Comuni potranno conferire direttamente a costi inferiori a quelli proposti dalle piattaforme di stoccaggio intermedio.

La Figura 1 propone un confronto tra la situazione attuale e quella che si verificherà a valle della realizzazione dell'opera.

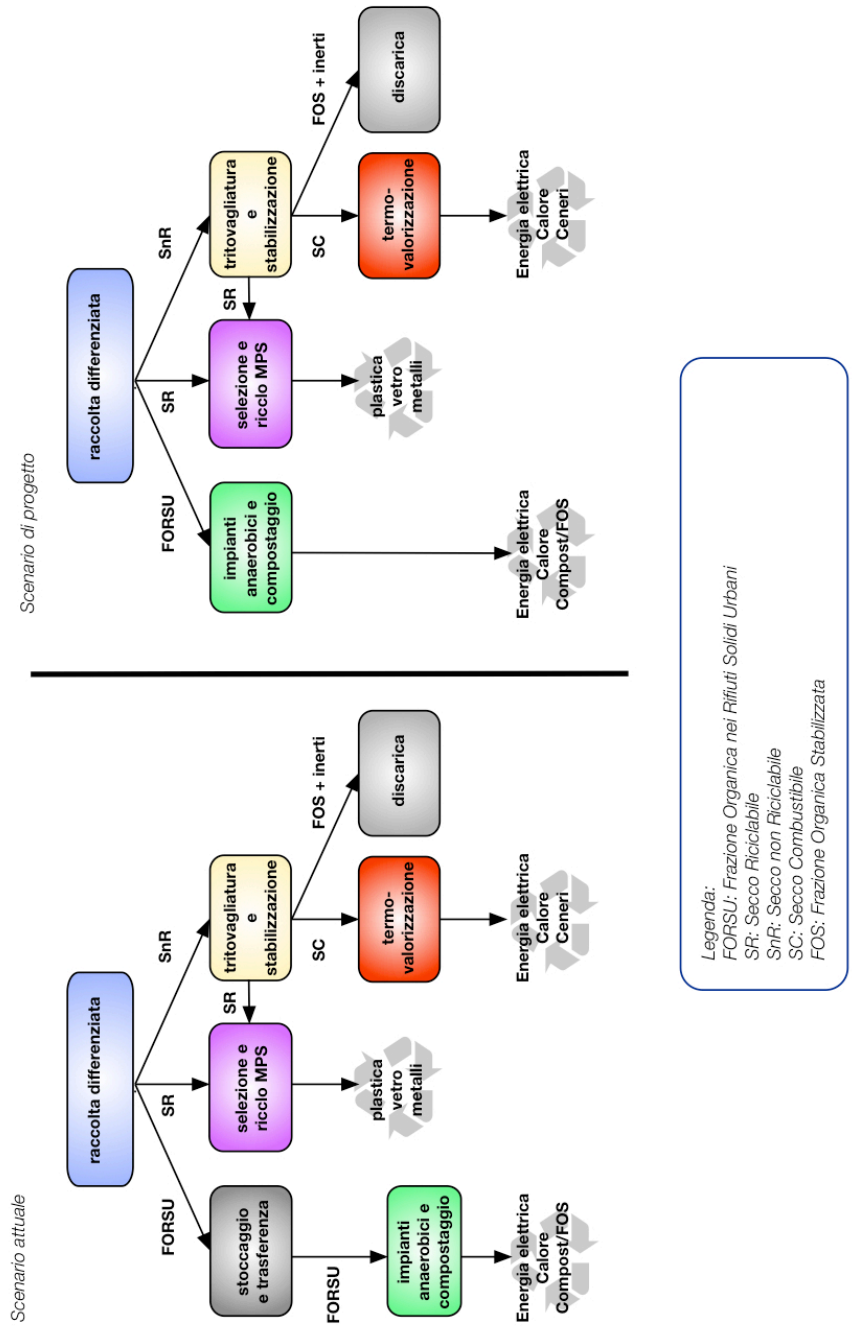

FIGURA 1. MODIFICA DELLA GESTIONE DELLA FRAZIONE ORGANICA A VALLE DELLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

2.1. VANTAGGI DELLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

La principale criticità della gestione attuale è che anche il raggiungimento di elevate frazioni di raccolta differenziata non garantisce la corretta e sostenibile gestione dei rifiuti poiché la raccolta spinta della frazione organica putrescibile (FORSU) porta ad un incremento del costo di gestione dei rifiuti visto che al costo di trattamento va ad aggiungersi trasporto ed intermediazione, stoccaggio e trasferenza ed ad una intrinseca debolezza del sistema a causa dell'assenza di potenzialità di trattamento biologico in regione Campania e, in particolare, in provincia di Caserta.

Il vantaggio dell'opera da realizzarsi in provincia di Caserta ha l'obiettivo di cambiare l'attuale gestione dei rifiuti caratterizzata da insostenibilità economica e ambientale in un sistema ottimale facendo in modo che ogni frazione merceologica raccolta venga valorizzata il più possibile seguendo un iter che consenta di riciclare e recuperare il massimo e smaltire il minimo (Figura 2) nell'ambito di costi accettabili e di un impatto ambientale sostenibile.

La frazione organica raccolta dai Comuni verrà quindi trasformata in un impianto localizzato in prossimità dei luoghi di produzione, così come prevede la normativa (D.Lgs 152/06 s.m.i.), garantendo tariffe più basse e maggiore solidità al sistema visto che oggi i Comuni sono costretti a portare la frazione umida presso impianti molto lontani o, più frequentemente, presso piattaforme di stoccaggio intermedio spesso non idonee. La presenza di questi siti di stoccaggio intermedio crea non pochi problemi alle popolazioni che vivono nelle vicinanze poiché non essendo spesso fornite di capannoni con chiusure ermetiche, aspirazione continua, sistemi di rimozione degli odori, ecc. creano disagi e fanno aumentare la già elevatissima diffidenza delle persone verso tutto ciò che riguarda il trattamento dei rifiuti.

Un impianto che sia invece correttamente progettato e gestito non arreca danni o fastidi alla popolazione poiché le strutture e gli impianti ausiliari appositamente progettati non consentono emissioni in ambiente.

Il digestore anaerobico non solo non emette odori, bioaerosols o composti chimici nocivi ma produce energia elettrica e calore. La produzione di calore come energia secondaria ottenuta dalla co-generazione consente, ad esempio, di fornire calore (e frigorie) a insediamenti posti nelle vicinanze. Ad esempio la vici-

nanza del carcere al sito dove sorgerà l'impianto di digestione anaerobica suggerisce l'opportunità di realizzare una rete di teleriscaldamento che possa utilizzare il calore generato dall'impianto in sostituzione di quello prodotto a partire dal gasolio o del metano. Questa possibilità rende ulteriormente utile l'installazione dell'impianto sia perché diminuisce i costi pubblici collegati al riscaldamento e al condizionamento estivo dell'insediamento, sia perché riduce l'impatto ambientale derivante dall'utilizzo di fonti fossili per la produzione di energia termica.

La frazione solida prodotta dalla digestione anaerobica del rifiuto organico è una frazione stabile ed inerte che non arreca alcun danno se smaltita o utilizzata come materiale per la ricomposizione ambientale. Il suo utilizzo in campo agronomico come compost o ammendante è possibile solo se la qualità della FORSU di partenza lo consente. In questo caso è opportuno procedere ad un trattamento ulteriore di raffinazione del prodotto ottenuto dalla fase di compostaggio che, a sua volta, segue la digestione anaerobica.

I vantaggi dell'opera sono quindi riassumibili dai seguenti punti:

a) *Possibilità per i Comuni di conferire ad un impianto più vicino e senza intermediazioni*
b) *Riduzione della tariffa di trattamento*
c) *Diminuzione del numero dei siti di stoccaggio intermedio con conseguente riduzione dei fastidi causati da essi*
d) *Recupero di energia elettrica e termica da fonte rinnovabile*
e) *Recupero di calore da utilizzare sia nel polo industriale che nelle vicinanze (teleriscaldamento, riscaldamento serre, …)*
f) *Recupero di un substrato stabile che può essere utilizzata nelle attività agricole come ammendante o nelle operazioni di bonifica.*

