



Repubblica e Cantone Ticino

Variante PUC PPdM nuovo impianto di
compostaggio in località Pizzante (Comune
di Locarno)

Basi progettuali

Rapporto tecnico

ottobre 2016

Documento allestito sulla base del documento tecnico preliminare Di Dionea SA, Locarno

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	5
1.1	PREMESSA E DESCRIZIONE DEL MANDATO	5
1.2	OBIETTIVI DEL RAPPORTO	5
2	METODOLOGIA E BANCHE DATI CONSULTATE.....	6
3	CONTESTO E CONDIZIONI QUADRO.....	7
3.1	PREMESSA.....	7
3.2	CONDIZIONI QUADRO E LA REALTÀ IN TICINO.....	7
3.2.1	<i>Produzione di scarti vegetali in Ticino</i>	<i>7</i>
3.2.2	<i>Ammissibilita' dell'utilizzo di fertilizzanti azotati.....</i>	<i>8</i>
3.2.3	<i>Utilizzo del compost e del digestato in ticino</i>	<i>9</i>
3.2.4	<i>Ipotesi di sviluppo futuro</i>	<i>9</i>
3.2.5	<i>Le attività di compostaggio in Ticino.....</i>	<i>11</i>
4	CONCETTO GENERALE DI FUNZIONAMENTO E TECNOLOGIE DIPONIBILI	15
4.1	COMPOST	15
4.1.1	<i>Il processo di compostaggio in breve.....</i>	<i>15</i>
4.1.2	<i>Tecniche di compostaggio</i>	<i>17</i>
4.2	BIOGAS.....	25
4.2.1	<i>Il processo di produzione del biogas in breve</i>	<i>25</i>
4.2.2	<i>Tecniche di produzione del biogas (metanizzazione).....</i>	<i>26</i>
5	STIMA DEI FLUSSI IN INGRESSO	33
6	POSSIBILI SINERGIE CON ACR	36
7	TRAFFICO	38
8	ENERGIA.....	46
8.1	CESSIONE DEL CALORE PER LE ATTIVITÀ AGRICOLE	48
8.2	POSSIBILI SINERGIE CON LA RETE DI TELERISCALDAMENTO.....	48
9	VINCOLI LEGATI ALLA PROTEZIONE DELLE ACQUE	50
9.1	VINCOLI ESISTENTI.....	50
9.2	ZONE DI PERICOLO	52
9.3	VINCOLI NORMATIVI SPECIFICI PER ZONE DI COMPOSTAGGIO.....	54
9.4	PROPOSTA DI GESTIONE	55
10	EMISSIONI DI ODORI	58
11	COSTRUZIONE DI SCENARI PER L'ANALISI DI IMPATTO AMBIENTALE	60
11.1	SCENARIO 1 (COMPOSTAGGIO IN CUMULI, ALL'APERTO, CON VALORIZZAZIONE DEL BIOGAS)	60
11.2	SCENARIO 2 (SOLO COMPOSTAGGIO IN CUMULI ALL'APERTO)	61
11.3	SCENARIO 3 (COMPOSTAGGIO IN BOX E PRODUZIONE DI BIOGAS)	61
11.4	SCENARIO 4 (SOLO COMPOSTAGGIO IN BOX)	61
11.5	SINTESI DELLE SUPERFICI NECESSARIE	62
11.6	AREA DI DEPOSITO AI SENSI DELL'ART. 33 OPSR.....	62
12	FONTI BIBLIOGRAFICHE	63
13	SITI INTERNET CONSULTATI.....	64

ALLEGATI

Allegato: Sintesi superfici complessive;

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA E DESCRIZIONE DEL MANDATO

Dionea SA, con risoluzione del CdS no. 2332 del 13.05.2014, è stata incaricata di redigere uno studio di impatto ambientale di tipo pianificatorio per la realizzazione di un nuovo impianto di compostaggio, con eventuale valorizzazione del biogas, in località Pizzante, presso le discariche ACR.

I servizi cantonali hanno allestito questo documento – Basi progettuali, Rapporto tecnico - sulla base della citata documentazione di Dionea SA.

Il RIA affiancherà la variante del PUC del Parco del Piano di Magadino che si rende necessaria per l'azionamento del nuovo impianto. L'impianto è assoggettato all'esame di impatto ambientale ai sensi del punto 40.7 dell'allegato all'Ordinanza concernente l'esame di impatto sull'ambiente (OEIA), in quanto tratterà un quantitativo di materiali superiore a 1000 t/a.

Scopo del presente documento è quello di definire i dati di base del progetto, quali il dimensionamento e la tecnologia impiegata, al fine di produrre gli scenari necessari allo svolgimento della valutazione dell'impatto sull'ambiente. I contenuti che vengono di seguito presentati sono funzionali alla fase successiva di RIA vero e proprio.

1.2 OBIETTIVI DEL RAPPORTO

In maggiore dettaglio gli scopi del presente rapporto sono i seguenti:

1. Definire il contesto e le condizioni quadro in cui si inserisce il progetto del nuovo impianto di compostaggio;
2. Definire le possibili tecnologie impiegabili, compatibili con il particolare contesto di riferimento;
3. Stimare i flussi in entrata (rifiuti vegetali) ed in uscita (compost; biogas);
4. Stimare le esigenze in termini di superfici necessarie, altezze e in generale le caratteristiche dell'impianto;
5. Proporre delle modalità di accesso alla nuova struttura e valutare il traffico indotto;
6. Valutare la fattibilità di cessione di energia (termica ed elettrica) a terzi;
7. Comporre gli scenari sui quali redigere il RIA pianificatorio.

Nei paragrafi seguenti si espongono i dati raccolti per il raggiungimento degli obiettivi indicati. Relativamente al tema dell'allacciamento e del traffico, ci si è avvalsi della consulenza dello studio **Brugnoli e Gottardi SA**,

2

METODOLOGIA E BANCHE DATI CONSULTATE

Le informazioni contenute nel presente rapporto sono state raccolte da più fonti di tipo sia bibliografico che tecnico e commerciale. Ci si è avvalsi in particolare della consulenza della Associazione Svizzera delle Aziende di Compostaggio e di Metanizzazione (VSK-ASIC) che ha fornito i dati statistici dei principali impianti svizzeri che trattano volumi compresi tra le 10 e le 20 kton/a di scarti vegetali.

Per quanto concerne i volumi di materiali che potenzialmente potranno essere recapitati al nuovo impianto, oltre a valutazioni di carattere generale (politica dei rifiuti del Canton Ticino e possibili scenari di sviluppo) si è fatto riferimento alla struttura e ai dati della Compodino SA sia perché è la struttura attiva da oltre 20 anni nel territorio preso in esame, sia perché costituisce l'impianto che attualmente rappresenta al meglio le condizioni potenzialmente presenti in avvenire.

Per la tematica trattata, le principali normative e le direttive di riferimento sono citate sinteticamente di seguito:

Normative di carattere generale:

- Legge federale sulla protezione della natura e del paesaggio, del 1 luglio 1966 (LPN);
- Legge federale sulla protezione delle acque, del 24 gennaio 1991 (LPAc);
- Ordinanza sulla protezione delle acque, del 28 ottobre 1998 (OPAc);
- Ordinanza sulla prevenzione e lo smaltimento dei rifiuti, del 4 dicembre 2016 (OPSR);
- Ordinanza del 18 maggio 2005 sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim);
- Ordinanza del 10 gennaio 2001 sui concimi (OCon);
- Ordinanza del 16 dicembre 1985 contro l'inquinamento atmosferico (OIAt);
- Regolamento di applicazione dell'Ordinanza tecnica sui rifiuti, del 17 maggio 2005 (ROTR).

Direttive settoriali e norme tecniche:

- Lista positiva della Commissione ispettiva per le attività di compostaggio e di metanizzazione in Svizzera (ASAC);
- VKS-ASIC, 2010, Directive suisse 2010 de la branche sur la qualité du compost et du digestat;
- Manuale "Qualité Biogaz", edito da Biomasse Suisse e Suisse énergie;
- Piano di gestione dei rifiuti del Cantone Ticino (PGR), cap. G "Rifiuti organici";
- Dipartimento del territorio, SPAAS-UGR, Direttiva per il compostaggio centralizzato, gennaio 2012.

3

CONTESTO E CONDIZIONI QUADRO

3.1 PREMESSA

Il compostaggio rappresenta una possibile soluzione per la valorizzazione dei rifiuti di origine vegetale provenienti sia dalle economie domestiche, sia dalle aziende che si occupano della gestione di aree verdi. L'utilità del compost è riconosciuta sia per le piccole attività di giardinaggio che per lo sfruttamento agricolo di scala maggiore.

Il processo consiste fondamentalmente nella fermentazione aerobica accompagnata dei materiali vegetali per la produzione di ammendanti agricoli; nonostante la semplicità concettuale del processo, le tecnologie e i metodi applicabili sono molteplici e riconducibili non solo a condizioni tecniche ed economiche differenti, ma anche consuetudini e know-how maturato nel tempo.

Alle forme di compostaggio più semplici (es compostaggio a bordo campo) si sono affiancati negli ultimi anni dei metodi industriali di produzione che propongono differenti gradi di meccanizzazione del processo e una progressiva riduzione dei tempi di maturazione. A questi si aggiungono anche impianti per la produzione di metano attraverso la fermentazione anaerobica degli scarti, i quali permettono, oltre alla riduzione delle emissioni odorose e di gas ad effetto serra, una produzione energetica sfruttabile (calore ed elettricità).

A livello cantonale, l'importanza della valorizzazione degli scarti vegetali attraverso il compostaggio è recepita e promossa anche dal Regolamento cantonale di applicazione dell'Ordinanza tecnica sui rifiuti (ROTR, del 17.05.2005) che all'art. 7 impone ai Comuni di favorire il compostaggio dei rifiuti verdi mediante una raccolta separata dei rifiuti che non vengono compostati privatamente (compostaggio domestico).

Inoltre il "Piano di azione 2013 del Piano energetico cantonale (GLEn, aprile 2013) contempla alla scheda P5 la realizzazione di 5 GWh_e/a e 8 GWh_t/a entro il 2020 provenienti dalla valorizzazione del biogas da scarti vegetali.

3.2 CONDIZIONI QUADRO E LA REALTÀ IN TICINO

3.2.1 PRODUZIONE DI SCARTI VEGETALI IN TICINO

Secondo i dati raccolti dall'ufficio della gestione dei rifiuti (SPAAS-UGR, [1]) attraverso i centri comunali, viene raccolta una media di 90-100 kg di scarti vegetali per persona per anno, che corrispondono a quantitativo totale di circa 32'400 ton/anno per tutto il Ticino (valore relativo al 2012). Il quantitativo medio di scarti vegetali raccolti è progressivamente aumentato tra il 2001 e il 2006, per poi rimanere indicativamente costante fino al 2011. Nel grafico dell'immagine seguente sono riportati i dati delle statistiche cantonali dal 2001 al 2011 (ultimi dati disponibile allo stato attuale).

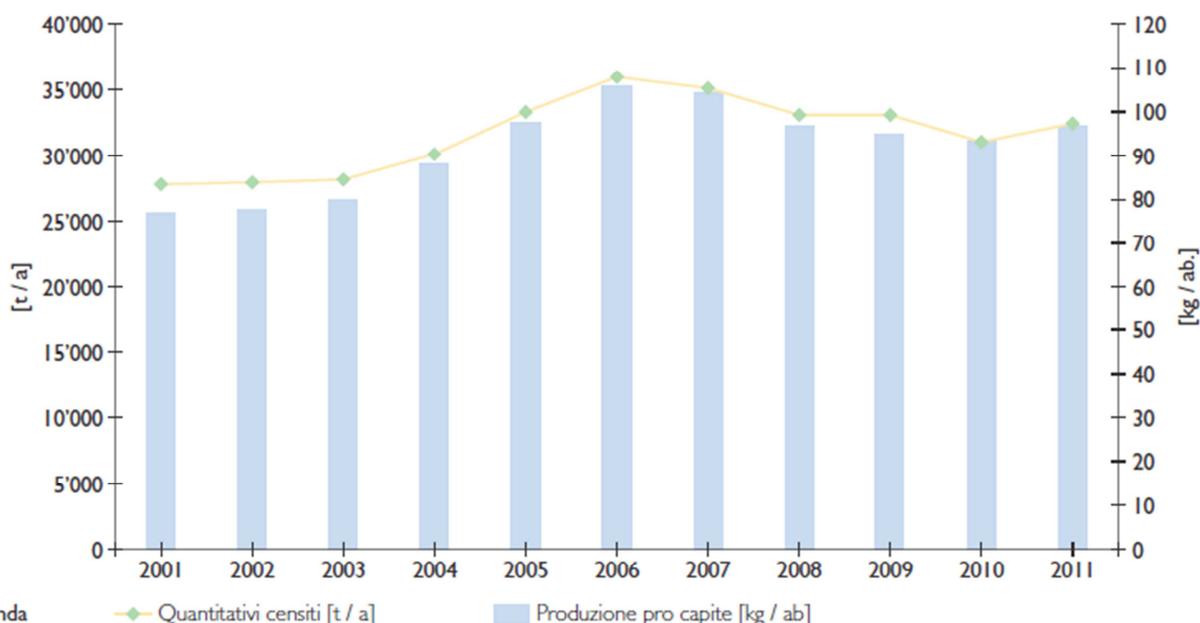


Figura 1: Evoluzione dei quantitativi di scarti vegetali raccolti dai comuni e variazione della produzione pro capite (2001-2011). Fonte: PGR [2].

Ai quantitativi di materiali raccolti dai centri comunali bisogna aggiungere anche quelli smaltiti direttamente dalle aziende senza il passaggio attraverso i centri di raccolta e che pertanto sfuggono alle statistiche annuali raccolte dall'UGR.

Il capitolo G del PGR (aggiornamento novembre 2013 [2]) mostra un quadro più completo della gestione degli scarti vegetali in Ticino: secondo i dati contenuti nel rapporto, nel 2011 sono stati prodotti circa 44'000 ton di scarti vegetali, di cui circa 28'000 ton sono state conferite ai centri di compostaggio centralizzati. I maggiori produttori di scarti vegetali sono costituiti dai centri comunali di raccolta (62%) seguiti dai giardinieri (18%) e dalle aziende pubbliche (8%). Il restante quantitativo è prodotto da industrie e privati.

Una categoria di rifiuti a parte è costituita dagli scarti vegetali provenienti da cucine (industriali e private) e dall'industria alimentare. Attualmente tutti gli scarti provenienti dalle cucine private vengono inviate all'ICTR di Giubiasco attraverso la raccolta dell'RSU [3]. La valorizzazione energetica è resa complessa per la difficoltà di controllare la qualità e la presenza di scarti animali. Invece per quanto concerne gli scarti dell'industria alimentare e delle cucine industriali, la fermentazione in impianti di metanizzazione non è attualmente praticata, ma è fattibile seppure con alcune precauzioni (controllo della qualità, fermentazione termofila). Il quantitativo di rifiuti non è comunque elevato ed è stimato attorno alle 3'500 ton/a.

3.2.2 AMMISSIBILITA' DELL'UTILIZZO DI FERTILIZZANTI AZOTATI

L'utilizzo di fertilizzanti è regolato nello specifico dall' Ordinanza concernente la riduzione dei rischi nell'utilizzazione di determinate sostanze, preparati e oggetti particolarmente pericolosi (ORRPChim, del 18 maggio 2005) e dalla direttiva UFAM/UFAG "Eléments fertilisants et utilisation des engrais dans l'agriculture", del 2012 [7].

L'utilizzo di concimi azotati e concimi fluidi è limitato ai periodi in cui le piante sono in grado di

assorbire l'Azoto (Allegato 2.6, pto. 3.2.1 dell'ORRPChim). Nei periodi di riposo vegetativo l'utilizzo di fertilizzanti è vietato per evitare la dispersione dell'azoto e dei suoi composti nelle acque, superficiali e sotterranee. L'utilizzo di fertilizzanti liquidi è inoltre vietato sui suoli secchi, suoli saturi e nei periodi di gelo (superficie ghiacciata o innevata).

Per quanto concerne nello specifico il compost e il digestato, per ogni ettaro di superficie e su un arco di 3 anni si possono impiegare come concime fino a 25 tonnellate di compost e digestato solido (pari a circa 1-1.3 mm/a, quantità riferita alla sostanza secca) o fino a 200 mc di digestato liquido (circa 6.5 l/mq*a), purché il tenore di azoto e di fosforo non superi il fabbisogno delle piante.

Per la campicoltura ticinese l'indicazione di un apporto massimo annuo dello spessore di solo 1 mm di compost appare tuttavia molto esiguo e in tal senso i limiti indicati andrebbero nuovamente verificati ed adattati al contesto. Probabilmente i valori limite citati non tengono conto, né dei tenori relativamente modesti di azoto dei compost autoctoni, né delle condizioni di temperatura nella regione insubrica che sono alla base di una mineralizzazione particolarmente spinta, e neppure dei fenomeni erosivi e di dilavamento constatati in occasione degli eventi meteorici maggiori.

3.2.3 UTILIZZO DEL COMPOST E DEL DIGESTATO IN TICINO

Il compost prodotto (circa 12'300 ton/a su 27'700 ton/a di scarti trattati negli impianti centralizzati) viene utilizzato in gran parte in agricoltura (48%) e nel giardinaggio (46%). Il restante quantitativo viene adoperato per altri usi.

Secondo i dati statistici contenuti nel cap. G del PGR [2] l'estensione delle superfici agricole del Cantone Ticino è tale da permettere l'utilizzo teorico massimo di circa 23'000 ton/a di compost, che corrispondono a circa 35'000 ton di scarti vegetali inviati a compostaggio. Considerando che non tutte le superfici agricole potranno essere ammendate con compost, e considerando altresì il probabile futuro aumento della produzione, sarà probabile in un prossimo futuro un progressivo aumento della difficoltà a smaltire il compost prodotto. Tale tendenza è già confermata dalla situazione attuale, nella quale si osserva una **generale difficoltà a trovare possibili utilizzatori, con conseguente riduzione del valore del compost prodotto** (occasionalmente il compost viene regalato agli agricoltori, o ceduto sotto costo per liberare spazio nelle aree di deposito).

Appare quindi importante individuare e potenziare le altre vie di utilizzo del compost. Le attività principali sulle quali è ragionevole agire sono il giardinaggio, l'orticoltura e la floricoltura, per le quali è necessario un compost di massima qualità [4] [5]. In questa prospettiva assumono interesse i progetti che vedono, a lato della produzione di compost, l'applicazione di processi di metanizzazione ad alta temperatura, che consentono, oltre ai noti vantaggi in termini energetici e sulle emissioni odorose, anche un maggiore controllo sulla qualità e conseguentemente ampliano le possibilità di smercio del prodotto finito.

Per quanto concerne il digestato, allo stato attuale non sono disponibili statistiche consolidate sull'utilizzo, che può essere tuttavia accostato a quello del colaticcio.

3.2.4 IPOTESI DI SVILUPPO FUTURO

Ipotizzando che il volume di scarti vegetali raccolto presso i centri di raccolta comunali possa aumentare ancora leggermente, fino a raggiungere circa i 110 kg/ab*a, e considerando anche il trend di aumento della popolazione previsto dall'USTAT fino al 2034 [6], si osserva come il quantitativo di scarti vegetali sia destinato ad aumentare dalle 32'400 ton/a attuali (dato 2012)

ad almeno 40'000 ton/a nel 2034.

Oltre a questo quantitativo, come detto nel paragrafo precedente, vanno aggiunti gli scarti vegetali che sfuggono ai censimenti dell'UGR (consegna diretta allo smaltitore, e altri scarti vegetali attualmente non compostabili ma gestibili in impianti di metanizzazione) la cui quantificazione rimane difficoltosa.

Considerando che il volume di materiale che transita attraverso i centri di raccolta comunali costituisce circa il 65% del totale [2], è ragionevole attendersi che il volume totale di scarti atteso per il 2034 (orizzonte di pianificazione) possa raggiungere le 60'000 ton/a. Si può quindi stimare un aumento del volume di scarti vegetali raccolti separatamente compreso tra il 20% e il 30% nei prossimi 20 anni (orizzonte di riferimento per la pianificazione territoriale).

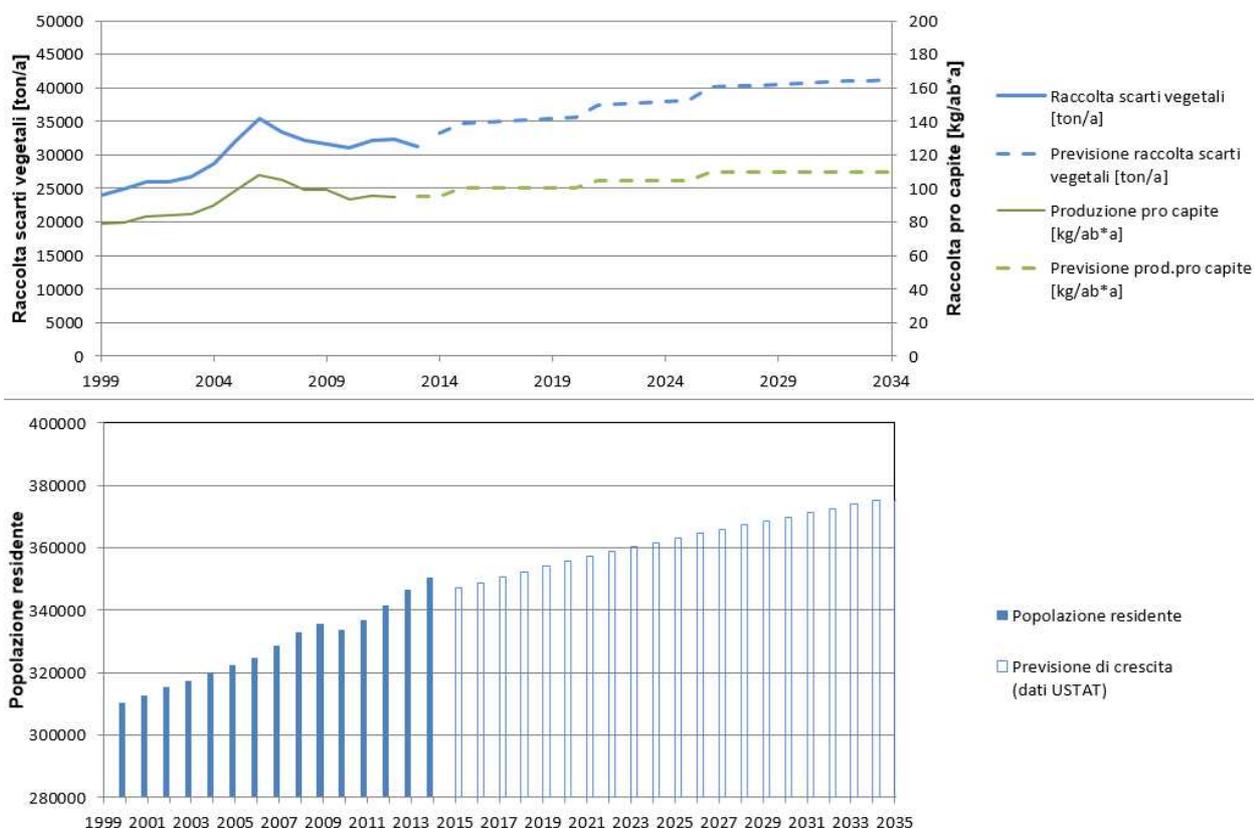


Figura 2: Andamento della raccolta degli scarti vegetali presso i centri comunali, dal 1999 al 2013 e previsione al 2034, in funzione della popolazione residente e del tasso di produzione pro capite. Fonte dei dati: UGR [1][2] e USTAT [6]. Elaborazione: Dionea SA.

Va comunque considerato che il quantitativo ottenuto da una correlazione semplice con la popolazione totale residente è necessariamente sovrastimato, in quanto non tiene conto della densificazione degli abitati e conseguentemente del progressivo aumento della popolazione residente in città, la quale non contribuisce, o contribuisce meno, alla produzione di scarti verdi. Il valore va quindi considerato come tetto massimo.

Sinergia nella produzione di biogas

Una ipotesi di sviluppo futura è anche costituita dalla possibile creazione di centri, diffusi sul territorio, per la raccolta degli scarti vegetali maggiormente adatti alla produzione di biogas. Questi centri, potenzialmente implementabili nei centri di raccolta comunale già esistenti,

potrebbero operare una separazione delle frazioni maggiormente adatte alla produzione di biogas da quelle meno adatte, ed inviarle separatamente agli impianti di trattamento di riferimento per la regione.

Un sistema di gestione di questo tipo consentirebbe di aumentare i volumi delle frazioni maggiormente utili ai fini energetici. Uno sviluppo di questo tipo, seppure già proposto nel passato ma mai realizzato, non è a priori da escludere. Una stima della quantità dei materiali eventualmente recuperabili non è comunque al momento fattibile.



Figura 3: Ipotesi di sviluppo di un impianto centralizzato che riceve frazioni fermentabili da centri di raccolta e primo trattamento diffusi sul territorio. Elaborazione: Dionea SA, 2010.

3.2.5 LE ATTIVITÀ DI COMPOSTAGGIO IN TICINO

Per descrivere la produzione del compost in Ticino, vengono di seguito descritte le attività di due aziende.

La prima è la Compodino SA, che viene presa come riferimento perché attiva da tempo nel contesto di attività del futuro impianto al Pizzante. La seconda attività è quella del Vivaio di Lattecaldo (Vivaio Cantonale).

La Compodino SA

Nella regione è attualmente in funzione un impianto di compostaggio di proprietà della Compodino SA, che riceve e trasforma gli scarti vegetali dei comuni limitrofi. Il funzionamento di questo impianto può essere preso come riferimento per il funzionamento del nuovo impianto da azionare presso il Pizzante.

La Compodino svolge le sue attività da oltre 25 anni in località Al Carcale, su una superficie di

circa 18'000 mq (mappale 4050 RFD Locarno). Gran parte della lavorazione si svolge all'aperto: la prima lavorazione dei cumuli (triturazione e separazione delle parti più legnose), la formazione dei cumuli e la loro maturazione avviene sul piazzale di lavoro, privo di pavimentazione.

Lungo i margini del mappale sono presenti dei capannoni con funzione di deposito di parte del materiale finito, dei mezzi di lavoro, uffici e ricezione.

Il terreno dove si svolgono le attività si trova in zona agricola.

Attualmente (dati 2013) l'azienda riceve un quantitativo medio di scarti vegetali pari a circa 10'000, con punte che toccano le 13'000 ton/anno. La provenienza principale dei materiali è costituita dai centri di raccolta comunali (piazzole ecologiche o ecocentri) convenzionati con l'azienda (una decina di comuni nel Locarnese e Valli), dai quali proviene circa il 70% dei materiali lavorati. Seguono le aziende di giardinaggio e i privati, con circa il 20% del volume medio annuale. Il quantitativo restante è fornito da consorzi di pulizia, aziende agricole o di gestione e dall'industria alimentare (es. vinacce).

La consegna dei materiali viene svolta di regola direttamente dalle ditte o dai privati, solitamente per mezzo di piccoli furgoni da giardinaggio o mediante veicoli pesanti (trattori, camion per il trasporto dei containers da e per gli ecocentri).

Gli scarti all'entrata vengono controllati, triturati, vagliati e miscelati. Durante la vagliatura dei materiali vengono separati anche gli scarti non idonei, quali plastiche e oggetti vari erroneamente conferiti insieme agli scarti vegetali. Successivamente gli scarti lavorati vengono depositati in cumuli dove si attiva la fermentazione aerobica. Il sopravaglio legnoso, se in eccesso, viene inviato direttamente a termovalorizzazione o per la produzione di cippato.

Da qualche anno, al fine di migliorare il processo di fermentazione e di controllo delle anaerobiosi, l'azienda (analogamente ad altre 5-6 aziende attive in Ticino) utilizza miscele di fermenti EM (Microorganismi Effettivi) perfezionate allo scopo e in grado di ridurre le emissioni odorose altrimenti particolarmente avvertite nei primi 3-4 mesi di fermentazione, specialmente in occasione delle rivoltature. Nonostante tale prassi sia oggetto di discussione tra i tecnici (la documentazione scientifica al riguardo non ne definisce univocamente gli effetti sui processi di fermentazione) è necessario riconoscere che tutti gli utilizzatori osservano dei benefici nello svolgimento del processo con una effettiva riduzione delle emissioni, benefici per i quali sono disposti a sostenere costi non indifferenti.

Al termine del processo di maturazione, che viene protratto per 12-14 mesi, il compost viene nuovamente vagliato per la separazione delle frazioni legnose non ancora decomposte (che vengono inviate a termovalorizzatore), e la frazione minerale (sassi). Durante la maturazione i cumuli vengono periodicamente rivoltati per permettere una fermentazione aerobica omogeneamente distribuita su tutto il volume, e per ridurre gli effetti di bordo. Alle prime operazioni di rivoltatura sono associate le maggiori emissioni odorose. Nelle fasi successive gli odori sono per lo più modesti. Le rivoltature vengono fatte coincidere, per quanto possibile, con situazioni meteo favorevoli.

Attualmente le condizioni di lavoro della Compodino (mancanza di aree coperte) non permettono il ricevimento di materiale da cucina, il quale comporterebbe problemi di tipo igienico (possibile presenza accidentale di resti animali) e maggiori emissioni odorose.

Il prodotto immesso sul mercato dall'azienda è costituito da compost prevalentemente maturo, di prima qualità e monitorato con regolarità da controlli eseguiti da terzi. Vengono anche prodotte miscele con differenti caratteristiche specifiche per l'uso al quale sono destinate, per questo motivo nell'area è anche presente un deposito di suolo utilizzato allo scopo. Occasionalmente viene anche ceduto compost meno maturo per determinati impieghi in agricoltura.

Vivaio Cantonale di Lattecaldo

Le informazioni che seguono sono prese dalla pagina internet del cantone dove sono descritte le attività del vivaio di Lattecaldo (Morbio Superiore) [30], che fornisce indicazioni sul processo di compostaggio e sui suoi differenti prodotti e applicazioni.

Il vivaio forestale cantonale è un'azienda cantonale nata nel 1960 che produce piante forestali di provenienza autoctona impiegati per interventi forestali, rinaturazioni ed interventi di ingegneria naturalistica sia nell'ambito pubblico che quello privato.

Il vivaio cantonale, come lo conosciamo oggi, si estende su una superficie di ca 5 ha suddivisi in 17 campi e una piazza di compostaggio in grado di lavorare 500 ton/anno di scarti vegetali.

Il compostaggio è un processo biologico aerobico controllato dall'uomo che porta alla produzione di una miscela di sostanze umificate (il compost) a partire da residui vegetali sia verdi che legnosi mediante l'azione di batteri e funghi.

Il compostaggio consente una mineralizzazione delle componenti organiche maggiormente degradabili (processo definito anche come "stabilizzazione" della sostanza organica) e l'igienizzazione per pastorizzazione della massa (Piano di gestione dei rifiuti del cantone Ticino, 2013).

Nella loro prima fase di trasformazione gli scarti vegetali triturati incominciano una fermentazione calda dovuta alla presenza di batteri e funghi.

Durante questa prima fase che dura ca 4 settimane i cumuli possono raggiungere temperature anche di 75°C devono restare molto umidi (per permettere ai batteri di lavorare ed evitare che l'ammonio si volatilizzi) e devono essere rivoltati spesso per garantire che vi sia un apporto di ossigeno sufficiente e che l'intera massa di scarti vegetali si sottoposta alle alte temperature.

L'igienizzazione dovuta alla temperatura di fermentazione "ripulisce" il compost da numerosi agenti patogeni (funghi e insetti) indesiderati e diminuisce la vitalità dei semi di numerose malerbe.

Dopo la prima fase "calda" in cui si trasformano principalmente le parti verdi degli scarti vegetali segue una fase "fredda" dove le temperature restano tra 20 e 30°C.

In questa seconda fase incomincia un abbattimento della cellulosa e la trasformazione in nitrati degli scarti vegetali mineralizzati.

Compost fresco: dopo 2-4 mesi il compost è ancora in corso di trasformazione biologica.

È un prodotto ricco di sostanze fertilizzanti che può già essere utilizzato come fertilizzante in agricoltura.

Bisogna tuttavia fare attenzione al contenuto in sostanze legnose che decomponendosi in campo possono ancora "rubare" azoto invece di renderlo disponibile per le piante.

A seconda delle colture può inoltre essere troppo forte per semi appena germinati o trapianti che ne soffrirebbero.

Compost pronto: dopo 5-8 mesi il compost è relativamente stabile e la fermentazione non produce più calore.

A causa delle trasformazioni più lente ha un effetto fertilizzante minore ma può essere utilizzato in giardino e nell'orto anche poco prima di semine o trapianti.

Compost maturo: a partire da un'età di 12 mesi il compost può essere considerato maturo.

Non ha molto effetto concimante ma presenta caratteristiche fisiche e una stabilità tali che ne

consentano il contatto diretto con radici e semi anche in periodi delicati.

Questo compost è l'ideale per la creazione di terricci da semina e per le piante in vaso.

Oltre al grado di maturazione del compost vi sono tutta una serie di parametri fisici importanti ed un controllo accurato della presenza di sostanze indesiderate (metalli pesanti, sostanze inquinanti) a questo scopo si effettuano periodicamente delle analisi di laboratori specializzati e certificati.

4

CONCETTO GENERALE DI FUNZIONAMENTO E TECNOLOGIE DIPONIBILI

Per raggiungere gli obiettivi indicati in precedenza, ed in particolare per definire quali siano le esigenze dell'impianto da azionare presso il Pizzante, sono state raccolte e analizzate le informazioni relative alle tecniche di compostaggio e metanizzazione più diffuse in Svizzera e in Ticino. Di seguito si propone una breve rassegna delle tecnologie disponibili e i relativi vantaggi e svantaggi.

4.1 COMPOST

4.1.1 IL PROCESSO DI COMPOSTAGGIO IN BREVE

Il compostaggio è un processo di decomposizione controllata della sostanza organica, operato da microrganismi in condizione aerobica. I microrganismi, costituiti da una associazione di batteri e funghi, rompono le molecole organiche complesse in molecole più semplici. Il risultato del processo è costituito dal compost, anidride carbonica, ammoniaca, acqua e minerali. Il processo di fermentazione è esotermico: il calore prodotto è un elemento fondamentale del processo in quanto consente la distruzione dei patogeni presenti e la disattivazione di gran parte dei semi presenti negli scarti vegetali. Inoltre l'alta temperatura accelera i processi chimici di rottura delle molecole complesse quali quelle della cellulosa.