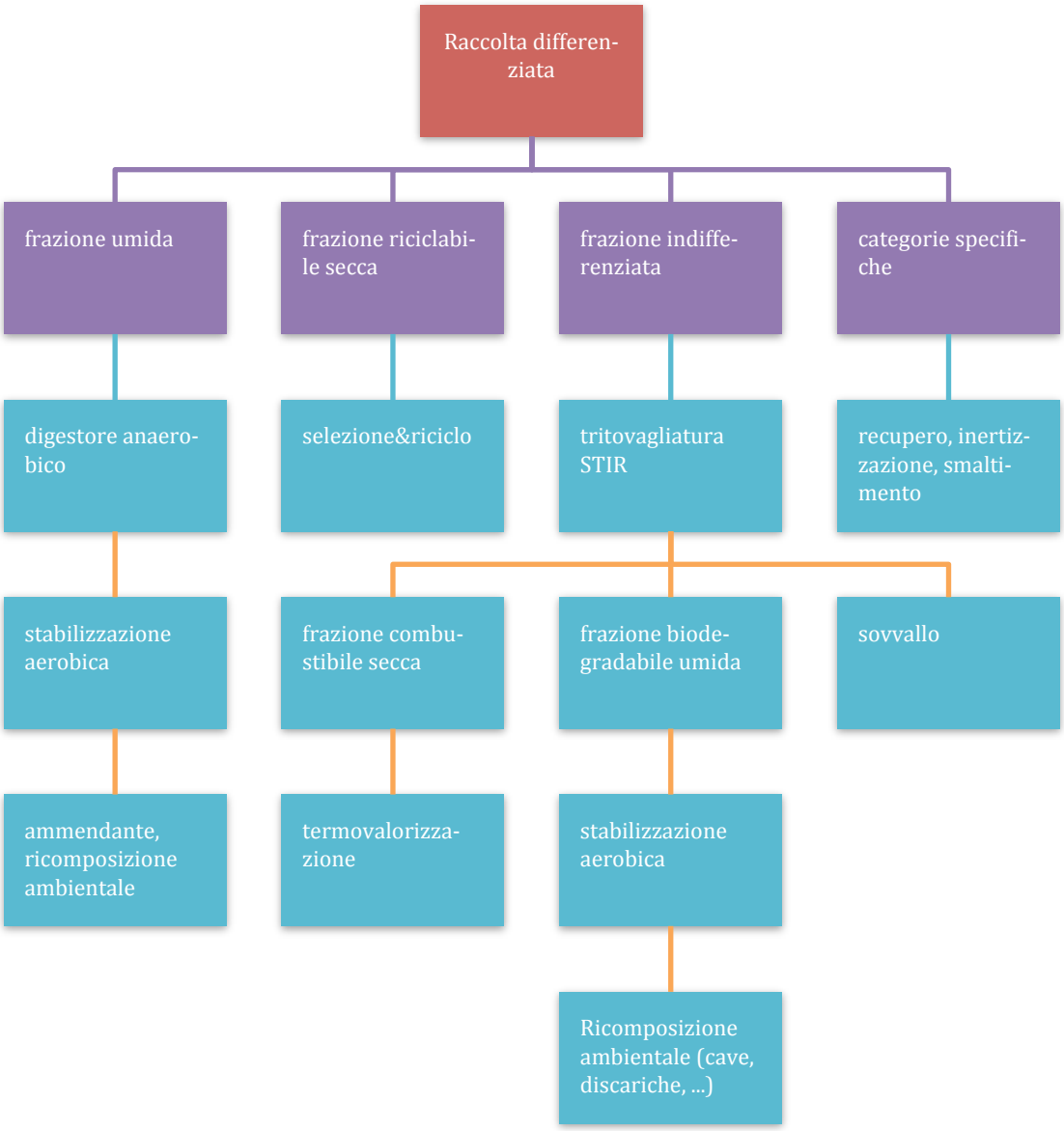

FIGURA 2. DESTINO DELLE FRAZIONI MERCEOLOGICHE COMPONENTI IL RIFIUTO URBANO A VALLE DELLA REALIZZAZIONE DEL PROGRAMMA DEL PGRSU DELLA PROVINCIA DI CASERTA.

2.2. SCELTA DEL SITO PER LA REALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA

Con riferimento alla specificità della Regione Campania, regione dove vi è forte carenza strutturale per quanto riguarda la rete degli impianti necessari alla corretta gestione dei rifiuti, è indispensabile richiamare la Legge 1/2011 che istituisce la figura dei Commissari Straordinari per espletare le gare per la costruzione e la gestione di digestori anaerobici per il trattamento della frazione organica da localizzarsi presso gli STIR (Stabilimenti di Tritovagliatura e stabilizzazione) della Regione Campania.

Con riferimento al caso specifico del progetto lo STIR è quello localizzato in Santa Maria Capua Vetere e l'area prevista per la costruzione del digestore anarobico è ad esso limitrofa non essendovi, all'interno dei confini dello STIR, lo spazio necessario. Tale eventualità è espressamente prevista dalla Legge 1/2011. La localizzazione dell'impianto è stata quindi imposta dalla Legge su detta con l'unica eccezione, concessa dalla Regione Campania, di utilizzare aree limitrofe allo stabilimento STIR anziché interne ad esso. Non vi è stata quindi nessuna concreta possibilità di una localizzazione alternativa.

3. PREVEDIBILI EFFETTI SULLE COMPONENTI AMBIENTALI E SULLA SALUTE DEI CITTADINI

3.1. ESITO DEGLI ACCERTAMENTI IN ORDINE AGLI EVENTUALI VINCOLI

L'area di interesse riportata in Catasto al Foglio 9 con le p.lle: 5062-5022-86-5138-5137 e 84 e al Foglio 13 con le p.lle: 5110-5109-9-10-5108-5107-5106 e 5105, come attesta il certificato di destinazione urbanistica redatto dal Comune di Santa Maria Capua Vetere (CE) allegato:

- non ricade in parchi nazionali o regionali e non risulta essere di proprietà dello Stato o di altri Enti Pubblici Territoriali e Demaniali;
- non è sottoposto a vincoli di tutela di interesse artistici, architettonici, paesistici, ambientali, idrogeologici, né a vincoli imposti a tutela di interesse della difesa militare e della sicurezza interna, né vincolato ai sensi della Legge n. 1089 de l 01.06 .1939 e s.m.i.

Per il presente lavoro è stato consultato il Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri Garigliano e Volturno.
Dalla consultazione della Carta del Rischio Frana risulta che l'area in esame non rientra in una zona considerata a rischio (Figura 3).
Mentre per il Rischio alluvione la zona in studio, rispetto al resto del territorio comunale, non risulta cartografata in quanto posta a notevole distanza dall'unica asta fluviale importante ovvero il Fiume Volturno.

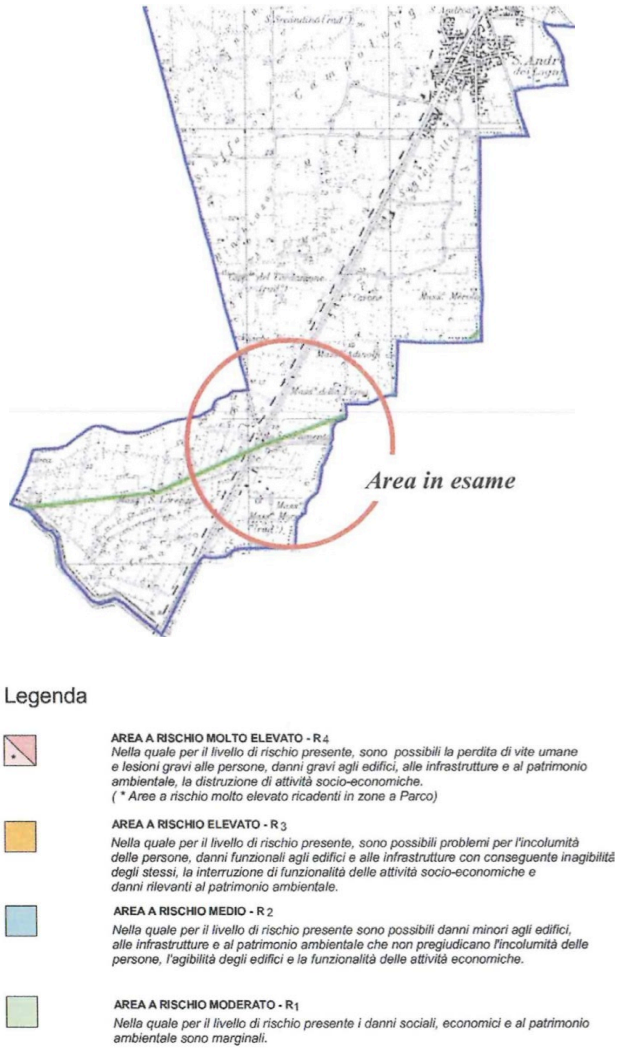

FIGURA 3. STRALCIO CARTA DEL RISCHIO FRANA (FONTE: RELAZIONE GEOLOGICA DEL FEBBRAIO 2013 DELLA GEOLOGA ANNA MARIA PATELLI COMMISSIONATA DALLA GISEC E CONSEGNATA DALL'ING. MAURIZIO CAMPOPIANO).

3.2. STUDIO PRELIMINARE DI INSERIMENTO URBANISTICO E VINCOLI

L'area in oggetto, riportata in Catasto al Foglio 9 con le p.lle: 5061-5062-5022-86-5138-5137 e 84 e al Foglio 13 con le p.lle: 5110-5109-9-10-5108-5107-5106 e 5105, come attesta il certificato di destinazione urbanistica redatto dal Comune di Santa Maria Capua Vetere (CE) allegato:

- risulta essere incluso in Zona <D PIP> "Industriale - Artigianale" del Piano Regolatore Generale approvato con Decreto dell'Assessore Regionale all'Urbanistica della Regione Campania n. 8926 del 22-10-1983 (Figura 4);

- in questa zona ogni intervento è subordinato a preventivo piano di insediamento produttivo (P.I.P.) di cui all'art. 23 della Legge n. 865/71 esteso ad un'area non inferiore a 15mila mq. Con la Convenzione di cessione di cui all'ultimo comma dell'art.28 della Legge n. 865/71, sono stabiliti anche oneri e tariffe a carico del concessionario per servizi generali e gli impianti di servizio che eventualmente il Comune stabilirà di realizzare per la fruizione da parte degli stabilimenti; che ne adotta il piano particolareggiato di che trattasi;
- che per esso non è stato mai completato l'iter di approvazione definitivo e che, pertanto, non risulta esserci alcuna approvazione del Piano P.l.P. di che trattasi;
- non ricade in parchi nazionali o regionali e non risulta essere di proprietà dello Stato o di altri Enti Pubblici Territoriali e Demaniali;
- non è sottoposto a vincoli di tutela di interesse artistici, architettonici, paesistici, ambientali, idrogeologici, né a vincoli imposti a tutela di interesse della difesa militare e della sicurezza interna, né vincolato ai sensi della Legge n. 1089 de l 01.06 .1939 e s.m.i.;

Secondo le Norme Tecniche di Attuazione del P.R.G. in vigore, Capo IV zone produttive Art. 28 – Zone industriali, la zone industriali D-PIP sono riservate ad edifici ed impianti di carattere industriale. Inoltre lo stesso articolo prescrive che gli edifici industriali su lotti di superficie superiore a 10000 mq devono rispettare le seguenti regole:

- rapporto di copertura massimo 0,40;
- distacchi dai confini e dalle strade non inferiori a 10 m;
- le altezze massime 15 m;
- all’interno del lotto dovranno essere realizzati piazzali e parcheggi necessari;
- parcheggi per addetti non dovranno essere inferiori a mq 7,50 per addetto ciò all’infuori degli spazi di cui all’art. 5 del D.M. del 02.04.1968 n. 1444.