Dopo la formazione dei cumuli, la temperatura inizia a crescere rapidamente: in circa 2-4 giorni può essere raggiunta la temperatura di regime, pari a circa 70-80°C. Inizialmente si sviluppano le associazioni di microrganismi mesofili, alla cui attività metabolica è da attribuire il primo aumento di temperatura (**fase mesofila**). Al superamento della temperatura di circa 20-45°C, le associazioni mesofile si disattivano progressivamente per lasciare campo ai funghi e batteri termofili (temperatura di sviluppo ideale tra 50-80°C), al cui metabolismo è da attribuire l'incremento di temperatura successivo. Durante la **fase termofila**, le alte temperature accelerano la rottura delle molecole come le proteine, i grassi e i carboidrati complessi come la cellulosa. In questa fase avviene anche la **disattivazione di gran parte dei patogeni e delle sementi**.

Dal momento che le molecole che alimentano i batteri termofili vengono consumate, la temperatura inizia a decrescere. In questa fase iniziano quindi i rivoltamenti del materiale che permettono di fornire nuovo alimento ai batteri. Ad ogni rivoltamento si assiste generalmente a un nuovo aumento di temperatura. Quando i batteri termofili non trovano più sostentamento, la temperatura inizia progressivamente a diminuire, lasciando nuovamente posto alle associazioni mesofile. Inizia a questo punto una seconda fase, di bassa temperatura, che viene detta **di maturazione** o, nella bibliografia anglosassone, "**curing phase**". In questa fase, che generalmente richiede molto tempo, avvengono le reazioni, più lente, che consentono il consumo della materia organica rimanente. Durante la fase di maturazione il compost raggiunge progressivamente una maggiore stabilizzazione, intesa come una minore tendenza a reagire all'immissione di ossigeno o acqua.

Andamento delle temperature (°C)

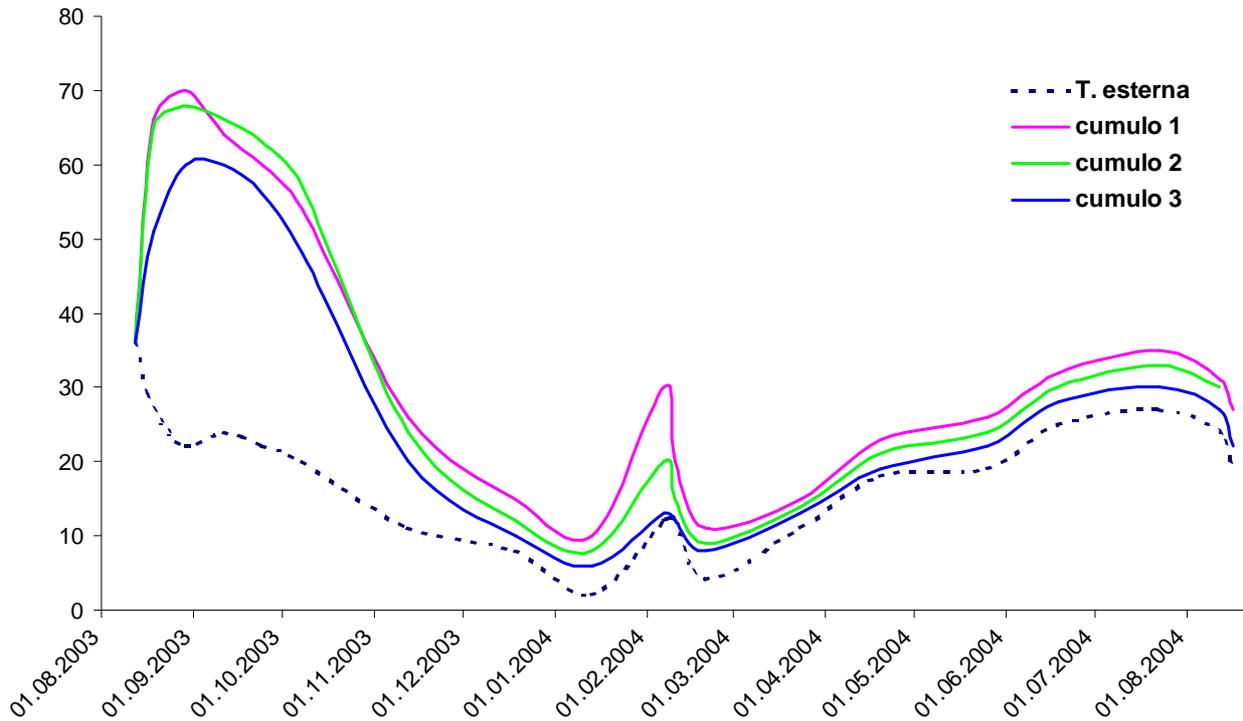


Figura 4: Andamento delle temperature nei cumuli di compost, in relazione alla temperatura esterna. Si osserva come nella prima fase il regime termico del cumulo sia indipendente da quello esterno; successivamente, per la progressiva diminuzione della attività batterica, la temperatura diminuisce e si approssima sempre più a quella esterna. In inverno si osserva come le basse temperature dell'aria tendano a sopprimere l'attività batterica, ma un piccolo aumento di temperatura (primi di febbraio) sia sufficiente per permettere una riattivazione ancora vigorosa dei batteri. Fonte: [17].

I fattori che incidono maggiormente sull'attività dei microorganismi e, conseguentemente, sul processo di fermentazione sono ripresi brevemente di seguito [8]:

- **Natura degli scarti vegetali:** il processo varia in funzione delle caratteristiche degli scarti. Un eccesso di scarti legnosi (ovvero di lignina) può rallentare il processo. Nel caso contrario la proliferazione di batteri è più rapida. Per ovviare a questa problematica il materiale in ingresso al processo viene tritato e miscelato. È però anche da considerare che uno scarso contenuto di scarti legnosi influisce negativamente sulla struttura del materiale che diventa meno permeabile all'aria: un giusto apporto di materiali legnosi permette di favorire la circolazione d'aria e, con questa, il processo.
- **Quantità di ossigeno (aerazione):** l'ossigeno è un componente essenziale del processo di decomposizione aerobico. L'insufficiente aerazione porta a una più lenta formazione delle colonie di microorganismi e, in casi estremi, alla formazione di processi anaerobici con sviluppo dei sottoprodotti tipici (metano, acido solfidrico, e conseguenti odori). Nei metodi di compostaggio tradizionali la quantità di ossigeno viene regolata agendo sulla tessitura dei materiali (granulometria, presenza di scarti legnosi); nei processi industrializzati viene eventualmente fatto anche uso di sistemi di aerazione forzata.
- **Umidità:** la presenza di acqua è fondamentale per lo sviluppo dei microorganismi. Nei processi di compostaggio all'aperto, nelle nostre regioni, generalmente le precipitazioni sono sufficienti. Eventualmente è necessario irrigare i cumuli nei periodi

di maggior calore. In caso di scarsità di acqua il processo di decomposizione rallenta; in caso contrario un eccesso di acqua può portare allo sviluppo di condizioni anaerobiche. La prassi comunemente diffusa è quella di raccogliere le acque di dilavamento dei cumuli durante le precipitazioni che vengono stoccate per essere utilizzate per l'irrorazione nei periodi secchi; questa pratica ha anche il vantaggio di recuperare nutrienti necessari a favorire il processo di decomposizione.

- **Temperatura:** durante l'inverno le basse temperature possono ridurre la velocità del processo e aumentare "l'effetto bordo". Al contrario un eccesso di temperatura potrebbe condurre alla morte dei microorganismi responsabili del processo. L'intervallo di temperatura è pertanto importante che venga rispettato. Le tecniche di controllo della temperatura sono costituite dalla variazione della frequenza di rivoltamento dei cumuli e, negli impianti industriali, dalla variazione dell'intensità dell'aerazione forzata.

Un particolare processo di produzione del compost è costituito da quello anaerobico, ovvero sviluppato in assenza, o in scarsità, di ossigeno. Il processo anaerobico, più lento di quello aerobico, è caratterizzato dallo sviluppo prevalente di batteri anaerobi con conseguente formazione di prodotti intermedi quali il metano, acidi organici, acido solfidrico. Per questo motivo generalmente le emissioni di odori del processo anaerobico sono maggiori rispetto a quelle di quello aerobico. Le temperature di processo sono inferiori, che comporta che le sementi presenti non vengano disattivate. Il vantaggio principale della tecnica è quello di una riduzione sostanziale dei costi legati alla gestione (es rivoltamento dei cumuli), oltre che a una minore dispersione dei nutrienti nell'ambiente durante il processo [8].

Tempi di processo

Il tempo necessario ad ottenere un compost maturo stabilizzato variano in funzione della tipologia di materiale trattato, del metodo impiegato e dell'uso al quale il compost è destinato (anche il compost non completamente maturo presenta delle applicazioni in agricoltura). I tempi necessari variano in genere da qualche settimana fino a 14 mesi circa.

Per accelerare il processo è generalmente possibile agire sulla frequenza dei rivoltamenti dei cumuli o sull'intensità della ventilazione forzata, oppure procedere all'irrorazione dei cumuli con nutrienti. Anche l'inoculazione dei cumuli, a inizio del processo, consente di accelerare la fase di start up del processo.

4.1.2 TECNICHE DI COMPOSTAGGIO

Compostaggio in cumuli rivoltati, all'aperto

Il trattamento, la lavorazione e la formazione dei cumuli di fermentazione avviene all'aperto. La preparazione del materiale consiste nella triturazione e miscelazione, necessaria per favorire una certa omogeneità nelle caratteristiche del materiale e una più facile gestione del processo. Il controllo sulla granulometria del materiale, e la presenza di materiale legnoso sono fondamentali per favorire un buono sviluppo del processo. Il materiale viene successivamente posto in cumuli che periodicamente vengono rivoltati. I cumuli hanno generalmente una altezza media di circa 3.5 m, e una larghezza trasversale di circa 5-6 m. La lunghezza dei cumuli è variabile in funzione dello spazio disponibile.

Come indicato precedentemente i rivoltamenti servono per migliorare l'aerazione e per consentire un trattamento omogeneo a tutto il materiale. Il rivoltamento dei cumuli avviene con normali pale gommate o con macchinari specifici.

La durata del processo fino a completa maturazione varia sensibilmente in funzione di molto fattori, quali la qualità del materiale e le modalità operative. Generalmente il tempo di permanenza del materiale varia da 12 a 14 mesi per il prodotto finito (completa stabilizzazione del materiale).

L'utilizzo del compost nell'agricoltura, come nell'orticoltura, non è costante: i periodi durante i quali avviene la distribuzione del compost sul terreno è ben definita e corrisponde al periodo di maggiore sviluppo delle piante. In certi periodi dell'anno, durante i quali non si fa utilizzo di ammendanti, il compost deve essere stoccato in attesa della stagione adeguata alla distribuzione. Questo comporta una sostanziale difficoltà nella valutazione univoca della superficie necessaria alla maturazione del compost, in quanto questa non dipende solo dai flussi in ingresso e dai tempi di maturazione, ma anche da una serie di fattori che dipendono dal mercato al quale viene destinato il prodotto.

Questa tecnica è quella maggiormente utilizzata in Svizzera ed in Ticino tra i produttori di compost che non si avvalgono di impianti di produzione di biogas: secondo i dati forniti dalla associazione di settore (VKS-ASIC) considerando solo gli impianti svizzeri che trattano tra le 10'000 e le 20'000 ton/a, quelli che ricorrono alla tecnica di compostaggio all'aperto ricevono complessivamente circa 83'000 ton/a, su un totale stimato di circa 110'000 ton/a, corrispondenti a circa il 77% del volume totale trattato.

La superficie necessaria per applicare questa tecnica è stimata in circa 1.0-1.4 mq/ton*a, considerando nel computo le superfici lorde degli impianti (incluse le aree tecniche, movimento mezzi etc.).

La normativa cantonale regola questo tipo di attività, che definisce "Compostaggio centralizzato", con una specifica direttiva [10].

Vantaggi

- Il vantaggio principale della tecnica consiste nella elevata qualità del materiale prodotto, consentito dai lunghi tempi di permanenza degli scarti vegetali nel cumulo;
- grande know-how disponibile in Ticino e in Svizzera;
- nessun macchinario speciale necessario;
- ridotti costi di investimento e di gestione.

Svantaggi

- Comporta l'utilizzo di una grande superficie, determinata dal maggiore tempo di permanenza dei materiali in maturazione;
- necessario un continuo intervento degli operatori;
- lo svolgimento delle operazioni in campo aperto comporta il possibile inquinamento del prodotto finito da parte di sementi trasportate da vento o animali che creano problemi per alcuni utilizzi (giardinaggio, orticoltura);
- possibile dispersione di odori;
- influenzato dalle condizioni meteorologiche;
- possibile perdita di nutrienti (N) dal compost (denitrificazione, percolato).

Compostaggio in cumuli rivoltati, a bordo campo

Costituisce una variante del sistema di compostaggio all'aperto in cumuli, ed è operata generalmente dagli operatori agricoli per il trattamento degli scarti vegetali prodotti dalle loro stesse attività. Il prodotto finale del processo viene direttamente adoperato sul luogo di produzione degli scarti.

I cumuli di materiali vengono generalmente formati a lato delle aree agricole lavorate. Secondo la normativa svizzera (ripresa dalla relativa direttiva cantonale [11]), la piazza di accettazione del materiale e di lavorazione richiede comunque una presenza di infrastrutture analoghe a quelle richieste agli impianti di compostaggio centralizzati (impermeabilizzazione della superficie, sistemi di gestione e trattamento acque, recinzione e conformità con la pianificazione locale, ovvero ubicate in aree AP-EP o industriali). La fermentazione in cumuli avviene però direttamente sul terreno agricolo.

L'esperienza in Ticino mostra come il compost generato presenta spesso caratteristiche qualitative inferiori alla qualità del compostaggio centralizzato.

La tecnica viene qui solo menzionata, ma non è evidentemente presa in considerazione come variante per l'impianto del Pizzante.

Vantaggi

Medesimi vantaggi del metodo centralizzato (se viene gestito in maniera corretta) con l'aggiunta di:

- bassi costi di trasporto in quanto il luogo di produzione degli scarti, di lavorazione e di utilizzo del compost è pressoché il medesimo.

Svantaggi

Medesimi del sistema centralizzato, con l'aggiunta di:

- un minore controllo sull'inquinamento secondario dei cumuli da parte di sementi;
- a prescindere dalle modalità gestionali, il prodotto finito presenta spesso minore qualità, seppure adatta allo scopo agricolo.

Compostaggio in cumuli statici all'aperto, con insufflazione passiva o attiva (*aerated static pile composting*)

Una variante del sistema di compostaggio all'aperto in cumuli, prevede l'installazione, alla base del cumulo, di tubazioni di aerazione. Nella versione con ventilazione passiva, l'aerazione avviene passivamente sfruttando l'effetto camino prodotto dal calore dell'attività microbica. Al contrario nella versione attiva le tubazioni sono dotate di una soffiante che favorisce la circolazione dell'aria. La soffiante può lavorare nei due versi: soffiare verso il cumulo l'aria, con uscita dei gas esausti attraverso il cumulo, oppure, per avere un maggiore controllo degli odori, può aspirare l'aria e inviarla a un biofiltro per l'abbattimento degli odori.

I rivoltamenti possono non essere necessari, con conseguente risparmio economico; tuttavia eventuali anomalie nella miscelazione del materiale potrebbero comportare differenze nell'avanzamento del processo, o variazioni di temperatura con conseguente minore controllo sull'igienizzazione. La presenza ad esempio di lenti o letti di materiale più grossolano non correttamente miscelato potrebbe portare alla formazione di vie di fuga preferenziali per l'aria, con un conseguente avanzamento disomogeneo del processo e una diminuzione della qualità del prodotto finale.

Per entrambe le tecniche (attiva o passiva), la superficie esterna dei cumuli può essere coperta con compost maturo, avente lo scopo di agire quale biofiltro per il controllo degli odori.

La tecnica non è comune in Svizzera. Generalmente gli impianti che producono compost con insufflazione forzata sono di tipo al chiuso (*in vessel composting*, si veda il paragrafo successivo).

La superficie necessaria all'uso di questa tecnica è inferiore rispetto a quella che prevede il rivoltamento dei cumuli; si stima, rispetto a quest'ultima, una riduzione del 30-50% della superficie necessaria.

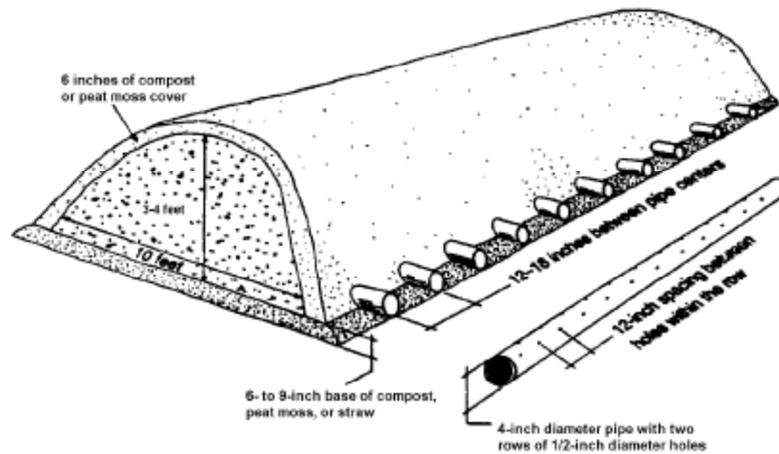


Figura 5: Cumulo con aerazione passiva. Fonte: [9].

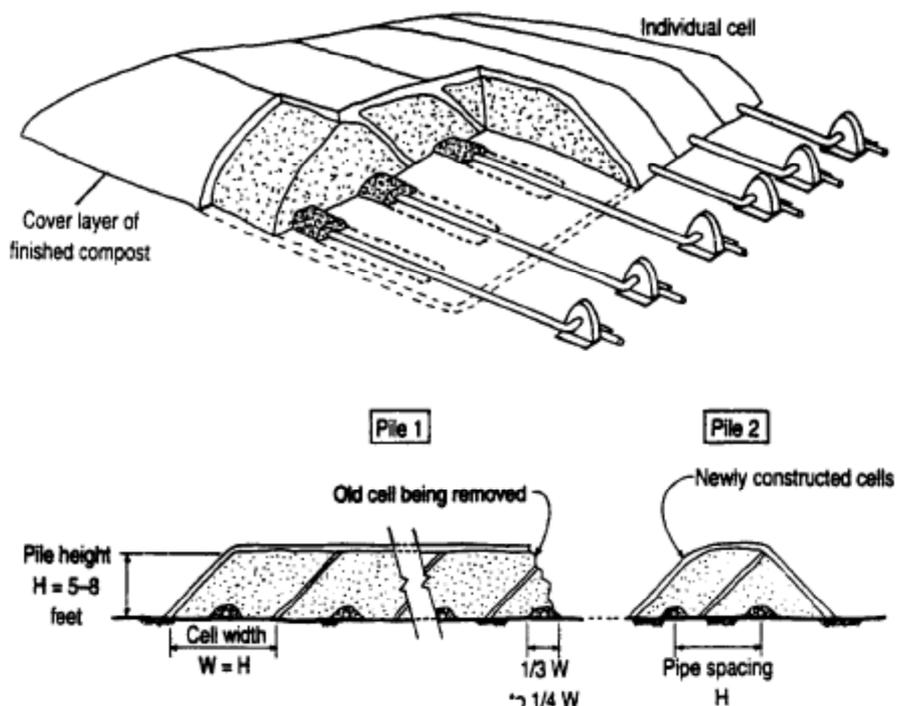


Figura 6: Cumuli affiancati con sistema di aerazione forzata. Fonte: [9].

Vantaggi

- Consente la riduzione dei costi legati ai rivoltamenti;
- minori emissioni di odori grazie all'assenza di operazioni di rivoltamento; controllo delle emissioni in caso di funzionamento in aspirazione con uso di un biofiltro.
- minori superfici necessarie in quanto non avviene il rivoltamento (riduzione della superficie stimata nel 30% rispetto al sistema con cumuli rivoltati);
- minori perdite di nutrienti rispetto ai cumuli rivoltati.

Svantaggi

- Scarso controllo sulla qualità del prodotto finito;
- necessario un grande controllo dei materiali in ingresso per evitare disomogeneità che renderebbero il processo di difficile controllo (lavorazione preliminare molto onerosa);
- assenza di un *know how* consolidato (grande esperienza richiesta nella formazione dei cumuli);
- costo legato all'insufflazione (se attiva).

Compostaggio al coperto (*in vessel composting*)

Le tecniche di compostaggio al coperto sono costituite da un insieme di tecniche diversificate che traggono origine sia dal metodo di compostaggio in cumuli, che da quelli con ventilazione forzata. La principale caratteristica consiste nella presenza di una copertura (tetto) e nel confinamento dei cumuli in maturazione in moduli (comunemente chiamati *vessels*), costruiti in calcestruzzo o altri materiali.

I processi di preparazione e vagliatura del materiale sono analoghi a quelli impiegati nelle tecniche all'aperto.

Dopo la preparazione il materiale viene riposto nei contenitori per la fermentazione. La presenza della copertura permette un maggiore controllo sulla temperatura e sull'umidità e offre la possibilità di intervenire modificando i parametri principali (es irrigazione). Una caratteristica importante di questo tipo di impianti è che consentono un maggiore sfruttamento delle superfici destinate alla maturazione. Un ulteriore vantaggio costituito dalla presenza di un tetto è il minore rischio di inquinamento del prodotto maturo da parte di sementi provenienti dall'esterno. Inoltre la presenza di una circolazione d'aria forzata all'interno del capannone consente un maggiore controllo delle emissioni di odori.

Il processo può essere controllato agendo sull'aerazione (cumuli statici areati), mediante il rivoltamento meccanizzato (mediante agitatori meccanici o macchinari analoghi a quelli utilizzati esternamente), o agendo su entrambi. L'attivazione dei macchinari di rivoltamento e dell'aerazione può essere manuale o avvenire in forma automatizzata in base a un timer o a indicazioni fornite da sensori di temperatura e umidità.

Un esempio di impianto "*in vessel*" con agitatore meccanico ed aerazione forzata è quello della società *Tricomix SA* che opera a Cadenazzo, e che utilizza tecnologia della *COMPAG AG*. Il rivoltamento dei cumuli avviene tramite un macchinario specifico montato su carro ponte (Figura 7). Un altro sistema presente sul territorio nazionale è quello sviluppato dalla ditta *Thöni Industriebetriebe GmbH*, alla quale fanno riferimento alcuni impianti *Kompostogas*.

Il tempo necessario alla produzione di un compost maturo è generalmente inferiore rispetto a quello necessario per le tecniche classiche, e pari a 3-4 mesi.

La superficie necessaria è molto ridotta rispetto alle tecniche descritte sopra. Nel caso dell'impianto *Tricomix SA* di Cadenazzo, per il quale sono disponibili dati certi e verificati, la superficie totale utilizzata (capannone) è pari a circa 2'100 mq, che corrisponde a circa 0.25 mq/ton*a. Va comunque considerato che per questa tecnica vengono spesso forniti i dati relativi al tempo di permanenza nel box, e le superfici da queste occupate, senza considerare il tempo necessario alla successiva stabilizzazione del compost (fase di maturazione, o *curing phase*). Questo dato va pertanto considerato come ideale; nella realtà è ragionevole stimare un **consumo di suolo compreso tra 0.25 e 0.50 mq/ton*a**.

La tecnologia è già comune in Svizzera e in corso di ulteriore diffusione. Parte degli impianti di nuova costruzione si basano su sistemi "in box" con aerazione forzata e rivoltatura automatica; questi sono comunemente affiancati a impianti per la produzione di biogas (es. impianti del gruppo Axpo-Kompogas). Va però osservato che gli impianti che adoperano questa tecnologia spesso fanno uso anche di altri sistemi che concorrono alla diversificazione e alla stabilizzazione del prodotto. Tra queste è un esempio la Allmig di Baar (ZG), che alla produzione in-vessel affianca una maturazione in cumuli all'aperto con la quale vengono trattati i materiali destinati alla produzione del compost di migliore qualità.



Figura 7: Sistema per il rivoltamento automatico dei cumuli, impianto di proprietà della Tricomix SA di Cadenazzo, progettato dalla azienda COMPAG AG. fonte: www.tricomix.ch

Vantaggi

- Operazioni manuali fortemente ridotte;
- indipendente dalle condizioni meteorologiche;
- controllo del processo e dell'inquinamento del prodotto finito;
- tempi ridotti grazie al rimescolamento frequente e all'aerazione forzata;
- elevata qualità del prodotto finito grazie ai rimescolamenti frequenti;
- elevata efficienza in termini di superfici necessarie;
- controllo delle emissioni di odori.

Svantaggi

- Costo elevato dell'impianto;
- elevati costi di gestione e know how necessario;
- necessaria una manutenzione da parte di ditte specializzate non sempre presenti o reattive sul territorio;

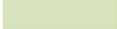
Sintesi

Di seguito si sintetizzano i vantaggi e gli svantaggi principali delle tecniche presentate. **Le considerazioni riportate nella tabella partono dal presupposto che le operazioni vengano effettuate correttamente e conformemente agli standard.** Le valutazioni sono inoltre relative, basate sulla semplice comparazione dei metodi (*ranking*).

Si tiene importante osservare che le tecniche esposte non necessariamente si escludono a vicenda, ma possono essere associate per una diversificazione dei prodotti e in base alle esigenze di mercato (es. variazioni nei quantitativi di materiali). Il compostaggio in cumuli, più lento ma in grado di fornire il compost di migliore qualità, può essere associato a una parziale maturazione al coperto, più rapida e efficiente. Le scelte operative sono molto spesso complesse e dettate da numerosi fattori legati anche all'esperienza personale dell'operatore.

Legenda dei colori

"Ranking"

	Peggior, più sfavorevole
	Intermedio, mediamente favorevole
	Migliore, più favorevole

	Compostaggio in cumuli rivoltati, all'aperto	Compostaggio in cumuli rivoltati, a bordo campo	Compostaggio in cumuli statici, con ventilazione	Compostaggio al coperto (in vessel)
Qualità del prodotto	Elevata qualità raggiungibile	Generalmente scarsa o media qualità (1)	Limiti importanti nel controllo della qualità (2)	Da media a elevata
Qualità igienica	Elevata	Media o scarsa (1)	Scarsa (2)	Elevata
Disattivazione sementi	Ottima capacità di disattivare le sementi	Moderata o bassa capacità di disattivare le sementi (1)	Rischio di eterogeneità di trattamento, con conseguente permanenza di sementi (2)	Ottima capacità di disattivare le sementi
Contaminazione secondaria (contaminazione con sementi trasportate dal vento o da animali)	Possibili in quanto all'aperto	Possibili in quanto all'aperto	Possibili in quanto all'aperto	Rischio ridotto o nullo
Possibili panne meccaniche (con conseguente arresto dell'impianto)	Assenti	Assenti	Possibili	Possibili
Know-how disponibile sul territorio	Elevato	Elevato	Ridotto (tecnica poco utilizzata)	Non sempre presente sul territorio (3)
Tempo di permanenza	12-14 mesi per una completa maturazione	12-14 mesi per una completa maturazione	1.5-3 mesi (4) per un prodotto mediamente maturo. A questi si aggiungono 3-4 mesi per raggiungere la completa maturazione.	Da settimane (4) a 3-4 mesi (5) per un prodotto mediamente maturo. A questi si aggiungono 3-4 mesi per raggiungere la completa maturazione.
Esigenze in termini di superfici (stima)	Elevata 1.0-1.4 mq/ton*a (6)	Elevata 1.0-1.4 mq/ton*a (6)	Media 0.7-1.0 mq/ton*a (6)	Bassa 0.25-0.5 mq/ton*a (6)
Volumi necessari (stima)	Nessun volume (tutte le attività all'aperto) ad esclusione dei locali accessori (amministrazione, deposito mezzi etc.)	Nessun volume (tutte le attività all'aperto)	Nessun volume (tutte le attività all'aperto) ad esclusione dei locali accessori (amministrazione, deposito mezzi etc.)	Capannone che ospita le celle (altezza 8-10)
Emissioni odori moleste	Elevate	Elevate	Medie	Basse
Possibilità di agire sulle emissioni di odori	-Controllo materiali in ingresso; -Preparazione del materiale; -Utilizzo di EM	-Controllo materiali in ingresso; -Preparazione del materiale; -Utilizzo di EM	-Controllo materiali in ingresso; -Preparazione del materiale; -Utilizzo di EM; -Strippaggio dei gas mediante l'impianto di aerazione, e trattamento con biofiltro	-Controllo materiali in ingresso; -Preparazione del materiale; -Utilizzo di EM; -Strippaggio dei gas mediante l'impianto di aerazione, e trattamento con biofiltro; -Raccolta e trattamento aria nelle aree coperte
Costi iniziali	Basso	Basso	Medio	Elevato
Costi operativi	Medio	Medio	Basso	Elevato

Note:

(1): Seppure consista fondamentalmente nello stesso processo degli impianti centralizzati, la qualità raggiungibile viene considerata inferiore perché molto frequentemente le operazioni di rivoltatura sono ridotte, con conseguenti effetti negativi sulla qualità del prodotto (es. effetto bordo).

(2): Qualità raggiungibile ulteriormente inferiore per l'assenza delle operazioni di rivoltatura.

(3): Il Know how disponibile in Svizzera è elevato, per lo meno in comparazione alle nazioni confinanti, ma obbliga a rivolgersi ad aziende specializzate che possono eventualmente determinare uno stop nel processo nel caso non

fossero presenti o sufficientemente reattive sul territorio.

(4): Fonte; US Environmental Protection Agency, Decision Maker's guide to solid waste management

(5): Tempo di maturazione adottato dall'impianto Tricomix SA di Cadenazzo.

(6): Comprende tutte le superfici impiegate dagli impianti (aree di fermentazione e maturazione, ma anche piazzole di lavorazione, uffici e aree tecniche). Stima definita in base ai dati medi forniti dalla VKS-ASIC, a dati presenti in bibliografia e a elaborazioni effettuate da Dionea SA. La valutazione è da considerare indicativa in quanto fortemente influenzata sia da numerosi fattori, illustrati nel testo, difficilmente valutabili in forma univoca.

4.2 BIOGAS

4.2.1 IL PROCESSO DI PRODUZIONE DEL BIOGAS IN BREVE

Il biogas viene prodotto per digestione anaerobica della sostanza organica. Il processo è operato da una associazione di batteri che si sviluppano in condizioni di assenza di ossigeno e che sono in grado di rompere le molecole complesse in molecole più semplici che, attaccate dai batteri metanogeni, permettono la produzione di biogas.

Il biogas è una miscela di gas a composizione variabile; i componenti principali sono il metano (mediamente il 60%) e l'anidride carbonica. Oltre a questi composti principali, sono generalmente presenti quantità variabili di vapore acqueo e idrogeno, oltre che alcune impurità, quali l'acido solfidrico e l'ammoniaca. Questi due ultimi composti sono i principali responsabili delle emissioni di odore del processo.

Il processo è di tipo esotermico. Il calore viene prodotto dal metabolismo dei batteri; in funzione della temperatura raggiunta vengono classificati i processi di metanizzazione. Il processo mesotermico viene operato da miscele di batteri mesofili, in grado di raggiungere al massimo i 45°C. In particolari condizioni la temperatura può aumentare ulteriormente grazie allo sviluppo dei batteri termofili, che elevano la temperatura fino al limite a circa 75°C. Comunemente il processo si definisce mesofilo se raggiunge temperature comprese tra 35 e 37°C, termofilo se supera la temperatura di 55°C.

La produzione del biogas non è costante durante tutto il processo, ma raggiunge un picco massimo nella fase centrale. Nelle prime fasi la produzione aumenta progressivamente in funzione della proliferazione batterica; nella seconda fase la diminuzione viene determinata dalla progressiva diminuzione della materia digeribile.

I tempi di processo variano in funzione della qualità del materiale trattato e della temperatura di processo. Il processo mesofilo è infatti generalmente più lento di quello termofilo. Il tempo necessario al processo viene generalmente adattato in funzione del flusso di biogas ottenuto e delle esigenze di smaltimento dei materiali. In alcuni impianti il calore prodotto dal processo non è sufficiente e ne viene fornito dall'esterno, ad esempio sfruttando il calore prodotto dall'impianto di cogenerazione.

Il biogas viene generalmente utilizzato direttamente sul luogo di produzione per la generazione combinata di calore ed energia elettrica (cogenerazione). Parte del calore può essere impiegato per aumentare la temperatura di processo. Dopo opportuni trattamenti (deumidificazione, desolfatazione) è anche impiegato come combustibile per autotrazione, o immesso nella rete pubblica di distribuzione del gas.

Al termine del processo di digestione anaerobica il materiale organico rimanente viene chiamato digestato; questo non deve essere considerato uno scarto o un sottoprodotto del processo in quanto molto ricco di nutrienti utili per l'agricoltura. Il digestato viene

comunemente separato nelle due fasi, liquida e solida, che prendono il nome di digestato liquido e digestato solido. Se il materiale in ingresso è costituito in gran parte da materiale secco (digestione a secco, si veda oltre) il digestato liquido può essere scarso o completamente assente.

Il digestato liquido, quando presente, viene in parte utilizzato per alimentare il processo di fermentazione, accelerando la fase di start up. Il digestato liquido rimanente può essere utilizzato direttamente per la fertilizzazione di superfici agricole.

Il digestato solido, se prodotto rispettando la Lista positiva [12], può essere impiegato come ammendante in agricoltura. Se dopo il processo di fermentazione anaerobica subisce anche il processo di compostaggio, può anche essere impiegato in giardinaggio ed orticoltura.

4.2.2 TECNICHE DI PRODUZIONE DEL BIOGAS (METANIZZAZIONE)

Esistono due categorie di digestori in funzione del regime di funzionamento:

- Digestori in continuo: si tratta di impianti che prevedono l'ingresso in continuo di materiali organici e, conseguentemente, una produzione costante di biogas e digestato. Sono in genere vantaggiosi in condizioni di grossi volumi da trattare.
- Digestori in discontinuo (chiamati più comunemente *batch digesters*): consistono in differenti moduli che funzionano alternativamente. Il numero dei moduli e la durata dal processo può essere variata in funzione delle esigenze di produzione. Quando le celle sono caricate o svuotate la produzione di biogas viene interrotta. Grazie alla scalabilità dell'impianto, sono generalmente idonei a impianti di dimensioni da medie a piccole, nei quali i flussi di materiali in ingresso sono variabili.

In base invece alle caratteristiche del materiale in ingresso si definiscono due processi:

- Digestione liquida (*wet digestion*): il materiale fermentato è prevalentemente liquido, con un contenuto di sostanza secca inferiore al 2-15% del volume totale, a dipendenza della tecnologia impiegata. Gli impianti che usano questa tecnologia sono generalmente di tipo continuo.
- Digestione a secco (*dry digestion*): il processo prevede l'utilizzo di sostanze prevalentemente secche (materiale secco maggiore del 30% in peso). Il processo è meno efficace in quanto a produzione di biogas, ma permette di limitare i problemi legati alla gestione del digestato liquido che deve eventualmente essere fornito per consentire l'avanzamento del processo. Gli impianti che usano questa tecnologia possono essere sia continui che discontinui.