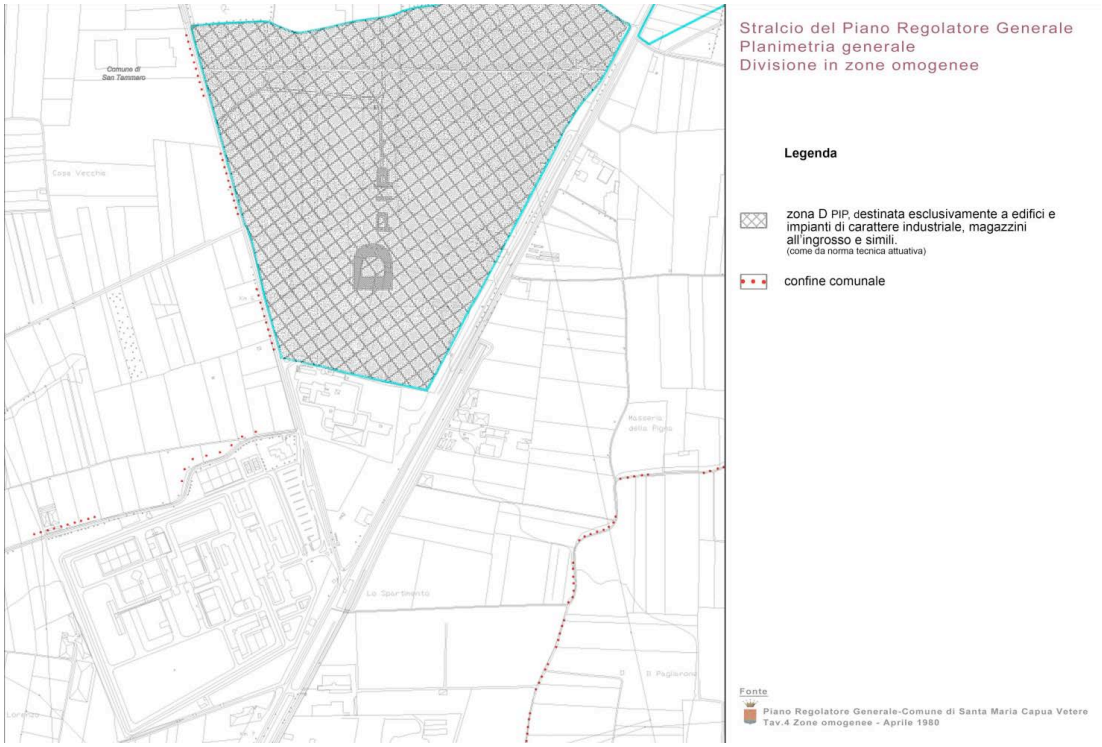

FIGURA 4. STRALCIO DEL PIANO REGOLATORE DEL COMUNE DI SANTA MARIA CAPUA VETERE (CE).

3.2.1. ARCHEOLOGIA

L'area di interesse riportata in Catasto al Foglio 9 con le p.lle: 5062-5022-86-5138-5137 e 84 e al Foglio 13 con le p.lle: 5110-5109-9-10-5108-5107-5106 e 5105, come attesta il certificato di destinazione urbanistica redatto dal Comune di Santa Maria Capua Vetere (CE) allegato:

non ricade in parchi nazionali o regionali e non risulta essere di proprietà dello Stato o di altri Enti Pubblici Territoriali e Demaniali;

non è sottoposto a vincoli di tutela di interesse artistici, architettonici, paesistici, ambientali, idrogeologici, né a vincoli imposti a tutela di interesse della difesa militare e della sicurezza interna, né vincolato ai sensi della Legge n. 1089 de l 01.06 .1939 e s.m.i.

Inoltre come si evince dal PTCP della Provincia di Caserta non rientra nell'area di interesse storico-archeologico e architettonico (Figure 5 e 6).

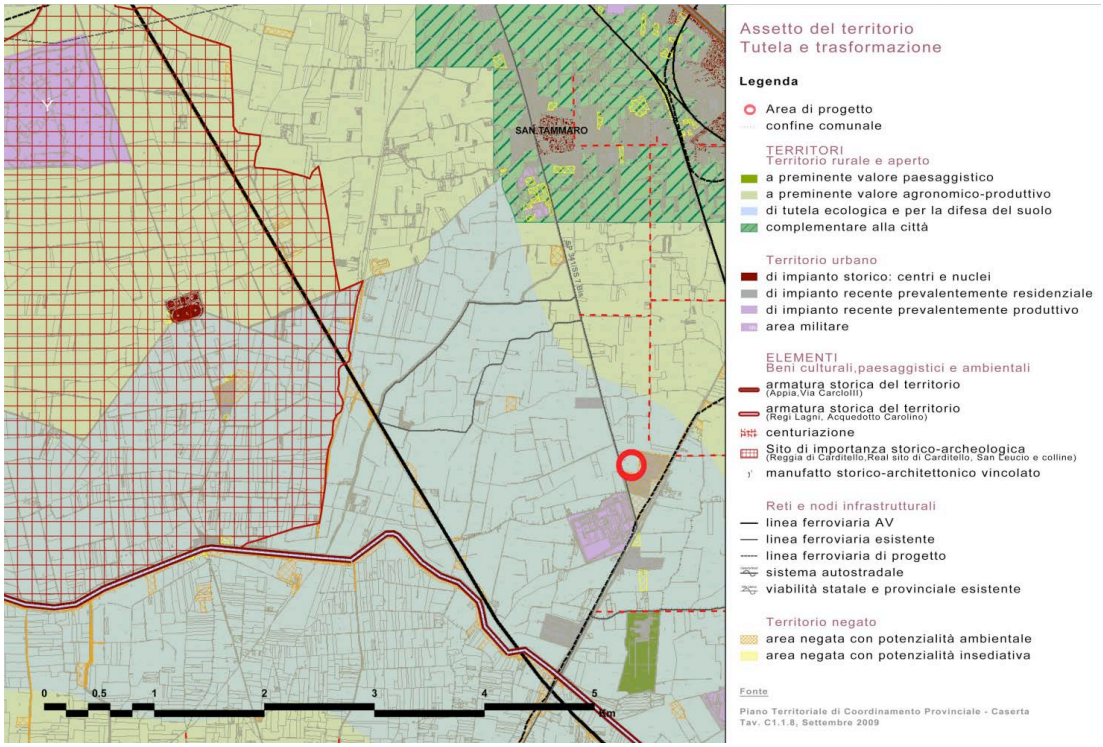

FIGURA 5. PTCP DELLA PROVINCIA DI CASERTA "ASSETTO DEL TERRITORIO, TUTELA E TRASFORMAZIONE".

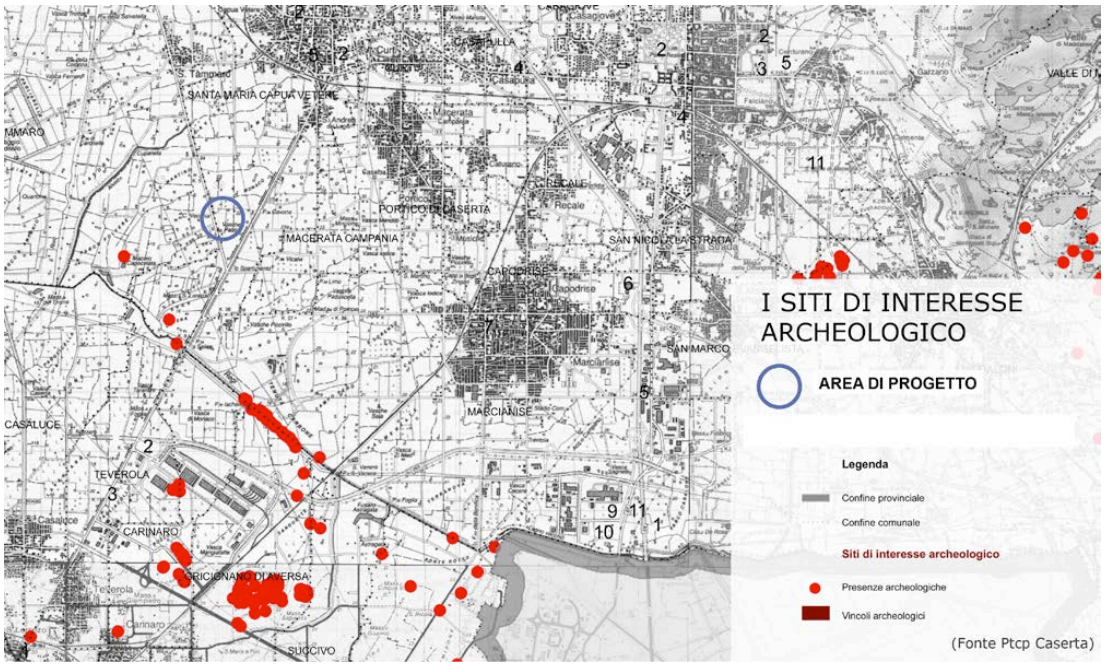

FIGURA 6. PTCP DELLA PROVINCIA DI CASERTA.

3.2.2. ARCHITETTURA E FUNZIONALITÀ DELL'INTERVENTO

L'impianto di Digestione Anaerobica è stato ipotizzato su un'area di circa 20.000 mq secondo la successione dei vari comparti secondo le seguenti fasi processuali:

- INGRESSO;
- APPARATO DI PESATURA;
- SOSTA AUTOMEZZI;
- RICEZIONE;
- PRETRATTAMENTO E SELEZIONE;
- DIGESTIONE ANAEROBICA;
- STABILIZZAZIONE E MATURAZIONE;
- STOCCAGGIO;
- LAVORAZIONE FINALE DEL COMPOST.