Le principali tecnologie presenti sul mercato svizzero per la produzione di biogas sono presentate di seguito:

Complete mix digester (o *continuous stirred tank digester-CSTD*)

Si tratta della tecnica maggiormente diffusa internazionalmente e prevede la formazione di digestori a pianta circolare, dove viene posto il materiale da trattare. Si tratta generalmente di impianti di tipo continuo, dove il materiale in ingresso deve avere un contenuto di solidi inferiore al 15%. Si tratta quindi di una tecnologia poco adatta a trattare esclusivamente scarti di origine vegetale. Il contenuto del digestore viene costantemente mescolato da agitatori. Il processo può necessitare la fornitura di calore dall'esterno per l'avanzamento del processo (calore prodotto dall'impianto di cogenerazione alimentato dallo stesso biogas prodotto).

Gli impianti possono essere costituiti da un unico digestore (impianti ad uno stadio) nel quale avvengono tutte le reazioni batteriologiche, o da più digestori (impianti multistadio, con due o più digestori in funzionamento in serie). Negli impianti multistadio in ogni digestore vengono ricreate le condizioni specifiche per la proliferazione delle associazioni microbiche responsabili di ogni singola fase del processo (ad esempio negli impianti a due stadi avvengono le reazioni di idrolisi, acidificazione e acetogenesi nel digestore primario, metanogenesi in quello secondario). Rispetto agli impianti ad uno stadio, quelli multistadio presentano una maggiore stabilità biologica del processo, maggiori capacità di adattamento a variazioni di quantità e qualità del substrato, e maggiori rendimenti nella produzione del biogas; per contro richiedono impianti più complessi e costosi.

In generale, indipendentemente dal numero degli stadi di processo, gli impianti necessari per il trattamento dei materiali in entrata ed in uscita sono complessi. Questa tipologia di impianti è più frequentemente utilizzata il trattamento di resti di allevamento (letame), acque reflue e in generale scarti organici liquidi (pompabili).

Un impianto di questo tipo è presente in Ticino, presso l'azienda agricola Ramello di Cadenazzo; l'impianto viene alimentato principalmente con concimi provenienti da più aziende agricole al quale vengono aggiunti anche resti vegetali, scarti alimentari e resti della lavorazione del latte [18]. L'impianto è dimensionato per ricevere circa 8'000 ton/a di materiali. Il tempo di permanenza nel digestore è variabile in funzione dei flussi in ingresso. L'impianto di Cadenazzo ha il fermentatore primario dimensionato per garantire una permanenza media di 38 giorni in condizioni di pieno carico (885 mc, al quale si aggiungono 1'000 mc per il postdigestore).

Vantaggi

- Le operazioni di carico e scarico sono semplificate (materiale pompabile);
- Elevata efficienza del processo.

Svantaggi

- Necessarie infrastrutture molto complesse;
- limiti molto stretti sulla qualità del materiale in ingresso (contenuto sostanza solida e scarti accidentali, minerali o plastici, che possono ostruire tubazioni o danneggiare le pompe);
- difficoltà nello smercio del digestato liquido.

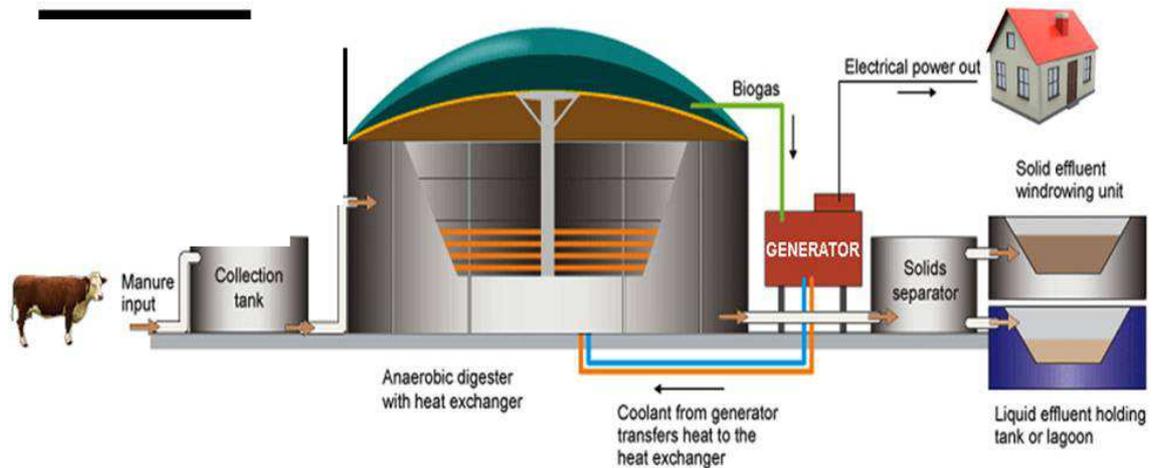


Figura 8: Complete mix digester. Esempio di impianto con cogeneratore. Fonte: anchor-international-llc.com.

Plug flow digester

Si tratta di un digestore che opera in continuo, con materiale avente contenuto in sostanza secca che può raggiungere il 35%. L'utilizzo di substrati con contenuti di sostanza secca maggiori deve prevedere l'immissione di acqua nel ciclo. In genere sono costituiti da contenitori allungati a forma di parallelepipedo o cilindrica, in calcestruzzo o metallo, installati orizzontalmente. All'interno è presente un agitatore che muove costantemente il materiale. L'entrata e l'uscita del materiale sono poste alle due estremità. Il digestore può essere riscaldato per agevolare la fermentazione. Il flusso del materiale è continuo: il materiale in entrata sposta quello presente all'interno; sul lato opposto il materiale al termine del processo esce progressivamente in seguito all'apportato nuovo materiale.

Il digestore può operare a differenti temperature, quindi sia in condizioni mesofile che termofile.

Il digestato in uscita viene separato nelle due frazioni (liquida e solida) per essere riutilizzato in agricoltura. Il digestato può essere utilizzato direttamente o subire ulteriori processi in post-fermentatori (di tipo complete mix digester).

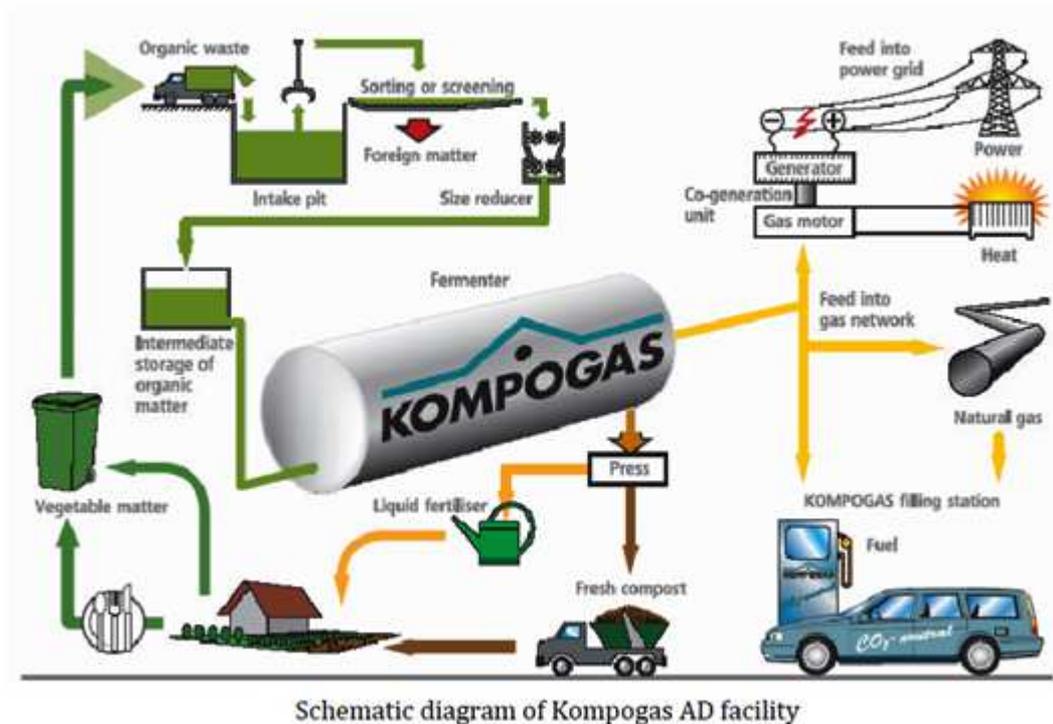


Figura 9: Schema concettuale di funzionamento dell'impianto Kompostogas. Fonte: <http://www.kompostogas-bioriko.ch>.

A titolo di esempio, in Svizzera impianti di questo tipo sono stati costruiti da Kompostogas. Il ciclo Kompostogas avviene nell'intervallo di temperature termofile (55-60°C), e con un tempo di permanenza di 14 giorni. Per il trattamento di scarti vegetali, costituiti quindi da un ridotto contenuto di liquidi, deve essere fornita acqua al processo. Secondo dati medi forniti da Kompostogas, per ogni tonnellata di scarti vegetali sono necessari in media 150 litri di acqua da immettere nel processo. Il ciclo proposto da Kompostogas non è dotato di post-fermentatori. Il digestato solido, separato da quello liquido mediante una filtropressa, viene compostato in fermentatori aerobici in box (in vessel composting), prodotti dalla ditta Thöni Industriebetriebe GmbH.

Vantaggi

- Elevata costanza nella produzione di biogas;
- Scalabile in funzione delle variazioni di quantità di materiale.

Svantaggi

- Elevato contenuto tecnologico, presenza di parti meccaniche in movimento soggette ad usura e manutenzione;
- Elevato costo;
- Difficoltà nella gestione dei residui solidi minerali che si depositano del digestore;
- Elevati consumi energetici (agitatore sempre in movimento);
- Se la fornitura di materiale è costituita da soli scarti vegetali, l'impianto necessita di una fornitura di acqua (circa 150 l/ton);
- Produzioni di quantità ingenti di digestato liquido, difficilmente gestibili e smerciabili in

determinate regioni e periodi dell'anno.

Digestori modulari in container o box

si tratta di digestori che operano in regime discontinuo in grado generalmente di accettare materiali con un elevato contenuto di sostanza secca (digestori a secco). Il materiale una volta immesso nel box di fermentazione non subisce più movimenti fino al termine del processo; in questo modo vengono ridotte drasticamente le esigenze impiantistiche e i consumi di funzionamento. Non necessitando operazioni di rivoltatura, il materiale in entrata può essere completamente solido.

Generalmente i box di fermentazione sono di piccole dimensioni; gli impianti sono per questo considerati molto facilmente scalabili e adattabili alle variazioni di fornitura di materiali. Per ovviare alla discontinuità del processo, generalmente vengono installati un minimo di 4-5 digestori che lavorano in sincronia per produrre un quantitativo costante di biogas.

Essendo il materiale in entrata di tipo secco, le operazioni di carico e scarico vengono effettuate con pale meccaniche gommate opportunamente adattate. Al termine delle operazioni di carico le porte del box vengono chiuse ermeticamente e inizia il ciclo di fermentazione. Può eventualmente essere utilizzato materiale parzialmente fermentato o del digestato liquido per l'avvio della reazione. Al termine del processo, ovvero quando la produzione di biogas decresce sensibilmente, l'aria interna ai box viene aspirata e trattata fino alla completa rimozione del biogas, quindi vengono aperte le porte per lo svuotamento. Le emissioni di odori sono limitate alla fase di apertura dei box, ma possono essere contenute se questi vengono installati in capannoni dotati di sistemi di controllo dell'aria e biofiltri.

Il processo viene svolto sia in regime mesofilo che termofilo. Gli impianti che operano in regime termofilo generalmente possiedono le pareti dei box riscaldate per accelerare il processo. Il calore viene generalmente ottenuto dall'impianto di cogenerazione alimentato con il biogas prodotto.

Il processo produce una ridotta quantità di digestato liquido che viene adoperato interamente per l'alimentazione del processo. Il prodotto di questo tipo di impianti è costituito solamente da biogas e da digestato solido il quale, dopo una fase successiva di maturazione in ambiente aerobico, può venire destinato all'agricoltura con le limitazioni riportate precedentemente.

Alcuni esempi di impianti sono commercializzati in Svizzera dalle ditte Bekon GmbH, Renergon AG, Schmack biogas GmbH. I tre impianti presentano le stesse caratteristiche di base (digestori secchi, discontinui, modulari), ma presentano una serie di caratteristiche che ne rendono differente l'affidabilità o l'efficienza.

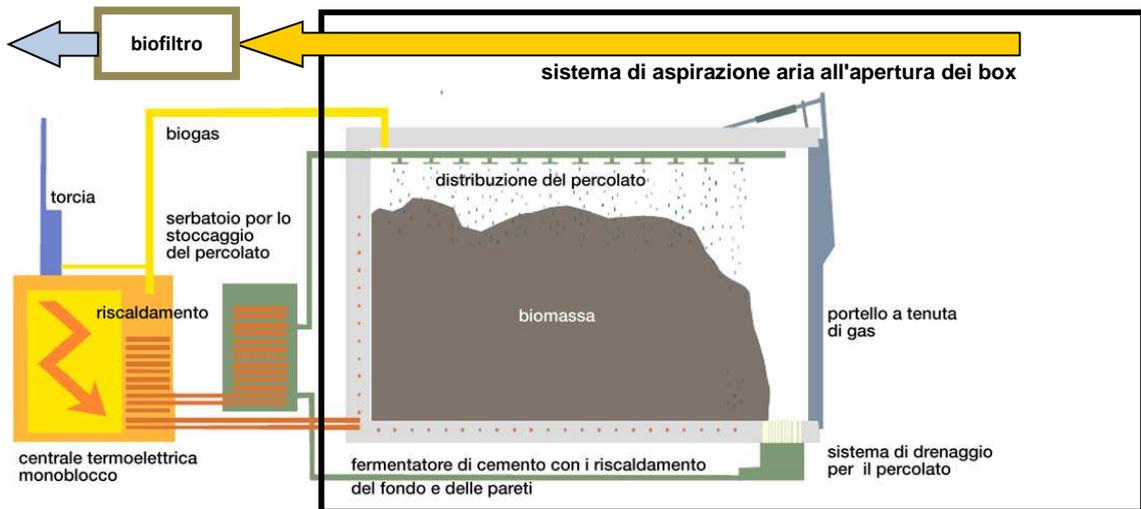


Figura 10: Schema di funzionamento di un impianto a secco, a ciclo discontinuo, in box riscaldati. L'esempio si riferisce al modello prodotto dalla Bekon GmbH. Fonte: www.bekon.eu, modificata.

Vantaggi

- Molto tollerante nell'accettazione del materiale: composizione e grado di umidità può variare in intervalli molto ampi;
- Scalabile;
- Tecnologia molto semplice e robusta;
- Generalmente più economica degli impianti a digestione umida;
- Possibilità di costruire impianti mobili.

Svantaggi

- Operazioni di carico e scarico non automatizzabili;
- Miscelazione del materiale non sempre ottimale; necessaria una buona preparazione del substrato;
- Minore efficienza nel consumo di superfici rispetto ai digestori umidi.

Sintesi

Di seguito si sintetizzano caratteristiche, vantaggi e svantaggi principali delle tecniche presentate. I valori sono da considerare medi; importanti variazioni nei valori medi riportati sono attribuibili a differenze nel substrato utilizzato e alle caratteristiche tecniche specifiche dei differenti produttori degli impianti. I valori riportati sono da considerare quindi come indicativi.

	Complete mix digester (CSTR)	Plug flow digester	Dry box digester
Tipo di processo	Fermentazione a umido	Fermentazione a umido Fermentazione a secco	Fermentazione a secco
Regime di funzionamento	Continuo	Continuo	Discontinuo
Temperatura di processo	Mesofila	Mesofila/Termofila	Mesofila/Termofila
Contenuto in sostanza secca (% in peso)	<15%	15-30% diametro < 50 mm (1)	>30% (con aggiunta di acqua/digestato)
Tipo di substrato accettato	Esigenze ristrette; elevato controllo sul materiale e operazione di preparazione del substrato	Esigenze ridotte; operazioni di preparazione del materiale sono comunque necessarie	Controlli necessari solo per garantire la qualità del prodotto; non essendoci parti mobili il digestore è in grado di accettare materiali molto diversificati
Scalabilità	Difficile	Possibile	Molto elevata
Mobilità	Non possibile	Non possibile	Possibile per alcuni tipi di impianti
Riscaldamento addizionale	Si/eventuale	Si/eventuale	Si/eventuale
Pesantezza infrastrutture	Elevata (sistemi di pompaggio e gestione del digestato liquido)	Da media a elevata (sistemi di preparazione del materiale e separazione/ trattamento del digestato; parti mobili dell'agitatore)	Impianti ridotti. Nessun pretrattamento necessario.
Tempo di fermentazione	4-5 settimane (2)	2 settimane	4-6 settimane
Manutenzione	Elevata	Elevata	Ridotta
Costi iniziali	Elevati	Medi	Medi
Costi operativi	Elevata	Elevata	Ridotti

Legenda dei colori

"Ranking"

	Peggior, più sfavorevole
	Intermedio, mediamente favorevole
	Migliore, più favorevole

Commenti:

(1): Dati specifici relativi agli impianti Kompogas. Fonte: [24].

(2): Fonte: dati progettuali contenuti nel documento [18], e riferiti solo al digestore primario. Il dato fa riferimento a un substrato differente da quello che verrà conferito al nuovo impianto al Pizzante; i valori sono quindi da considerare indicativi e finalizzati alla sola presentazione delle tecniche.

5

STIMA DEI FLUSSI IN INGRESSO

Il potenziale flusso di materiale entrante all'impianto è stato valutato sulla base dei dati contenuti nel censimento rifiuti del 2012 e verificato sulla base di quanto viene conferito attualmente all'impianto gestito dalla Compodino che opera nella regione e che, come detto, può essere preso come riferimento.

Il dimensionamento è stato effettuato considerando due categorie di rifiuti:

1. i rifiuti organici ex par. 2 del cap. G del PGR (rifiuti verdi raccolti dai comuni o gestiti direttamente dalle aziende che curano il verde, o dai privati);
2. parte di altri scarti vegetali, ex par. 4-5 del cap. G del PGR (scarti alimentari provenienti dalle economie domestiche o dall'industria alimentare in genere).

L'inserimento nel computo degli scarti alimentari viene effettuato considerando l'installazione di un processo in grado di operare a temperatura termofila, e quindi sarà in grado di ottemperare ai requisiti sanitari richiesti dalle direttive di riferimento ([12] e [13]). Viene escluso a priori la possibilità di utilizzare impianti mesofilli in quanto non consentirebbero il raggiungimento degli standard qualitativi auspicabili. Come si vedrà più avanti, il quantitativo di questo tipo di scarti non è tale da inficiare le valutazioni nel caso l'impianto che si insedierà sarà in grado di operare solo in regime mesofilo.

Non sono per contro stati considerati il letame e il colaticcio (par. 7 del cap. G del PGR) che attualmente vengono interamente impiegati per la concimazione diretta dei campi.

I valori relativi agli scarti vegetali sono ben consolidati in quanto sono supportati dalle statistiche cantonali, e dall'esperienza di Compodino SA, che già attualmente riceve questa tipologia di materiali. Il confronto dei dati registrati da Compodino SA e quelli cantonali permette di osservare come i principali flussi di materiali che sfuggano alle statistiche sono quelli relativi alle aziende di gestione del verde (verde pubblico, campi sportivi, manutenzione strade etc.), al verde conferito dai privati, e a quello prodotto nell'agricoltura e nella viticoltura.

Per quanto concerne gli scarti vegetali alimentari, le stime sono state basate unicamente sui valori di produzione disponibili a livello cantonale. Il quantitativo che potenzialmente potrebbe venire conferito all'impianto del Pizzante è puramente indicativo. Per questa categoria di rifiuti la stima è quindi affetta da una maggiore incertezza.

Per quanto riguarda i rifiuti provenienti dalle economie domestiche, è stato distinto il quantitativo di rifiuti che secondo le direttive in vigore necessita obbligatoriamente di un trattamento di igienizzazione (processo termofilo, vedi OESA), da quelli che non necessitano particolari attenzioni e sono destinabili direttamente al compostaggio (es. vinacce e resti della distillazione, scarti dell'industria alimentare di provenienza certa e con garanzia di assenza di resti animali; si veda [13]).

Nella stima dei quantitativi in entrata si è scelto inoltre di considerare un regime ordinario, e uno di picco che rappresenta eventuali emergenze prodotte per esempio da arresti di altri impianti in Ticino o da produzioni extra di materiali causate da eventi meteorologici come esondazioni o alluvioni a lago, situazioni peraltro già verificate (stimato un incremento del 50% sul quantitativo annuale ordinario).

La tabella seguente riassume i valori di riferimento.

INPUT

		Solo compostaggio, in campo aperto	Compostaggio con biogas (metanizzazione termofila)
1	Rifiuti organici (par. 2 cap. G PGR)		
	Quantitativo attualmente raccolto nei comuni di riferimento, secondo statistiche PGR, anno 2012 (1)	7000 ton/a	7000 ton/a
	Conferimento diretto giardinieri etc. (+30%)	2100 ton/a	2100 ton/a
	Incremento per apporti fuori raggio (+15%)	1365 ton/a	1365 ton/a
	Incremento stimato prossimi 20 anni (cfr. par. 3.2.3, +20%)	1820 ton/a	1820 ton/a
	Totale (regime normale)	12000 ton/a	12000 ton/a
	Emergenze (+50%)	6000 ton/a	6000 ton/a
	Totale (regime massimo)	18000 ton/a	18000 ton/a
2	Altri rifiuti organici (par. 4-5 cap. G PGR)		
	Totale (approx)	1000 ton/a	2000 ton/a
		Solo compostaggio, in campo aperto	Compostaggio con biogas (metanizzazione termofila)
Sintesi	Totale 1+2		
	Totale (regime normale)	13000 ton/a	14000 ton/a
	Totale (regime massimo)	19000 ton/a	20000 ton/a

OUTPUT

		Solo compostaggio, in campo aperto	Compostaggio con biogas (metanizzazione termofila)
FLUSSI IN USCITA (Solo compost)	(2)		
	Totale (regime normale)	8500 ton/a	9100 ton/a
	Totale (regime massimo)	12400 ton/a	13000 ton/a
		Solo compostaggio, in campo aperto	Compostaggio con biogas (metanizzazione termofila)
SUPERFICIE DA FERTILIZZARE	(3)		
	Totale (regime normale)	530 ha	570 ha
	Totale (regime massimo)	780 ha	810 ha

Note:

(1) Sono stati considerati i comuni previsti dal PGR per la regione del Locarnese (Ascona, Brione s. Minusio, Brissago, Gambarogno, Locarno, Losone, Minusio, Muralto, Orselina, Ronco s/Ascona, Tenero-Contra) e quelli posti entro un raggio di 10 km dall'ubicazione prevista per l'impianto (Avegno Gordevio, Cugnasco-Gerra, Gordola, Lavertezzo, Mergoscia, Vogorno).

(2) Si considera che 1 ton di scarti vegetali = 0.65 ton compost

(3) Quantitativo massimo stimato di 16 ton/ha*a calcolato sulla base dei quantitativi massimi indicati dall'ORRPChim.

Come si osserva dai dati presentati, il volume in entrata all'impianto varia solo in minima parte in funzione della tecnologia scelta per il processo (solo compostaggio, o compostaggio con valorizzazione del biogas), differenziandosi per sole 1000 ton/a. Per semplicità si propone quindi di considerare per entrambi i processi solo i valori riferiti all'impianto con fermentatore.

In sintesi quindi si considera come valori di base per il dimensionamento un **quantitativo in entrata variabile tra 14'000 ton/a (regime normale, relativo alle condizioni di utilizzo ordinarie) e 20'000 ton/a (regime massimo, relativo alle condizioni, sporadiche, di emergenza).**

6

POSSIBILI SINERGIE CON ACR

Allo scopo di valutare la possibilità di sinergie con l'impianto ACR, sono stati organizzati incontri con i responsabili della gestione della discarica (Ing. C. Broggin, Ing. Dugnani per ACR e Ing. L. Canepa come consulente tecnico esterno).

Le valutazioni si sono concentrate su due aspetti principali:

1. possibili sinergie nell'utilizzo del biogas, finalizzate alla creazione di un unico impianto di valorizzazione o immissione nella rete pubblica,
2. disponibilità di superfici interne all'impianto del Pizzante da destinare alle attività del nuovo impianti di compostaggio, con lo scopo di ridurre al minimo l'occupazione di aree agricole esterne.

Per quanto concerne il primo tema, lo sfruttamento congiunto del biogas non risulta più fattibile, in quanto il biogas prodotto attualmente dalle due discariche è fortemente ridotto: il flusso attualmente registrato è pari a circa 30-50 mc/h con un contenuto medio del 20-30% di CH₄, equivalente a un quantitativo di circa 7 kg/ora di CH₄. Il quantitativo, ma soprattutto la qualità del biogas prodotto, risulta insufficiente a qualsiasi tipo di valorizzazione. Attualmente ACR ha in corso un progetto per la realizzazione di una nuova torcia in grado di fiammare il biogas.

Relativamente all'utilizzo di superfici interne all'impianto del ACR del Pizzante, l'esame effettuato ha portato ad escludere gran parte delle superfici presenti tra i due corpi di discarica per i seguenti motivi:

1. presenza di un progetto in avanzato stato di sviluppo per la costruzione di una nuova torcia del biogas, il quale occuperà una buona parte della superficie pavimentata presente tra i due corpi di discarica;
2. presenza di infrastrutture per la raccolta dei liquami e del biogas che non sono delocalizzabili e che vanno mantenute in funzione per i prossimi 10-20 anni;
3. instabilità delle superfici al di fuori delle aree pavimentate e presenza di superfici di compensazione che impediscono di utilizzare le aree attualmente verdi, comprese le berme;
4. necessità di garantire la percorribilità delle piste interne alle aree in caso di manutenzioni ordinarie e straordinarie.

Le aree potenzialmente disponibili da destinarsi al nuovo impianto di compostaggio/biogas sono limitate sostanzialmente a:

- area attualmente già occupata da container della Compodino SA (affitto), con una superficie di circa 500 mq;
- area centrale, attualmente occupata da alcuni depositi per sostanze chimiche e dal laboratorio chimico (non più in funzione) che potrebbe essere destinata, previa delocalizzazione strutture esistenti, al nuovo impianto di biogas: superficie circa 900 mq;
- vasca di lavaggio ruote e striscia di terreno adiacente al confine occidentale della proprietà ACR, (superficie complessiva circa 1200 mq).

Le superfici disponibili non sono sufficienti per ubicare l'impianto interamente all'interno del Pizzante. Gli scenari dovranno pertanto considerare di ubicare l'impianto completamente all'esterno, o solo parzialmente all'interno.

Nel confezionamento degli scenari si fa quindi riferimento all'utilizzo solamente delle superfici ACR il cui utilizzo risulta già assodato da accordi diretti tra il gestore e Compodino SA, che saranno verosimilmente occupati anche dal nuovo impianto, ovvero:

- Area di deposito dei container, pari a circa 500 mq;
- vasca di lavaggio ruote e striscia di terreno adiacente al confine occidentale della proprietà ACR, (superficie complessiva circa 1200 mq).

L'utilizzo delle due superfici è auspicabile in quanto consentirà una ottimizzazione degli spazi e una riduzione dell'occupazione delle aree agricole di oltre 1500 mq.

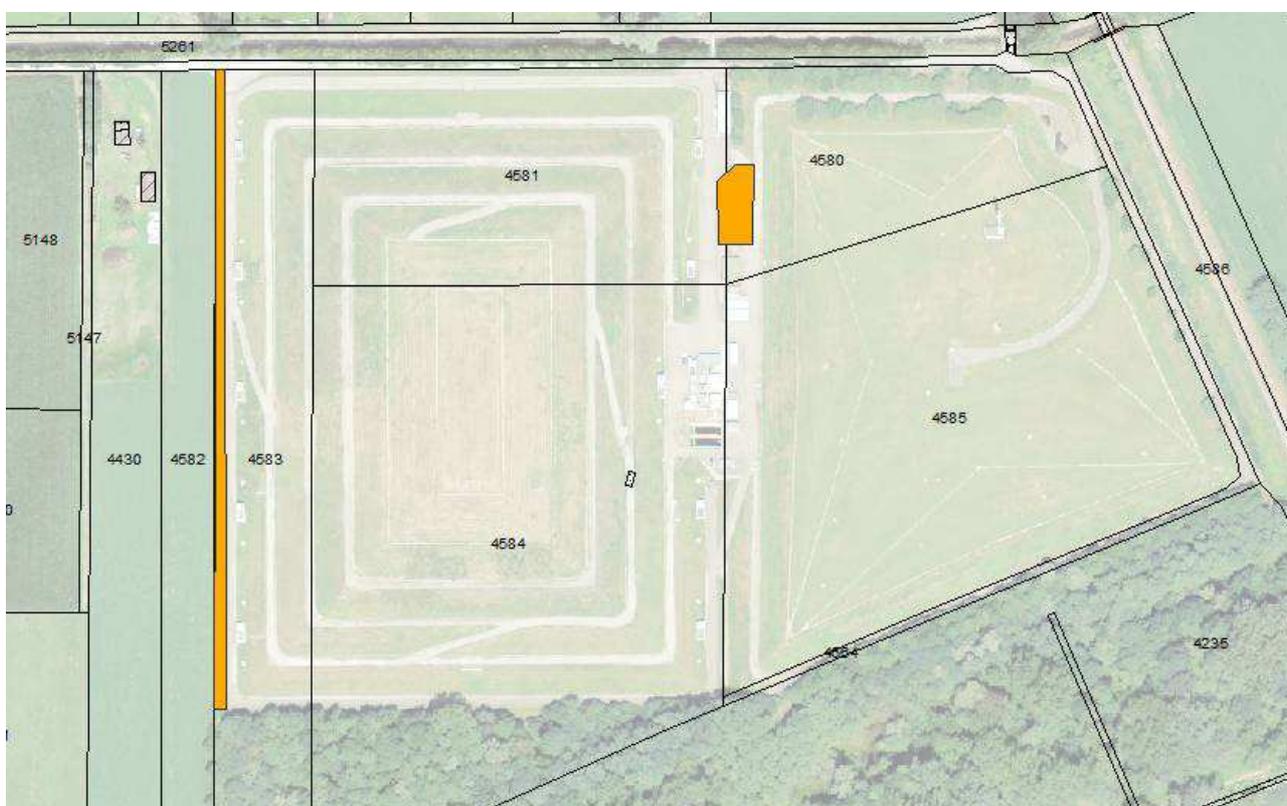


Figura 11: Aree gestite da ACR affittate già attualmente a Compodino SA per lo svolgimento di parte delle sue attività. L'area ad est (circa 500 mq) è utilizzata come deposito per container. A ovest l'area non è utilizzata attualmente ma sono già stati definiti gli estremi per un accordo di cessione che interessa la sola vasca di lavaggio delle ruote. L'eventuale ampliamento della superficie a tutta l'area prativa posta a sud della vasca (ad ovest della strada, quindi senza alcun pregiudizio alla mobilità interna di ACR) è auspicabile in quanto consentirebbe di risparmiare circa 1000 mq di superficie agricola. Nel complesso l'utilizzo di queste superfici di ACR consentirà di ridurre di oltre 1500 mq l'occupazione delle aree agricole.

7 TRAFFICO

Il tema degli accessi alla nuova struttura e della valutazione del traffico indotto è stato trattato dallo studio Brugnoli e Gottardi SA. Di seguito viene ripreso un breve estratto del rapporto, che costituisce parte dell'incarto.

In sintesi il rapporto stima il carico prodotto dalla nuova struttura, in base ai quantitativi indicati sopra e al traffico registrato presso la Compodino SA, e propone conseguentemente delle modalità di accesso.

Traffico indotto

Il traffico indotto è stato valutato per le condizioni di utilizzo normale (14'000 ton/a). Considerando che lo scenario di picco rappresenta delle fasi eccezionali che normalmente non verranno raggiunte, si è scelto di non effettuare simulazioni con un quantitativo di 20'000 ton/a, bensì con un quantitativo ridotto di 16'000 ton/a. Tale quantitativo si ritiene sufficientemente cautelativo (in eccesso rispetto al traffico ordinario) ma non eccessivamente gravoso e penalizzante.

Il traffico indotto dalla struttura è indicato nella tabella seguente:

	Dati attuali (1)	Dati futuri min (2)	Dati futuri max (3)
	10'000 ton/a	14'000 ton/a	16'000 ton/a
Veicoli leggeri	64	89	102
Furgoni	45	63	72
Camion	7	10	11
Trattori	9	12	14
Totale	124	174	199

Tabella 1: Dati di traffico registrati attualmente presso l'impianto Compodino SA (1) e stime per un quantitativo di 14'000 ton/a (2) e 16'000 ton/a (3). Fonte: Brugnoli e Gottardi SA, 2014.

Il piano di carico, e le differenze dovute all'ubicazione del nuovo impianto sono riportati nelle immagini seguenti.