La struttura di copertura dei corpi funzionali costituenti l'impianto, è studiata in maniera tale da garantire un'ottimale distribuzione delle acque meteoriche e allo stesso tempo per congiungere tutti i punti altimetrici dei corpi mediante una geometrizzazione delle falde di copertura; dopo aver collegato i vari punti altimetrici raggiunge la quota di terra senza alcuna soluzione di continuità garantendo pulizia formale e tecnica del progetto di inviluppo strutturale. Le pareti, quindi, non si percepiscono come tali e cioè come elementi di unione e di distacco tra copertura e suolo ma bensì come elementi in continuità tra copertura e suolo.

Questo tipo di copertura favorisce la crescita di vegetazione rampicante in modo tale da creare uno spalto di verde verticale che prospetticamente possa mediare e allo stesso tempo allietare la percezione visiva rievocando la tradizione dell'addomesticamento della natura come avveniva con l'architettura di verzura; al di sotto, nelle aree dove è richiesto l'isolamento termico, sono previsti pannelli coibentati a chiusura del tetto e in alcune zone di lavorazione all'aperto la rete microforata garantisce un'efficace schermatura al sole, permettendo al vento nei mesi estivi una condizione ambientale tale da creare zone di ombra per garantire il raffrescamento.

3.2.3. STRUTTURE E OPERE D'ARTE

La struttura portante dell'intero impianto è costituita da una maglia reticolare in acciaio poggiata su pilastri anch'essi in acciaio.
La scelta della struttura in acciaio è stata adottata per la velocità di montaggio e assemblaggio con tecnica a secco e per l'eventuale possibilità di facile ampliamento.

I piazzali si caratterizzeranno con pavimentazione in conglomerato bituminoso, con tre strati di asfalto (di base, "binder" e di usura) e con un sub-strato adeguato a sopportare carichi pesanti con una pendenza finale del 5% per garantire lo sgombro di acque reflue e la formazione di ristagni liquidi.

Per garantire l'isolamento termico e acustico e quindi per garantire condizioni soddisfacenti di lavoro all'interno dell'impianto sono stati scelti pannelli coibentati portanti alluminio preverniciato colorati alternati secondo un disegno cromatico studiato secondo moderne tecniche di light design.

3.3. IL RISCHIO ESTERNO ED INTERNO ALL'IMPIANTO

La valutazione dell'impatto ambientale di un sistema di digestione anaerobica va effettuata con riferimento alla localizzazione prescelta e alle eventuali interazioni con altre realtà ad essa limitrofe sia per la sinergia degli impatti sia per l'insorgenza di rischi connessi alla presenza contemporanea dell'impianto e di recettori sensibili.

La valutazione degli impatti sull'ambiente, intendendo con esso tutte le sue componenti: flora, fauna, comparti ambientali, infrastrutture antropiche oltre che l'essere umano, può essere condotta con riferimento alle materie trattate o prodotte, desiderate o indesiderate, dall'impianto includendo anche tutto ciò che non è attinente in modo diretto alle attività del medesimo ma che sono intrinsecamente collegate ad esso come, ad esempio, il traffico veicolare.

Determinati gli impatti, detti anche sorgenti di rischio, nel caso di componenti connotate da intrinseca pericolosità, è necessario procedere all'analisi del rischio ovvero alla determinazione della probabilità che un certo danno (ad esempio l'insorgenza della morte o di un cancro piuttosto che l'alterazione irreversibile dell'ecosistema) si verifica a causa dell'esposizione ad un evento di da-

ta intensità. Generalmente l'indice di rischio è determinato per conseguenze estreme come appunto la morte o l'insorgenza del cancro ma esso può anche essere valutato con riferimento a danni più lievi.

Il rischio di insorgenza di danni all'uomo è data dalla contemporanea presenza di tre fattori (Figura 7):

➡ sorgente di rischio (hazard)

➡ percorsi di migrazione della sorgente di rischio (esposizione)

➡ popolazione - a - rischio (target)

Se manca uno dei tre fattori non vi è un rischio bensì un rischio "potenziale". In altre parole per azzerare l'indice di rischio occorre:

➡ rimuovere la sorgente di rischio

o

➡ rimuovere i percorsi di esposizione

o

➡ rimuovere il target

Come si può vedere dallo schema seguente l'annullamento del rischio, qualsiasi sia la pericolosità intrinseca della sorgente di rischio e indipendentemente dal danno atteso che il target può subire, si può ottenere precludendo l'esposizione della sorgente di rischio (bioaerosols, sostanze odorigene, percolato, ...) al target.

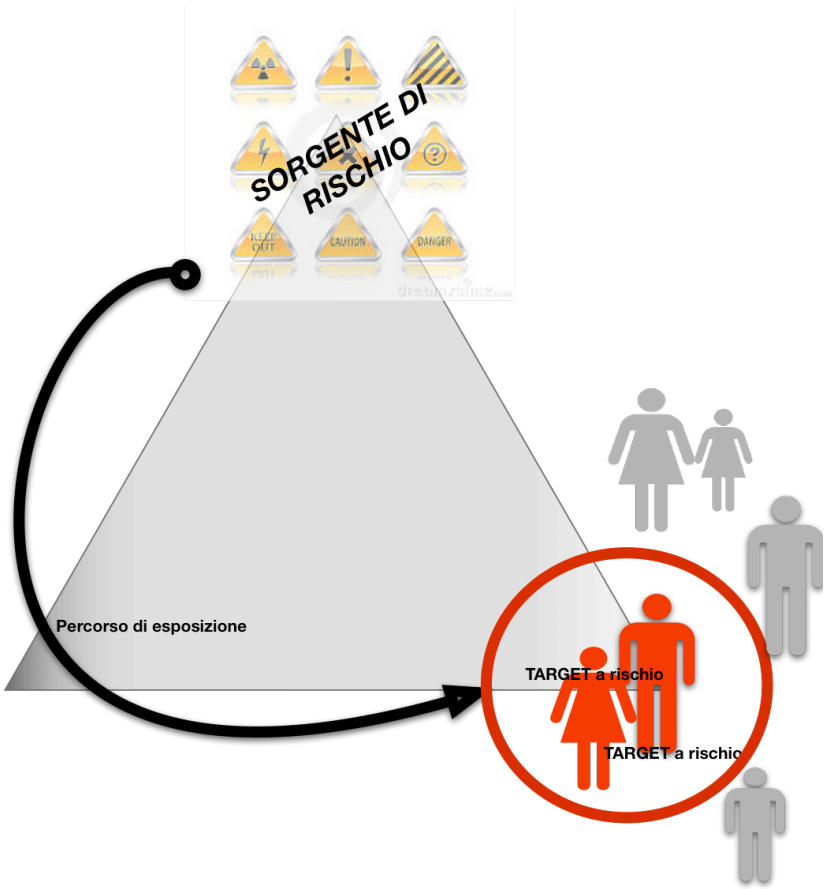

FIGURA 7. IL TRIANGOLO DEL RISCHIO.

Ove ciò non fosse possibile si deve procedere ad una riduzione del danno atteso riducendo l'ammontare rilasciato in ambiente e/o il tempo in cui la sorgente di rischio ed il target permangono in contatto. Infatti il danno sull'uomo e sugli organismi viventi in genere è funzione della dose ovvero della intensità (ad es. la concentrazione) e del tempo di esposizione.

Un'analisi preliminare del rischio va quindi realizzata individuando dapprima le sorgenti di rischio e poi, fissato l'uomo come target, i percorsi di esposizione.

L'impianto di digestione anaerobica e compostaggio è costituito da attività che possono essere riassunti in:

• operazioni meccaniche tese a selezionare il rifiuto rimuovendo materiali non biodegradabili, omogeneizzazione della granulometria e della densità, miscelazione con altro materiale organico vegetale per migliorare la struttura.

• operazioni biologiche, ovvero realizzate da microorganismi anaerobi nel caso della digestione anaerobica, ed aerobi, nel caso del compostaggio, che destrutturano la struttura organica del rifiuto utilizzandolo come substrato per il metabolismo cellulare. Nel caso di processi anaerobici i prodotti di "scarto" del catabolismo cellulare sono costituiti da metano ed anidride carbonica. Nel caso di processo aerobico o compostaggio i prodotti del metabolismo sono essenzialmente acqua ed anidride carbonica. Composti presenti in frazioni minime sono ammoniaca, acido solfidrico e mercaptani, tutti caratterizzati da un errore molto sgradevole.

• operazioni chimiche concernenti la combustione nel biogas con il relativo recupero di energia tecnica e termica. Tale combustione avviene in motori endotermici in tutto simili a quelli utilizzati per la produzione di energia dal metano di origine fossile.

Ognuna di queste operazioni può determinare potenzialmente la generazione di sorgenti di rischio. Esse sono:

• Emissione di particolato dovuto alla movimentazione del rifiuto oltre che di emissioni maleodoranti rilasciate dal rifiuto conferito allo stabilimento.

• Emissione di sostanze maleodoranti quali acido solfidrico, ammoniaca, mercaptani che, pur se presenti in concentrazioni bassissime, hanno una soglia di rilevabilità all'olfatto molto alta e sono emesse da un rifiuto in fase di degradazione biologica (dopo circa 3-5 giorni dalla sua produzione).

• Emissioni di microorganismi (bioaerosols) facilmente trasportabili dal vento che possono causare problemi respiratori e infiammazioni alle mucose, congiuntivite e infezioni gastrointestinali.