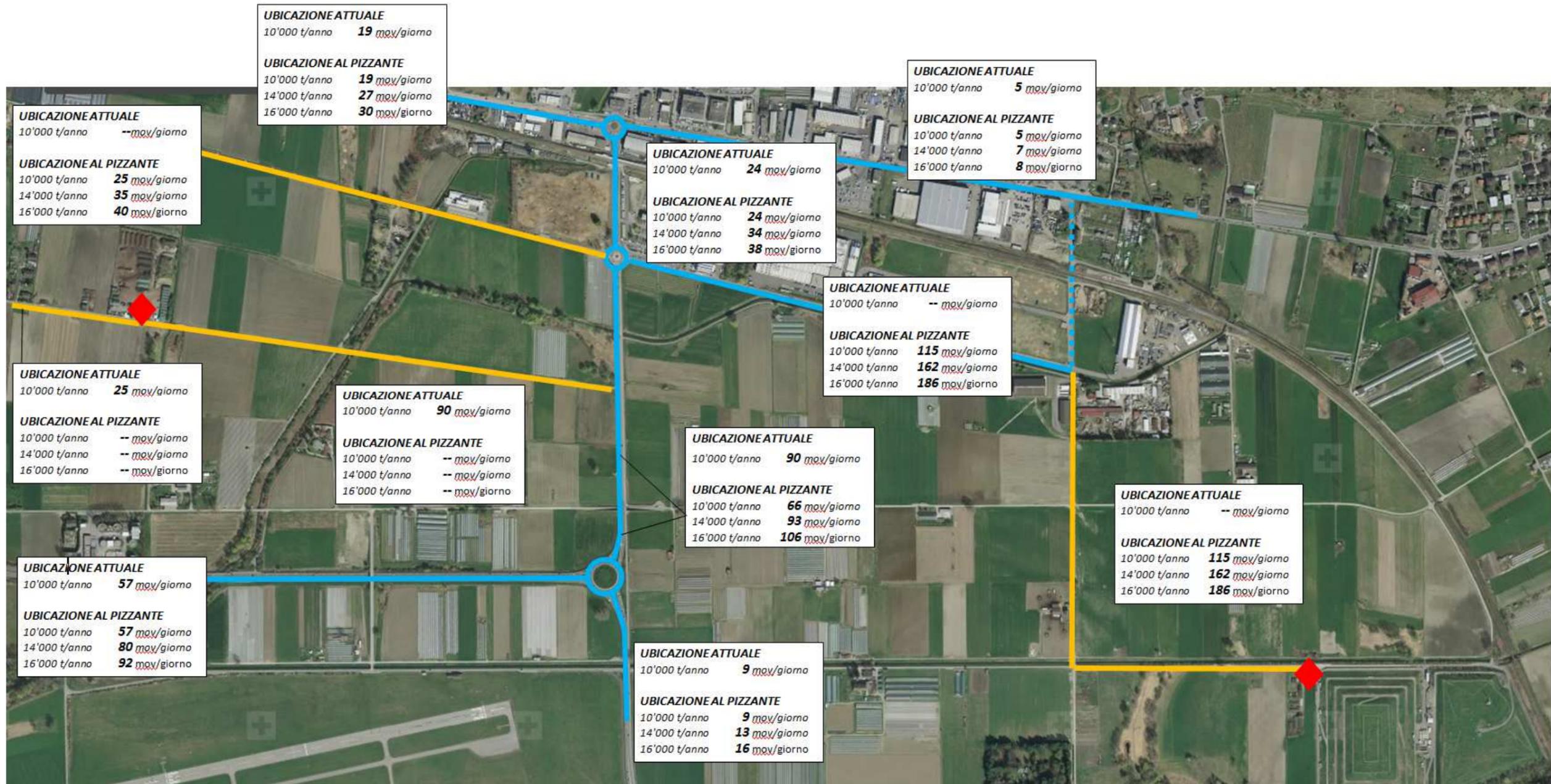


Figura 12: Traffico indotto - piano di carico (movimenti/giorno feriale). Elaborazione: Brugnoli e Gottardi SA.

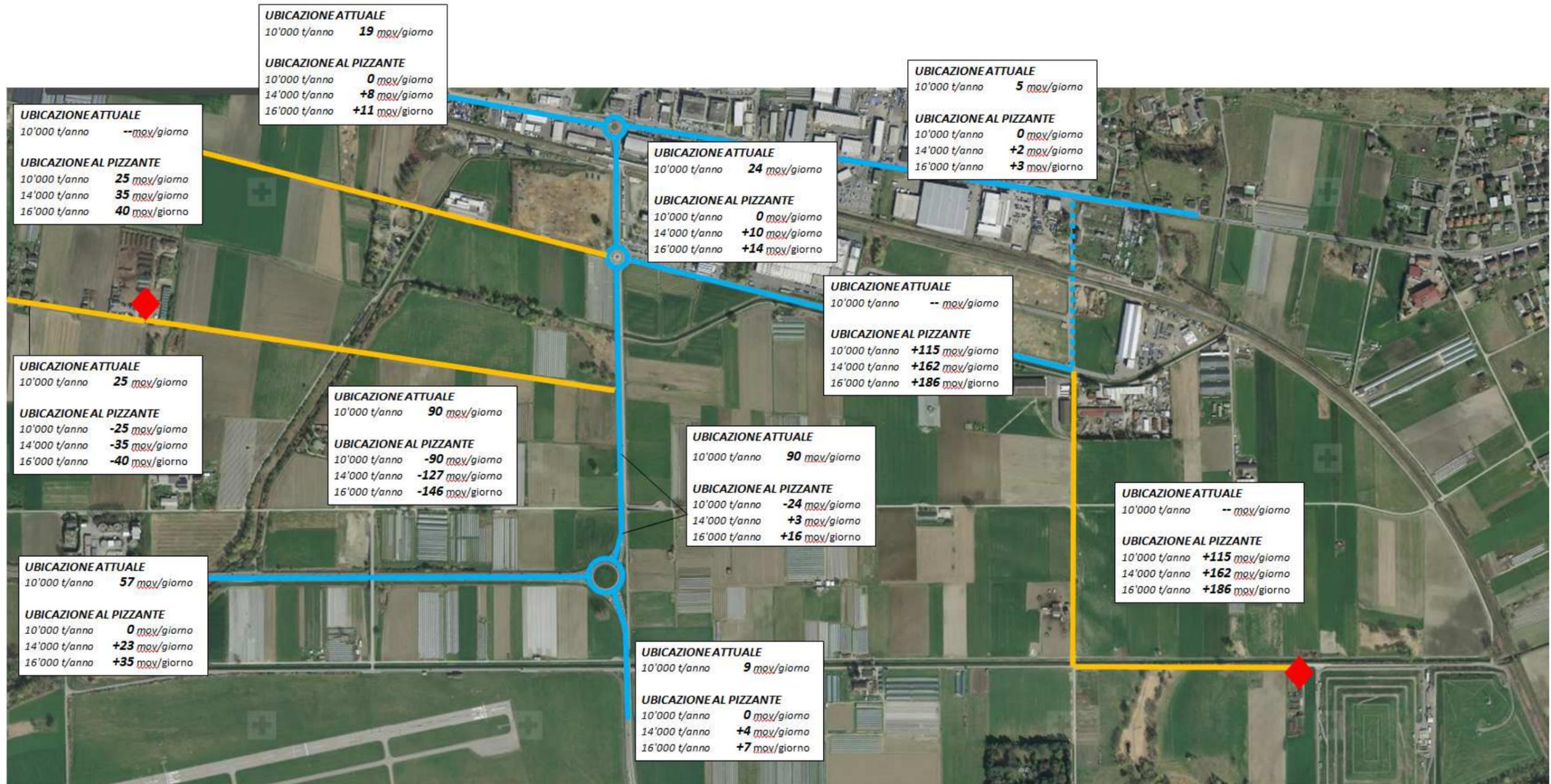


Figura 13: Traffico indotto - piano di carico. Differenze dovute all'ubicazione (movimenti/giorno feriale). Elaborazione: Brugnoli e Gottardi SA.

Modalità di accesso

L'accesso veicolare all'impianto può essere organizzato secondo due principi diversi, basati sulla circolazione a senso unico oppure bidirezionale. In entrambi i casi sono necessarie piazzuole di scambio per consentire l'incrocio tra veicoli¹ (in numero maggiore in caso di circolazione bidirezionale). I due principi possono essere combinati nei quattro schemi di base, illustrati graficamente nella figura seguente:

1. Staddonino/via Pizzante – via Campagna (andata e ritorno)
2. anello a senso unico Staddonino/via Pizzante – via Campagna – via Pizzante - Straddonino
3. Straddonino – via Pizzante (andata e ritorno)
4. Straddonino – via Pizzante (entrata) / via Pizzante – via ai Pontini (uscita)

Gli schemi 3 e 4 possono eventualmente essere combinati, per assicurare la massima flessibilità di impiego della rete stradale. La direzionalità del percorso 2 può essere invertita. Il collegamento alla strada cantonale in località Lavertezzo Piano, comune a tutte le varianti, è condizionato dai limiti di altezza del manufatto.

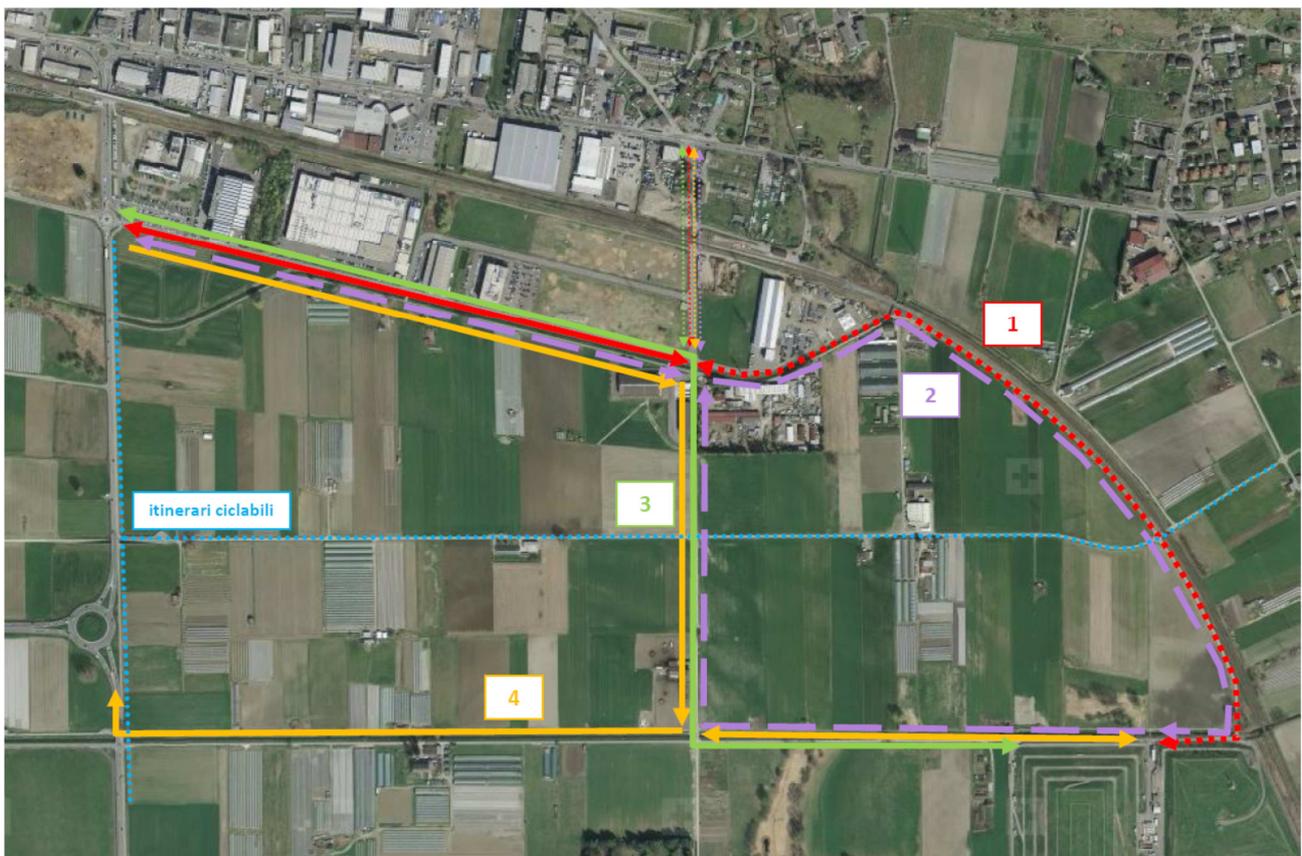


Figura 14: Possibili alternative di accesso al nuovo impianto di compostaggio e biogas. Elaborazione: Brugnoli e Gottardi SA.

¹ deve essere considerato anche il traffico già presente sulla rete stradale del comparto, prevalentemente a carattere agricolo

I percorsi sono caratterizzati dalla presenza di alcune situazioni di conflitto, evidenziate nella figura seguente, che concorrono a definire la qualità e la funzionalità dei medesimi.

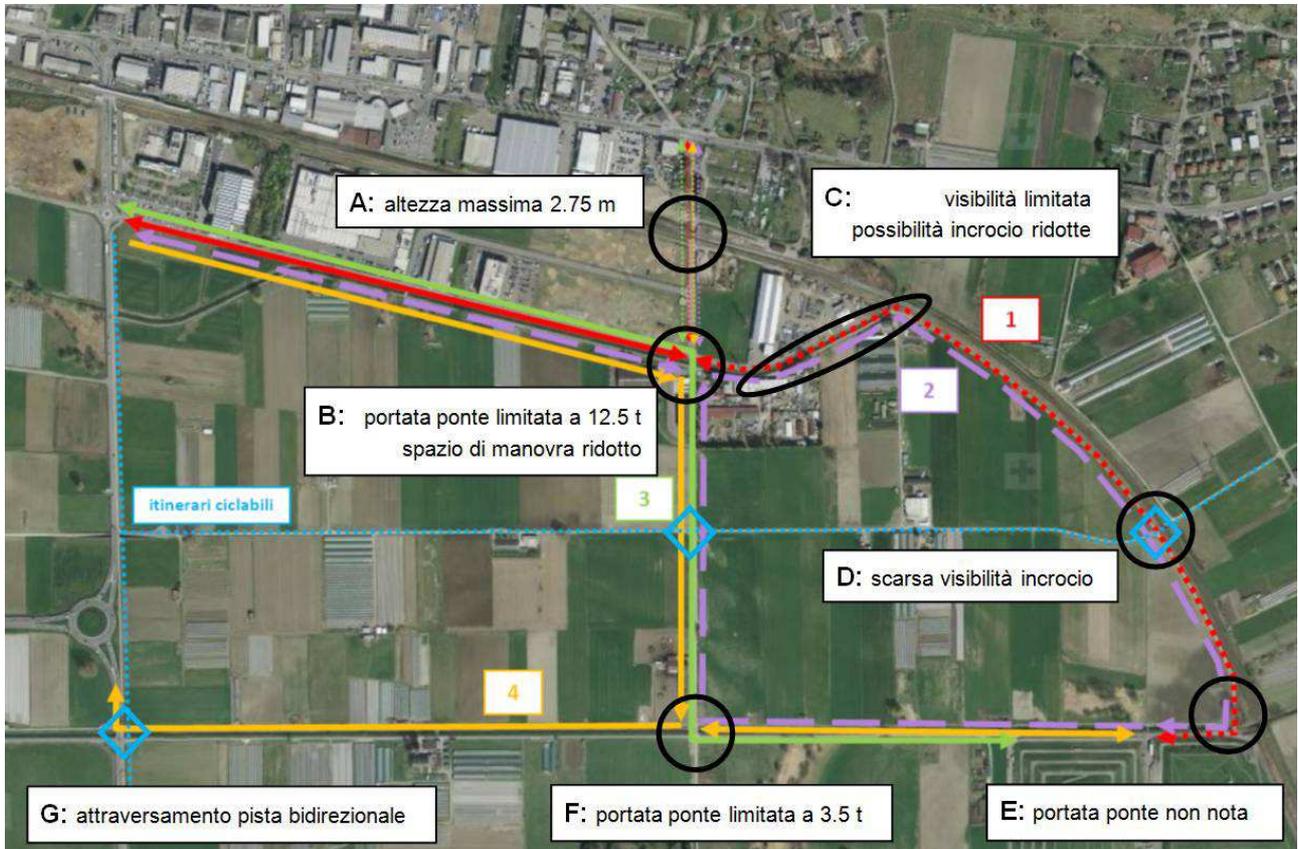


Figura 15: Principali conflitti lungo il percorso. Elaborazione: Brugnoli e Gottardi SA.

Valutazione degli schemi di allacciamento

La tabella seguente confronta e mette in rango la qualità dei quattro schemi di allacciamento rispetto a criteri legati alla funzionalità, all'infrastruttura e alla conflittualità con gli altri utenti del comparto (residenti e traffico agricolo).

	SCHEMA				Osservazioni
	1	2	3	4	
Condizioni di visibilità lungo il percorso	4	3	1	1	conflitto C
Disturbo insediamenti, conflittualità con i pedoni	4	3	2	1	(conflitto C)
Funzionalità e sicurezza innesti sulla rete stradale principale	1	1	1	4	Penalizzazione per sbocco su SC attraverso pista ciclabile
Necessità di incrocio tra veicoli	4	1	3	2	
Condizioni di attraversamento delle piste ciclabili	4	3	1	2	
Funzionalità del percorso, (manovre e incroci)	4	3	2	1	conflitto B / conflitto C
Comprensibilità e flessibilità del percorso	1	1	1	1	
Adeguatezza strutturale (manufatti)	1	2	4	3	conflitto F / conflitto B / conflitto E
Rango complessivo	4 (23)	3 (17)	1 (15)	1 (15)	

Tabella 2: Valutazione degli schemi di allacciamento (rango). Elaborazione: Brugnoli e Gottardi SA.

Dalla tabella si evince come gli schemi di allacciamento 3 e 4 siano da considerare equivalenti e più efficaci rispetto agli schemi 1 e 2.

Gli schemi 3 e 4, non entrano in conflitto con il comparto a carattere lavorativo e abitativo, situato in località Arcozzo (punto C nella Figura 15).

Lo schema 1 si rivela il meno efficace tra quelli considerati, sia perché prevede l'attraversamento del citato insediamento sia sul percorso di andata che su quello di ritorno, che a causa delle scarse condizioni di visibilità locali e della mancanza di spazi adeguati per la realizzazione di piazzuole di scambio.

Per tutti gli schemi di allacciamento deve essere verificata l'idoneità del ponte di accesso al comparto agricolo (conflitto B – cfr. figura), limitata a 12.5 tonnellate. Gli schemi 3 e 4 richiedono verosimilmente anche il rinforzo del ponte (conflitto F – cfr. figura 4), la cui portata sembra essere limitata a 3.5 tonnellate.