• Emissioni di gas a effetto serra quali anidride carbonica e ossidi di azoto. Altri composti ad elevata pericolosità intrinseca (diossine, IPA, acidi) non sono pre-

senti trattandosi di combustione di metano sottoposto tra l'altro a pulizia preventiva.

Per ognuno di questi potenziali sorgenti, il progetto ha adottato soluzioni infrastrutturali e tecnologiche per prevenirne la produzione, ove possibile. Nel caso la produzione sia inevitabile (si pensi ai bioaerosols, la cui produzione è necessaria per realizzare i processi biologici) si è proceduto alla progettazione di sistemi che non consentono l'esposizione a tali sorgenti di rischio da parte della popolazione o degli operatori. In particolare ogni singola scelta del progetto è tesa ad evitare l'immissione di qualsiasi sostanza odorigena o microbica in ambiente; ogni struttura è chiusa e mantenuta in depressione a partire dallo scarico del rifiuto fino all'uscita del compost dallo stabilimento.

I bioaerosols sono captati totalmente grazie all'utilizzo di tecnologie in reattori (celle) chiusi, anche per quanto riguarda il compostaggio. Questa scelta, sebbene più costosa e tecnologicamente più complessa, garantisce la totale assenza di emissioni di microorganismi, in quanto le celle vengono aperte quanto questi ultimi sono in fase di respirazione endogena (morte cellulare).

Anche le emissioni di particolato è di fatto controllata grazie all'aspirazione continua; tutta l'aria che viene aspirata è poi riciclata se possibile nelle biocelle aerobiche e al motore oppure depurata in un impianto apposito in grado di trattare l'aria con metodi molto efficienti.

Tutte le scelte progettuali sono quindi tali da garantire l'assenza di rischio sulla salute al di fuori dei confini dello stabilimento e la limitazione dello stesso anche sulla salute degli operatori dello stabilimento. Per essi infatti il rischio biologico è comunque nullo grazie alla scelta dei reattori chiusi. L'opportuno e necessario utilizzo dei dispositivi di sicurezza individuali garantirà anche dall'esposizione al particolato durante le operazioni meccaniche operate sul rifiuto, per gran parte meccanizzate. Il rispetto dei protocolli interni porterà quindi anche il rischio sulla salute degli operatori a valori accettabili.

3.1. L'IMPATTO LOCALE

3.1.1. POLVERI

Uno dei principali problemi legati all'esercizio di impianti di trattamento rifiuti è legato alla produzione di polveri, le quali possono diffondersi negli ambienti di lavoro originando effetti negativi di natura igienica e, in casi specifici, esplosioni ed incendi. Le polveri vengono prodotte in quasi tutte le fasi di trattamento dei rifiuti, ma principalmente nelle fasi di stoccaggio, pretrattamento e selezione. Per ridurre la generazione di polveri diffuse negli ambienti di lavoro è necessario innanzitutto mantenere in leggera depressione tutti gli edifici chiusi ed inviare l'aria aspirata ad uno specifico trattamento di depolverazione, successivamente seguito da un trattamento di deodorizzazione.

Il dimensionamento della portata di ventilazione complessiva necessaria può essere effettuato ipotizzando di fornire da 3 a 5 ricambi/ora, in relazione all'altezza dell'edificio (5-7 m). Al fine di assicurare una buona affidabilità del sistema di ventilazione è consigliabile l'installazione di 2 o più ventilatori di portate tali da assicurare il fabbisogno integrale, piuttosto che di un unico ventilatore. Per limitare la diffusione delle polveri devono anche essere adottate varie precauzioni durante la gestione dell'impianto ed in particolare nelle operazioni di carico e di scarico. In particolare dovrebbero essere evitate le operazioni di carico a mano, con sacchi o pale, per evitare la formazione di grandi quantità di polvere e la permanenza del lavoratore nella zona più polverosa. Qualora per ragioni tecniche queste operazioni si rendessero necessarie, occorre fornire all'operatore adeguati mezzi personali di protezione. Se il carico è effettuato tramite gru a ponte è necessario che tale apparecchiatura sia provvista di cabina pressurizzata. Più in generale, tutti i sistemi di movimentazione quali nastri trasportatori, coclee, redler, ecc., devono essere carterati e muniti di tramogge di carico e scarico a tenuta di polvere per evitarne la dispersione. Inoltre deve essere assicurata la buona tenuta dei macchinari chiusi e devono essere applicati efficienti impianti di aspirazione localizzata sulle parti di macchinario che dovessero necessariamente rimanere aperte. Il trattamento di depolverazione a cui devono essere inviati i flussi provenienti dagli edifici chiusi e dalle cappe di aspirazione dei macchinari può essere realizzato attraverso l'utilizzo di cicloni,

filtri a maniche o scrubber ad umido. In questo impianto si è considerato l'utilizzo degli scrubber ad umido.

Gli scrubber sono apparecchi che utilizzano acqua per l'abbattimento di polveri ma anche per il trattamento degli odori. L'abbattimento delle particelle solide è realizzato mediante l'iniezione di acqua finemente polverizzata. Le goccioline di acqua, disperse all'interno del flusso gassoso e dotate di un'elevata velocità dovuta all'energia cinetica ad esse impressa, sono in grado di intrappolare le particelle solide per effetto delle ripetute collisioni con queste ultime. La scelta dell'apparecchiatura viene effettuata in funzione della granulometria delle particelle e dal grado di efficienza che si vuole ottenere. In ogni caso per il calcolo deve essere eseguito di volta in volta e non è possibile stabilire a priori i parametri di dimensionamento.

3.1.2. EMISSIONI ODOROSE

Le emissioni odorose prodotte dagli impianti di trattamento di rifiuti urbani costituiscono uno dei fattori di maggior rilievo nella definizione degli impatti sull'ambiente circostante. L'instaurarsi di processi biologici produce un insieme di composti odorosi tra cui molecole sia inorganiche come l'ammoniaca e l'acido solfidrico, sia organiche come gli acidi organici volatili, composti aromatici, mercaptani e alchilsolfuri. Le emissioni odorose vengono prodotte praticamente in tutti i reparti degli impianti di digestione anaerobica.

In particolare le principali fonti di odori sono:

1. sostanze volatili prodotte nel corso dei processi fermentativi durante lo stoccaggio dei rifiuti in attesa del trattamento e durante le fasi di pretrattamento e selezione;
2. sostanze volatili originate dalla sezione di metanizzazione;
3. sostanze volatili originate dal processo di post-stabilizzazione aerobica e maturazione della frazione organica digerita o del fango prodotto dalla digestione anaerobica. Il loro controllo ed abbattimento è stato effettuato attraverso una strategia integrata che prevede:

- una corretta gestione dell'impianto (evitare stoccaggi prolungati, prevenire fenomeni di anaerobiosi nella biomassa, ecc.) e del processo (temperatura, umidità, tempi di residenza, ecc.);
- ambienti completamente chiusi e in depressione, con aspirazione forzata, di tutti i volumi destinati alle fasi di ricevimento, stoccaggio, ripresa e alimentazione al trattamento dei rifiuti;
- un trattamento delle arie esauste provenienti dai sistemi di aspirazione di tutto l'impianto prima dell'immissione in atmosfera.

La depurazione degli effluenti gassosi può essere fatta attraverso:

1. l'adsorbimento su carbone attivo;
2. l'ossidazione termica;
3. l'assorbimento con soluzioni chimiche;
4. i metodi biologici (biolavaggio e biofiltrazione).

I primi due difficilmente vengono impiegati per l'abbattimento di emissioni di origine biologica a causa dei loro costi d'investimento e degli oneri di gestione per cui il progetto prevede il ricorso ad una combinazione degli ultimi due metodi. L'assorbimento con soluzioni chimiche in torri di abbattimento o in scrubber è molto diffuso e si basa sul trasferimento di uno o più composti presenti in fase gassosa in una fase liquida. Il principio di funzionamento è quello di far investire il flusso dell'aria da una corrente di acqua in una sezione detta di lavaggio, costituita normalmente da un letto statico oppure da un letto flottante. Le torri di lavaggio possono essere verticali o orizzontali, a semplice o doppio stadio, con il lavaggio effettuato con acqua in ricircolo oppure in soluzione acida, basica e ossidante.

Il dimensionamento dello scrubber viene effettuato sulla base di una velocità del flusso gassoso all'interno dello stesso che per gli scrubber a letto statico non deve mai superare 1,5 m/s, con un tempo di contatto nella sezione di lavaggio non inferiore al secondo, mentre per gli scrubber a letto flottante la velocità dell'aria può essere elevata fino a 2,5 – 3 m/s. La scelta della soluzione di lavaggio è determinata dalla tipologia degli elementi da abbattere e quindi dalla loro natura. Nel caso di forte presenza di composti basici quali l'ammoniaca ed i suoi derivati dovranno essere utilizzate soluzioni acide (generalmente di H2SO4), men-

tre in caso di composti di natura acida dovranno essere utilizzate soluzioni basiche (NaOH). Il trattamento con soluzione acida deve essere necessariamente seguito da un trattamento basico per la neutralizzazione, mentre l'ossidazione, che serve per l'abbattimento dei composti odorosi di natura organica, normalmente si esegue nella stessa sezione basica finale e viene effettuata attraverso ipoclorito, acqua ossigenata o ozono, a cui però va fatta molta attenzione, in quanto è vietato scaricare in atmosfera l'ozono in eccesso che quindi deve essere necessariamente trattato e decomposto. Negli scrubber, l'acqua o la soluzione di lavaggio è riciclata attraverso una pompa centrifuga, ma occorre precedere uno spurgo e un reintegro di acqua pulita in modo da non caricare la soluzione di lavaggio e renderla satura.

Indicativamente il parametro del valore di acqua utilizzata è pari 2 l/m^3 di aria nel caso di letti statici e di 1,5 l/m^3 di aria nel caso di letti flottanti.

I metodi biologici (biofiltrazione e bioscrubber) hanno il vantaggio di permettere una completa ossidazione per via metabolica delle sostanze inquinanti di origine biologica, con ottimi rendimenti nei casi di concentrazioni medio-basse, tipiche proprio dei processi di trattamento biologico dei rifiuti. I biofiltri sono costituiti da un letto di materiale filtrante, collocato in una vasca impermeabilizzata. Tale materiale, costituito generalmente da torba, cippato di legno, compost vegetale e miscele, è adagiato su un grigliato al di sotto del quale viene creato uno spazio utilizzato per l'immissione dell'aria da trattare. La vasca impermeabilizzata può essere realizzata in calcestruzzo, in opera o prefabbricato, oppure utilizzando moderni sistemi modulari metallici. Il materiale filtrante, dello spessore di circa un metro deve possedere una buona capacità drenante, basse perdite di carico ed una bassa degradabilità biologica. Esso funge da supporto sul quale si genera la flora batterica attiva in grado di metabolizzare la maggior parte dei composti naturali, organici e inorganici, attraverso una serie notevole di reazioni biologiche (ossidazioni, riduzioni, idrolisi). L'efficienza di abbattimento di questi inquinanti varia a seconda delle condizioni chimico- fisiche a cui i microrganismi sono sottoposti, oltre che da parametri progettuali come il carico superficiale, ed il tempo di contatto.

Come per tutti i processi biologici è necessario assicurare il controllo sugli idonei valori di: ossigeno, temperatura, pH, umidità e presenza di nutrienti:

In generale il dimensionamento dei biofiltri prevede:

• carichi superficiali compresi tra i 50 e i 200 m^3/hm^2;

• tempi di residenza compresi nell'intervallo 30-60s;

• altezze del mezzo filtrante maggiori di un metro.

La definizione e l'ottimizzazione di tutti questi parametri determina valori elevati dell'efficienza di processo i quali possono variare, in base ai composti, tra il 50 e il 90%, con punte per alcune sostanze facilmente degradabili, quali alcoli, eteri, aldeidi, chetoni, esteri, ed idrocarburi aromatici monociclici, intorno al 99%. Il limite di funzionamento del biofiltro è legato essenzialmente al progressivo consumo del materiale che costituisce il biofiltro stesso poichè, essendo di origine naturale, tende a consumarsi per ossidazione ad anidride carbonica, con gli stessi processi con cui viene depurato l'effluente filtrato. Il consumo del letto, la cui entità e significativamente funzione del materiale con cui è composto, porta alla progressiva perdita della sua originaria porosità, e ad un suo inevitabile intasamento con aumento delle perdite di carico fino a valori tali da imporre o un rivoltamento o la completa sostituzione.

La combinazione di sistemi ad umido mediante scrubber e di biofiltrazione è ottimale in quanto il primo stadio di scrubbing consente di abbattere fino ad un 50% delle sostanze odorose e satura l'aria di umidità che contrasta la tendenza alla disidratazione del biofiltro. Il pretrattamento a monte del biofiltro esercita anche un vantaggioso effetto di raffreddamento dell'aria riducendo la potenzialità odorigena e la capacità disidratativa nei confronti del biofiltro.

In alternativa al biofiltro può essere anche utilizzato un bioscrubber. Questa apparecchiatura è costituita da una struttura di lavaggio dotata di un letto di corpi di riempimento ad elevato rapporto superficie/volume, attraverso la quale passa l'effluente gassoso da trattare. Il letto, realizzato in modo da assicurare il migliore contatto possibile fra la fase liquida e gassosa, è il supporto per la crescita di un fango attivo responsabile della ossidazione e degradazione della sostanza odorosa. Analogamente ai biofiltri anche per i bioscrubber è importante mantenere un habitat ottimale per i microrganismi, soprattutto attraverso il controllo del pH e della temperatura, evitare di avviare al bioscrubber composti tossici, effettuare un corretto dimensionamento della torre di lavaggio e del sistema di

irrorazione del materiale di riempimento, ridurre al minimo le perdite di carico, effettuare periodici controlli di processo per evitare malfunzionamenti.

I bioscrubber si preferiscono ai biofiltri in presenza di concentrazioni di composti inquinanti medio-alte inoltre essi consentono inoltre un agevole controllo del processo, dal momento che è possibile un monitoraggio delle caratteristiche dell'aria trattata e l'aggiunta di correttivi alla soluzione di lavaggio. Analogamente alle torri di lavaggio, però, il processo richiede un particolare impegno tecnico nella gestione, oltre allo svantaggio costituito dagli elevati volumi di acqua di risulta per cui l'impianto di trattamento delle acque dovrà essere opportunamente dimensionato.

3.1.3. SCENARI INCIDENTALI: RISCHIO INTERNO

Per analizzare l'entità del rischio connesso al processo di stoccaggio, miscelazione e digestione anaerobica del rifiuto organico occorre:

1. definire lo scenario di rischio
2. valutarne la probabilità di accadimento
3. valutare l'entità del danno
4. stimare l'indice di rischio
5. mettere a punti sistemi di mitigazione che riducano l'indice di rischio a livello accettabile

In questo studio preliminare non verranno svolte considerazioni di tipo probabilistico e ci si limiterà alla valutazione del danno in casi assolutamente estremi. Le valutazioni sono quindi molto conservative e hanno probabilità di accadimento senza dubbio molto basse.

Per poter calcolare il danno conseguente all'esposizione da parte di uno o più operatori a sostanze tossiche (idrogeno solforato), a sostanze infiammabili (metano) o a flussi radiativi (incendio o esplosione) occorre definire quale può essere la massima quantità o portata emessa dalla sorgente di rilascio.

Assumiamo che la sorgente di rilascio sia un cumulo di 94t di FORSU (quantità massima entrante in un giorno) che la portata di acido solfidrico rilasciata dal cumulo sia quella calcolata come di seguito descritto.

Calcolo della portata massima di rilascio dell'idrogeno solforato

La digestione anaerobica è un processo complesso costituito da diverse reazioni biochimiche in serie-parallelo che vengono suddivise in tre fasi: idrolisi, acetogenesi e metanogenesi. Durante la metanogenesi gli acidi volatili vengono trasformati in metano, anidride carbonica e tracce di altre sostanze quali l'acido solfidrico, l'ammoniaca, ... Dal punto di vista cinetico il sistema microbiologico viene caratterizzato attraverso due differenti processi metabolici tra loro inter-dipendenti:

1. la velocità di crescita netta della biomassa su un dato substrato;
2. la velocità di utilizzo del substrato considerato.

La velocità di utilizzo del substrato è data dall'espressione:

$$\frac{dS_{sv}}{dt} = -\frac{\mu}{Y} \cdot X \cdot \frac{S_{sv}}{K + S_{sv}}$$

dove: dX/dt è la velocità di crescita dei microrganismi espressa come variazione della loro concentrazione nel tempo [massa/volume/tempo];

Per lo stadio di metanogenesi, trascurando il termine di inibizione da substrato, si può utilizzare l'espressione cinetica riportata ed i seguenti dati per stimare la produzione dei volatili (biogas).

Nel calcolo occorre tenere conto che la frazione organica (FORSU) ha circa un 30% di materia secca di cui l'80-85%% può considerasi biodegradabile, il resto è inerte. Quindi la reazione biologica procede utilizzando il 25% circa della massa totale (Figura 8).

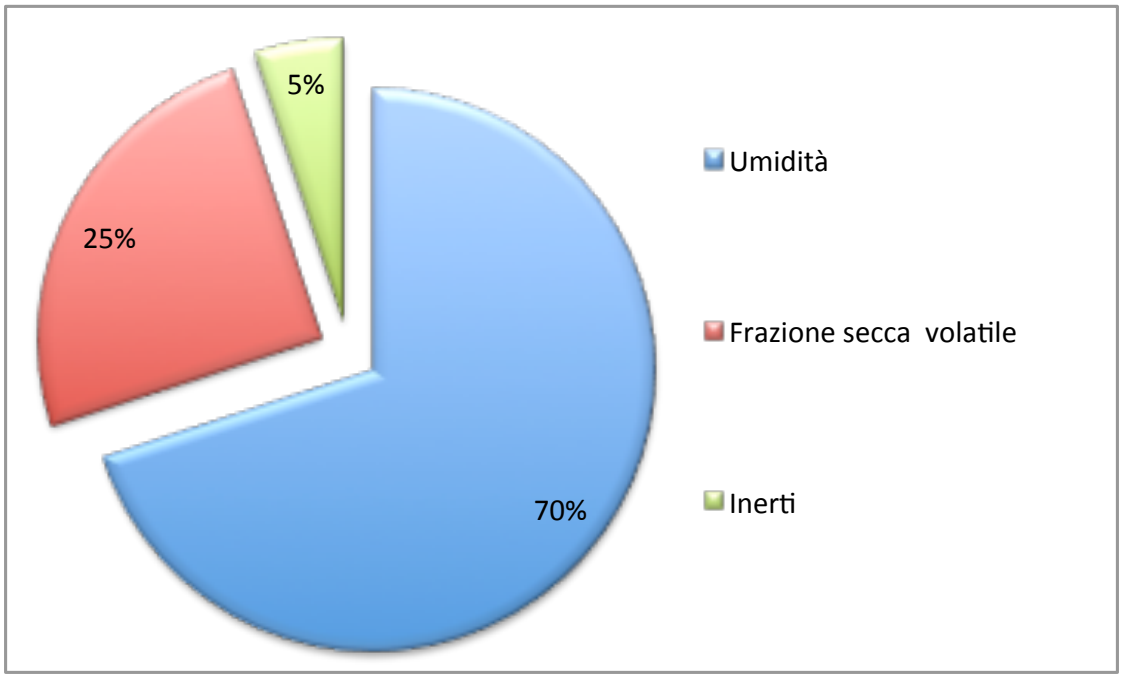

FIGURA 8. COMPOSIZIONE DELLA FRAZIONE ORGANICA PUTRESCIBILE DA RSU.

Utilizzando dati cinetici di letteratura (Tabella 1) e considerando un tempo di latenza di 2 giorni e di stoccaggio pari a due giorni, si può stimare una quantità di gas secchi prodotti da circa 95t di FORSU pari a 4tonnellate. Assumendo per essi una presenza di acido solfidrico pari allo 0,02% si ha una portata di 5mg/s di H_2S liberata dal cumulo in digestione.

	Unità di misura	Metanogenesi Acetoclastica	Metanogenesi Idrogenotrofa
μ_{max}	d^{-1}	0.1 – 0.4	1– 4
K_{max}	g COD/g COD·d	2 – 7	25 – 35
K_S	mg COD/l	50 – 600	0.01 – 0.1
Y	g VSS/g COD	0.02 – 0.05	0.04 – 0.1
K_d	d^{-1}	0.02 – 0.04	0.01 – 0.04

TABELLA 1. DATI CINETICI VALIDI PER LA METANOGENESI.

Questo dato può essere utilizzato per operare alcuni calcoli relativamento al rischio sulla salute dei lavoratori e all'impatto esterno in condizioni di malfunzionamento del sistema di trattamento e depurazione dell'aria dei capannoni di stoccaggio.

Scenario A: blocco della ventilazione forzata dei capannoni e intossicazione da H_2S

Questo scenario è relativo al mancato funzionamento dell'aspirazione dell'aria nel capannone di stoccaggio e miscelazione e prevede la presenza di operatori che, per malessere o altra ragione, non dovessero essere in grado di uscire dal capannone stesso.

Assumendo il volume del capannone pari a:

$V_{capannone\text{-}stoccaggio_iniziale}=3000m^3$

$V_{capannone\text{-}stoccaggio_totale}=30.000m^3$

Essendo l'H2S un gas denso assumiamo conservativamente che esso "stazioni" ad 1/3 dell'altezza occupando la parte bassa del capannone, si ha:

$V_{capannone\text{-}stoccaggio_iniziale}=1000m^3$

$V_{capannone\text{-}stoccaggio_totale}=10.000m^3$

Essendo:

$C(H_2S)=Q(H_2S)*t_{rilascio}/V_{capannone}$

Si ha che, con riferimento ad un volume disponibile di $1000m^3$ di capannone (caso peggiore):

Dopo 33min di stoccaggio senza ventilazione si raggiunge una soglia pari al valore TWA (Tabella 2)

Dopo 50min di stoccaggio senza ventilazione si raggiunge una soglia pari al valore STEL (Tabella 2)

Caratteristiche Fisiche, Chimiche e di Sicurezza dell'Idrogeno Solforato ***Physical, Chemical and Safety Characteristics of Hydrogen Sulfide***	
Peso Molecolare - *Molecular Weight*	34.08
Gravità Specifica (relativa all'aria) - *Specific Gravity (relative to air)*	1.192
Temperatura di Autoaccensione - *Auto Ignition Temperature*	250° C
Intervallo di Esplosività in Aria - *Explosive Range in Air*	4.5 to 45.5 %
Soglia d'Odore - *Odor Threshold*	0.47 ppb
8-ore tempo medio (TWA) (OSHA) *8-hour time weighted average (TWA) (OSHA)*	10 ppm
15-minuti limite di esposizione a scadenza breve (STEL) (OSHA) *15-minute short term exposure limit (STEL) (OSHA)*	15 ppm
Immediatamente Pericoloso per la Salute (IDLH) (OSHA) *Immediately Dangerous to Life of Health (IDLH) (OSHA)*	300 ppm
Source: OSHA (2002), Occupational Safety and Health Administration, www.OSHA.gov	

TABELLA 2. PROPRIETÀ DELL'ACIDO SOLFIDRICO CON RIFERIMENTO AGLI EFFETTI SULLA SALUTE UMANA.

Quindi al fine di salvaguardare la salute degli operatori che, in caso di uno scenario incidentale sicuramente improbabile, dovessero rimanere intrappolati in un'area limitata senza poter uscirne durante una fermata del sistema di ventilazione, è necessario:

1. prevedere uscite di sicurezza lungo la parete del capannone in vicinanza delle zone di stoccaggio;
2. inserire dispositivi di allarme che allertino la guardiania (esterna) ed agiscano su motori di riserva per la ventilazione lungo il capannone di stoccaggio e il corridoio tra i digestori;
3. posizionare DPI lungo tutte il capannone;
4. inserire dispositivi di sblocco manuale di finestroni per l'arieggiamento naturale;
5. adottare procedure per evitare che un solo operatore sia presente in tali aree;
6. inserire un monitoraggio della qualità dell'aria interna con analizzatori online collegati a sistemi di allarme sonoro e un sistema automatico di controllo della portata di aspirazione dell'aria.

Scenario B: rilascio in atmosfera dell'aria proveniente dalla ventilazione forzata e dispersione dell'H_2S

A seguito di un malfunzionamento del sistema di trattamento dell'aria è possibile prevedere l'immissione in atmosfera dell'aria estratta dai capannoni e, di conseguenza, la dispersione delle sostanze maleodoranti e/o pericolose per la salute e l'ambiente presenti in essa.

In questo caso ha luogo una dispersione la cui durata ed entità dipende da vari fattori quali:

1. variabili meterologiche
2. entità del rilascio

3. durata del rilascio
4. concentrazione della sostanza specifica
5. proprietà chimico-fisiche della sostanza specifica

Utilizzando un modello di dispersione adatto al rilascio dell'H_2S e focalizzandosi sulla struttura penitenziaria come possibile recettore si ottiene la mappa di seguito riportata in Figura 9. Dalle curve di iso-concentrazione si rileva che il carcere, nonostante la vicinanza, non subisce effetti negativi anche in caso di rilascio elevatissimo e malfunzionamento totale del sistema di presidio ambientale.

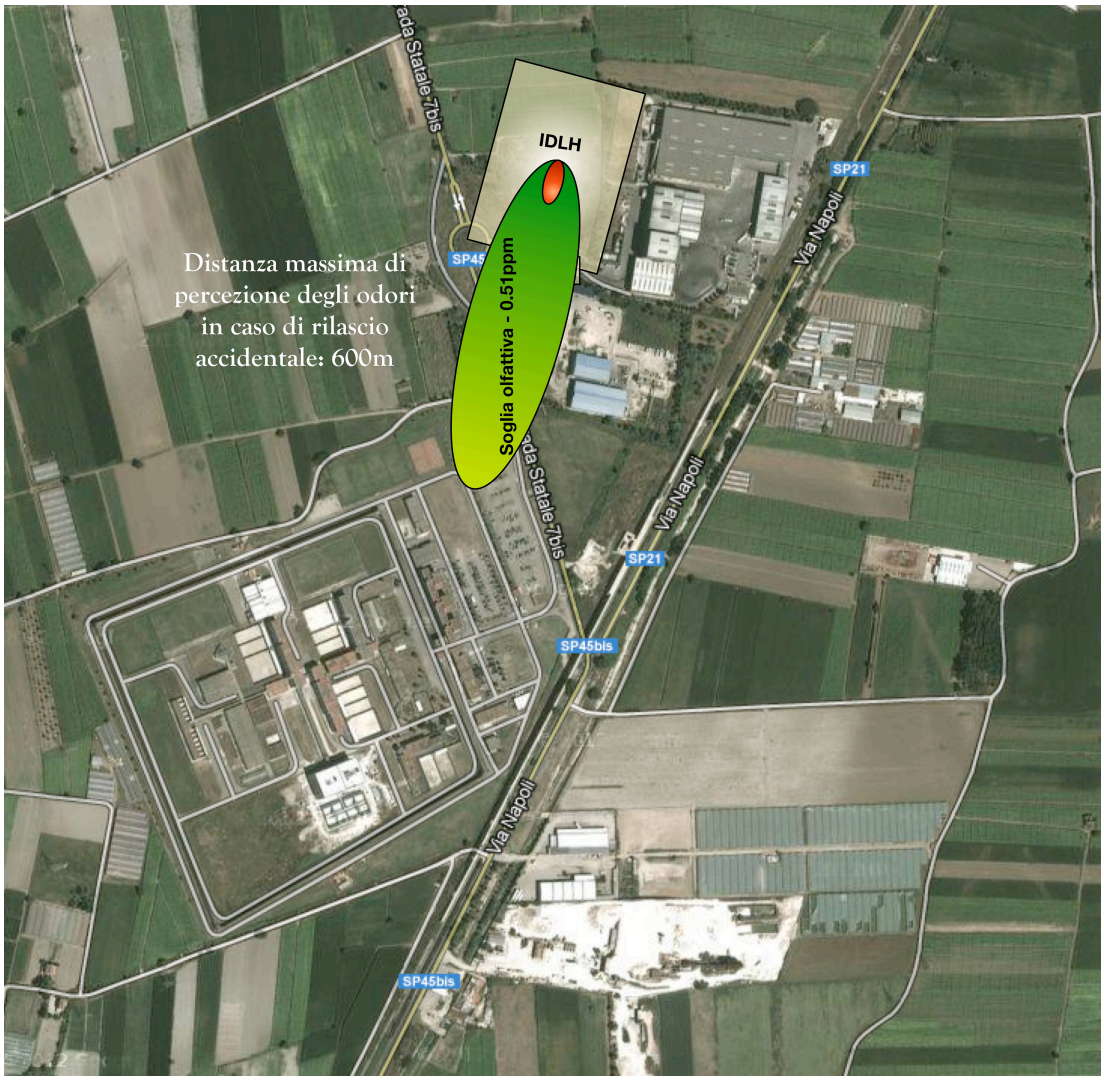

FIGURA 9. MAPPA DELLE ISOCONCENTRAZIONI PER LO SCENARIO DI DISPERSIONE DI H_2S IN ATMOSFERA A SEGUITO DI INCIDENTE GRAVE.

3.1.4. RUMORE

L'inquinamento acustico, rispetto ad altri tipi d'inquinamento, presenta caratteri particolari dei quali è necessario tener conto. Innanzitutto tale forma d'inquinamento è temporaneamente labile: in termini fisici esso non ha possibilità di accumulo e scompare non appena cessa di agire la causa che lo ha determinato, anche se dal punto di vista psicofisico le sue conseguenze possono accumularsi. In secondo luogo è spazialmente indeterminato in quanto si distribuisce nello spazio in funzione dei movimenti delle sorgenti che lo generano e delle caratteristiche del mezzo di propagazione. Inoltre, mentre le altre forme d'inquinamento non sono direttamente percepite a livello soggettivo e devono pertanto essere sottoposte ad un controllo specifico, l'inquinamento acustico appartiene alla classe dei fenomeni immediatamente percepiti da chi vi sia sottoposto.

Per queste ragioni il problema spesso acquista rilevanti connotazioni sociologiche in quanto la reattività collettiva al fenomeno non è mai completamente determinata a priori ed è connessa anche alle particolari condizioni individuali.

In base alle caratteristiche fisiche il rumore può essere definito impulsivo, fluttuante, intermittente o continuo. Negli impianti di digestione anaerobica si può presupporre che si tratti di un rumore continuo, in quanto persiste senza interruzione apprezzabile per tutto il ciclo di lavoro.

Le fonti di rumore in tali impianti sono legate prevalentemente alle apparecchiature utilizzate nelle varie sezioni, ed in particolare vagli, mulini, separatori aeraulici e balistici, pompe, compressori, soffianti, ventilatori, motori endotermici, macchine per movimentazione rifiuti, etc.

Per l'attenuazione dei livelli sonori nelle zone di lavoro e, conseguentemente, nell'area esterna all'impianto sono adottati una serie di accorgimenti, quali:

1. l'utilizzo di apparecchiature intrinsecamente silenziose;
2. l'applicazione di rivestimenti e carenature;
3. il posizionamento dei macchinari su supporti antivibranti e/o lubrificati;
4. l'utilizzo di griglie fonoassorbenti per prese d'aria esterne (motori);
5. la completa chiusura degli edifici;

6. l'impiego di portoni ad apertura/chiusura rapida.

Qualora tali accorgimenti non siano sufficienti a garantire agli operatori condizioni di lavoro salubri, è necessario prevedere l'adozione di adeguati dispositivi di protezione individuale (DPI). L'obbligo di adozione di tali dispositivi deve essere opportunamente segnalato per tutte le apparecchiature o le zone dell'impianto caratterizzate da elevati livelli di emissioni sonore.

Una ulteriore fonte di rumore non trascurabile è legato al traffico veicolare, che può assumere in questo tipo di impianti particolare rilevanza in relazione ai flussi attesi di materiale in ingresso ed in uscita. In questo caso la presenza contemporanea di non più di due/tre autoveicoli all'ora ed un'adeguata area di parcheggio minimizza questo aspetto.

3.1.5. TRATTAMENTO REFLUI LIQUIDI

Nella progettazione di un impianto di trattamento rifiuti è necessario prevedere delle opere per il controllo dell'impatto ambientale derivante dai reflui prodotti all'interno dell'area in cui collocato l'impianto. Tali reflui possono essere distinti nelle seguenti tipologie:

1. acque meteoriche (acque chiare), provenienti da:
    - tetti;
    - strade e piazzali;
2. acque da uso civile (acque nere);
3. acque provenienti dal ciclo produttivo (acque grigie):
4. acque di processo;
5. acque da lavaggio automezzi.

Al fine di limitare possibili inquinamenti del terreno e della falda idrica tutti i reflui prodotti sono raccolti e convogliati a opportuno trattamento prima dello scarico finale nel caso di reflui potenzialmente contaminati, assorbiti dal suolo nel caso di acque pulite così cme previsto dalle BAT di settore (BREF Waste water treatment, IPPC). Le zone di movimentazione e stoccaggio esterne sono asfaltate e drenate in maniera tale da ridurre il pericolo di dispersione sul ter-

reno di acque contaminate. Le aree asfaltate sono progettate con pendenze tali da garantire il deflusso delle acque alle griglie ed ai pozzetti di raccolta che saranno collegate tramite rete fognaria alle vasche di stoccaggio.

E' previsto il riutilizzo dei reflui e delle acque meteoriche di prima pioggia in quelle fasi del processo che non richiedono apporti idrici di elevato livello qualitativo. Le acque chiare provenienti dai tetti e convogliate mediante pluviali in una apposita ed indipendente rete di raccolta non costituiscono uno scarico e pertanto possono essere disperse in pozzi disperdenti opportunamente distribuiti nell'area dell'impianto. Per quanto riguarda le acque meteoriche che insistono sui piazzali e le aree esterne è necessario prevedere la separazione delle acque di prima e seconda pioggia.

Le acque meteoriche di prima pioggia che insistono sulle aree asfaltate dell'impianto sono potenzialmente contaminate e pertanto devono essere recapitate ad una vasca di raccolta e, quando non riutilizzabili all'interno del processo, opportunamente trattate, generalmente insieme alle acque di processo, in un depuratore dedicato interno all'impianto.

La vasca di raccolta deve essere dimensionata in modo tale da accogliere i primi 3-5 mm di pioggia, considerando che tale battente è sufficiente a dilavare la zona asfaltata dell'area di impianto e quindi a rimuovere il carico inquinante su essa insistente. Le acque meteoriche di seconda pioggia, invece, devono essere avviate allo scarico in rete fognaria. I reflui civili devono essere collettati con rete fognaria dedicata e avviati all'impianto di depurazione prima dello scarico finale.

Le acque di processo prodotte dagli impianti di digestione anaerobica sono costituite essenzialmente da:

1. percolati prodotti nelle aree adibite allo stoccaggio dei rifiuti;
2. percolati prodotti nelle aie di stabilizzazione aerobica;
3. acque di lavaggio degli ambienti di lavoro;
4. soluzioni acquose provenienti dal trattamento ad umido delle emissioni gassose;
5. condense ottenute dal trattamento del biogas;
6. reflui da laboratorio di analisi.

Tali reflui devono essere raccolti in apposite vasche interrate o serbatoi fuori terra i cui requisiti tecnici minimali devono essere definiti in relazione alle caratteristiche qualitative dei reflui stessi ed avviati, se non recuperarti all'interno del ciclo di trattamento, ad un impianto di depurazione.

Negli impianti di digestione anaerobica i percolati da stoccaggio sono generalmente presenti in quantità elevata a causa dell'umidità dei rifiuti conferiti. Tali reflui presentano caratteristiche di estrema variabilità e sono costituiti da prodotti quali olii, colaticci di vario genere, detergenti, oltre all'acqua di costituzione del rifiuto. In genere i rifiuti sono in grado di assorbire il percolato eventualmente formatosi, ma in situazioni di conferimento anomalo, è possibile che si verifichi un rilascio di percolato, che deve quindi essere raccolto ed opportunamente trattato.

Le acque provenienti dal trattamento ad umido delle emissioni gassose sono costituite essenzialmente dalle acque di spurgo degli scrubber e dai percolati da biofiltri. Tali reflui devono essere stoccati in apposite vasche o serbatoi e, se non recuperati all'interno del ciclo di trattamento, devono essere depurati prima dello scarico finale. Infine deve essere previsto il collettamento delle acque di lavaggio degli automezzi, le quali possono essere conferite ad un impianto di depurazione oppure ricircolate all'interno del processo. In questo caso è opportuno prevedere un trattamento di disoleazione prima dell'utilizzo.

3.2. L'IMPATTO GLOBALE

Dal punto di vista dell'impatto globale, ovvero quello operato con riferimento al ciclo di vita di rifiuto questo impianto garantisce, come dimostrato dalla letteratura scientifica, l'impatto minore rispetto al solo impianto di compostaggio o all'incenerimento. Il recupero di metano biogenico ha un impatto "negativo" (nel senso di sottrattivo) sull'effetto serra poiché la produzione di energia è fatta grazie ad un combustibile rinnovabile. Questo significa che l'anidride carbonica e gli ossidi di azoto emessi dal motore sono da considerarsi emissioni ad effetto globale nullo poiché l'energia prodotta permette il risparmio di emissioni connesse alla produzione di energia da carbone, olio combustibile e dall'energia nucleare. Se tutto il rifiuto organico fosse utilizzato per produrre il metano bio-

genico eviteremmo la produzione di scorie nucleari e di emissioni molto più pericolose di quelle producibili dalla combustione del metano stesso.

In sintesi si può affermare che l'impatto ambientale e sulla salute dell'impianto, sia su scala locale sia su scala globale, sia trascurabile (quando non è ridotto a zero) grazie alla scelta di tecnologie che non consentono emissioni pericolose o semplicemente sgradevoli in ambiente.

L'eventualità di incidenti o malfunzionamenti che dovessero portare l'ambiente ad essere oggetto di rilascio di sostanze odorigene o combustibili (metano) o biologiche attive (bioaerosols) è oggetto di un'analisi specifica definita "analisi di rischio da incidenti rilevanti" che può e deve essere svolta sulla base del progetto esecutivo in quanto il rischio di malfunzionamenti o incidenti legati ad errori umani o atti vandalici è legato alla tipologia di apparecchiature meccaniche, valvole, regolazioni nonché alle procedure gestionali e di controllo non presenti a questo livello di progettazione. Quest'analisi di rischio dovrà tenere conto della orografia nella zona, della meteorologia, della direzione e del verso prevalente dei venti e quindi arrivare a determinare la probabilità di rischio e l'entità del danno connesso al peggiore degli incidenti possibili (*worse case scenario*).