Valutazione generale

La maggior sollecitazione della rete stradale agricola nel comparto del Pizzante si situa tra 15 e 20 movimenti/veicolari all'ora (lu-ve) ed è quindi da ritenere moderata. Durante il fine settimana l'impianto è chiuso.

Il moderato aumento dei flussi di traffico può essere assorbito dalle strade esistenti e non giustifica l'allargamento del campo stradale: la probabilità di incrocio tra due veicoli è infatti scarsa e può essere fronteggiata sia tramite un adeguato numero di piazzuole di scambio che dall'eventuale introduzione di un percorso a senso unico per il traffico indotto (necessità di incrocio limitata al traffico agricolo). Quest'ultima modalità presenta tuttavia una serie di altri

inconvenienti che non ne consigliano l'adozione, se non limitatamente a singole tratte (cfr. schema viario 4).

Tra gli schemi considerati, ed eventuali altre possibili combinazioni degli elementi di base (tratte stradali), appaiono consigliabili lo schema 3 o lo schema 4. Questi due schemi possono essere combinati, concedendo l'uscita diretta sulla strada cantonale (con attraversamento della pista ciclabile) solo a precise categorie di veicoli (ad esempio quelli pesanti). Lo schema 4 riduce sensibilmente le necessità di incrocio tra veicoli, che permarrebbero solo sulla tratta finale verso il nuovo impianto (già dotata di tre piazzuole di scambio).

Per le ragioni precedentemente esposte, lo schema di allacciamento 1 è sconsigliabile. Seppur meno problematico del precedente, anche lo schema 2 (basato sulla circolazione a senso unico) non può essere consigliato.

Provvedimenti funzionali da adottare per i collegamenti consigliati (3 e 4)

Vengono qui riportati gli adeguamenti funzionali necessari all'utilizzo dei collegamenti 3 e 4 i quali risultano i più favorevoli. Per una valutazione degli interventi eventualmente necessari anche sulle opzioni 1 e 2 si rimanda al testo integrale redatto da Brugnoli e Gottardi SA in Allegato 2.

Schema 3 Stradonino – via Pizzante (andata e ritorno)

- potenziamento di 2 piazzuole di scambio esistenti (necessità di spazio stimata a ca. 50 m²);
- realizzazione di 2 piazzuole di scambio nuove (posizioni da verificare sul posto). Il fabbisogno di terreno può essere indicativamente stimato a $2 \times 45 \text{ m}^2 = 90 \text{ m}^2$;
- verifica ed eventuale rinforzo del ponte che dà accesso al comparto agricolo, la cui portata segnalata è attualmente di 12.5 tonnellate (inferiore al peso di un camion carico);
- rinforzo del ponte di via Pizzante, la cui portata segnalata è di 3.5 tonnellate (potenzialmente inferiore al peso di un camion scarico).

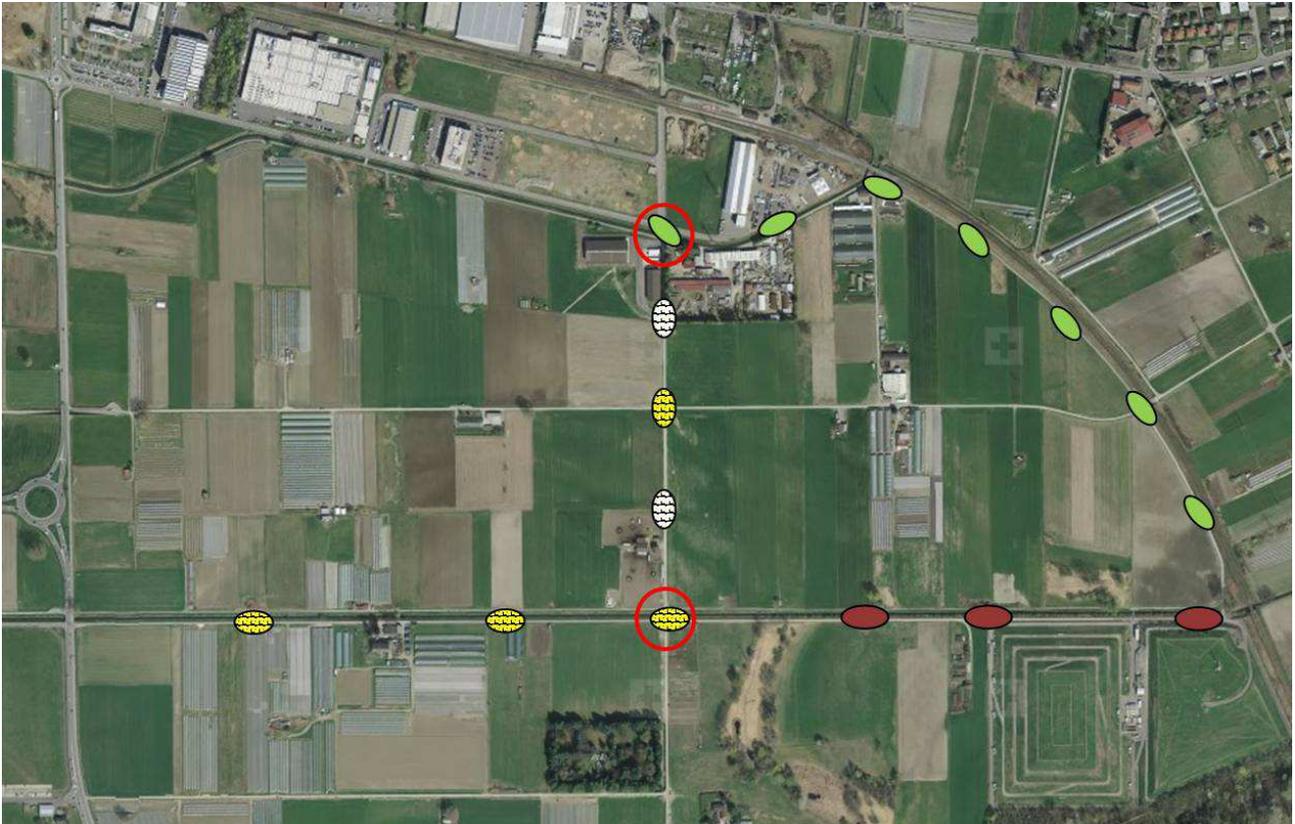
Schema 4 Stradonino – via Pizzante (entrata) / via Pizzante – via ai Pontini (uscita)

- potenziamento di 4 piazzuole di scambio esistenti (necessità di spazio stimata a ca. 100 m²);
- realizzazione di 2 piazzuole di scambio nuove (posizioni da verificare sul posto). Il fabbisogno di terreno² può essere indicativamente stimato a $7 \times 45 \text{ m}^2 = 90 \text{ m}^2$;
- verifica ed eventuale rinforzo del ponte che dà accesso al comparto agricolo, la cui portata segnalata è attualmente di 12.5 tonnellate (inferiore al peso di un camion carico);
- rinforzo del ponte di via Pizzante, la cui portata segnalata è di 3.5 tonnellate (potenzialmente inferiore al peso di un camion scarico);

² dimensioni piazzuola: 3.0 m x 15.0 m

- misure di segnaletica adeguate per l'attraversamento della ciclo pista parallela alla strada cantonale.

La figura seguente illustra gli interventi necessari.



Legenda:

- Piazzuole esistenti
- Piazzuole esistenti da ingrandire / schemi di allacciamento 3 e 4
- Piazzuole nuove / schemi di allacciamento 1 e 2
- Piazzuole nuove / schemi allacciamento 2, 3, 4
- Ponti da rinforzare

Figura 16: Provvedimenti infrastrutturali necessari lungo i diversi percorsi possibili. Elaborazione: Brugnoli e Gottardi SA.

8

ENERGIA

Il biogas prodotto da questa tipologia di impianti può essere impiegato nei modi seguenti:

1. cogenerazione: il gas prodotto viene valorizzato in situ attraverso un impianto di cogenerazione che consente la produzione congiunta di elettricità e calore. Gli impianti di cogenerazione consentono il raggiungimento di efficienze superiori a quelle ottenibili da impianti che producono elettricità e calore separatamente. Inoltre il calore e l'elettricità prodotti possono essere utilizzati localmente per l'alimentazione dell'impianto, ed essere congiuntamente ceduti in caso di eccesso di produzione. La cogenerazione prevede l'installazione di un impianto (turbina o motore a scoppio, con generatore elettrico e impianto di recupero del calore) generalmente semplice e facilmente scalabile, poco soggetto a variazioni qualitative e quantitative del biogas. La cessione dell'elettricità implica una semplice connessione alla rete elettrica; mentre per la cessione a terzi del calore è necessaria l'installazione di tubazioni coibentate per il trasporto dell'acqua calda. La distanza tra la produzione del calore (impianto di cogenerazione) e l'utenza finale (industria, serre o area residenziale) costituisce quindi il fattore chiave nella valutazione della fattibilità di questa soluzione.
2. immissione in rete: il gas prodotto viene immesso nella rete di distribuzione del gas per una valorizzazione ex situ. L'immissione in rete è subordinata a un trattamento del biogas per la rimozione dello zolfo (desolforazione). Le principali condizioni limitanti sono la presenza di reti nelle vicinanze e la qualità del biogas prodotto. Attualmente non è presente una rete di distribuzione di gas naturale nelle vicinanze dell'impianto, ma è possibile sia presente in un prossimo futuro (rete Metanord già presente a Quartino e Riazino, [23]).
3. autotrazione: il biogas viene destinato all'alimentazione di mezzi di trasporto dotati di motore endotermici a gas. Per poter essere utilizzato nei motori il biogas deve rispondere a requisiti qualitativi ancora più stretti di quelli necessari all'immissione in rete: la presenza di zolfo nel gas è infatti problematica in quanto provoca la corrosione delle parti metalliche e la conseguente usura accelerata dei motori. I principali fattori limitanti nell'utilizzo del gas per l'autotrazione sono quindi legati alla qualità del biogas prodotto e alla presenza di un mercato al quale cedere il gas.
4. combustione in loco: il biogas viene fiammato sul posto e viene eventualmente recuperato il calore per il processo di compostaggio e/o fermentazione. Questa soluzione è generalmente percorribile in caso di flussi di biogas ridotti o di scarsa qualità, per i quali non sono economicamente sostenibili i processi di valorizzazione più complessi indicati sopra. Il calore può comunque essere recuperato per il riscaldamento dei fermentatori e per l'eventuale essiccazione di chips di legno da destinare ad altri utilizzi. Inoltre vengono comunque annullate le emissioni di metano, gas ad elevato effetto serra.

Considerando un flusso di materiali in ingresso al fermentatore di circa **7'000 ton/a** (ipotesi conservativa definita considerando che solo il 50% del volume complessivo in ingresso in condizioni ordinarie, cfr. par. 5, presenta caratteristiche idonee a subire un processo di fermentazione), e stimando un **rendimento medio di biogas pari a 100 Nmc/ton** (rendimento medio per impianti con fermentazione a secco che trattano erba), si può stimare una **produzione media di circa 0.7 Mio Nmc/a di biogas**, equivalenti circa a 80 Nmc/h.

Considerando di valorizzare il biogas attraverso un impianto di cogenerazione, si stima una potenza elettrica di circa 240 kW_{el} (circa 1'400 MWh_{el}/a) e una potenza termica complessiva di circa 260 kW_t (circa 1'550 MWh_t/a).

Ipotizzando un consumo interno di calore pari al 70% del totale (riscaldamento fermentatori), ne risulta una disponibilità di calore per cessione a terzi di circa 465 MWh_t/a.

Nella tabella seguente si riassumono i dati, approssimati, presentati:

		Valore di riferimento	Fonti
BIOGAS	Rendimento medio produzione di biogas	100 Nmc/ton	Dati medi impianti Bekon [25]; Banca dati progetto Spin (Sustainable production through innovation in SMEs),[26]; Banca dati CropGen [27].
	Flussi in ingresso al fermentatore	7'000 ton/a	Ipotesi di lavoro (50% del flusso totale in ingresso, cfr. cap. 5)
	Produzione di biogas	0.70 Mio mc/a 80 mc/h	
ELETTRICITA'	Rendimento produzione elettrica	0.03 kW _{el} /ton·a 230 kWh _{el} /ton·a	Dati medi impianti Bekon
	Potenza elettrica	240 kW_{el}	
	Energia elettrica prodotta	1'400 MWh_{el}/a	
	Consumo elettrico nel processo	10%	Dato relativo a un impianto paragonabile per dimensioni e tipologie di materiali trattati (Langenau, [28])
	Potenza elettrica disponibile per cessione a terzi	220 kW_{el}	
	Energia elettrica disponibile per cessione a terzi	1'300 MWh_{el}/a	
CALORE	Rendimento medio produzione termica	0.04 kW _t /ton·a 220 kWh _t /ton·a	Dati medi impianti Bekon
	Potenza termica	260 kW_t	
	Produzione termica totale	1'550 MWh_t/a	
	Consumo termico nel processo	70%	Dati medi impianti Bekon
	Potenza termica disponibile per cessione a terzi	80 kW_t	
	Energia termica disponibile per cessione a terzi	465 MWh_t/a	

8.1 CESSIONE DEL CALORE PER LE ATTIVITÀ AGRICOLE

La fattibilità di una cessione del calore eccedente alle attività agricole della zona è fondamentalmente determinata dalla distanza da coprire con le tubazioni che trasportano il calore.

Il costo unitario varia tra i 300 e 500 chf/ml di tubazione (costo comprendente lo scavo e la posa).

Considerando che mediamente per le serre sono richiesti circa **73 W_t/mq** e una **potenza disponibile di circa 80 kW_t** , ne risulta una **superficie riscaldabile di circa 1'100 mq**.

La cessione del calore ad attività agricole sarà limitata al periodo freddo (indicativamente 4 mesi, da novembre a febbraio); nei restanti mesi il calore eccedente potrà essere destinato ad altre produzioni (es. essiccazione chips di legno per impianti termici a cippato).

Le serre esistenti più vicine al sito del Pizzante sono riportate nell'immagine seguente; la serra più vicina (A nella Figura 17) dista circa 450 m con una superficie totale di circa 17'000 mq.

Il piano delle zone del PUC-PPdM non riporta nell'intorno delle aree azionate come Zone agricole attrezzate. non è pertanto prevedibile che nel corto e medio termine sorgano dei nuovi tunnel riscaldati su superfici più vicine al sito di pianificazione del nuovo impianto.

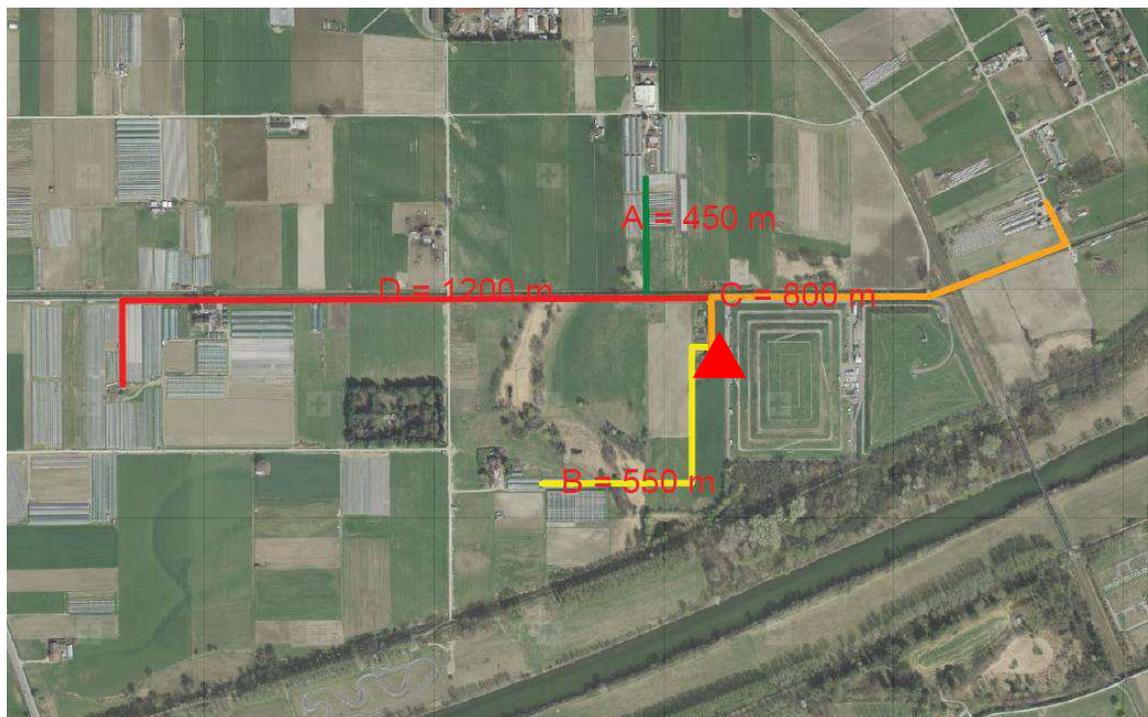


Figura 17: Ubicazione dei principali gruppi di serre nell'intorno del Pizzante, e relativa distanza indicativa (tracciato delle tubazioni a titolo puramente indicativo). Elaborazione: Dionea SA.

8.2 POSSIBILI SINERGIE CON LA RETE DI TELERISCALDAMENTO

Considerando una **potenza termica disponibile di circa 80 kW_t** , e un fabbisogno medio di circa **50 W_t/mq** (corrispondente a una abitazione mediamente coibentata), al netto delle perdite della rete (stimate in un 10% della potenza immessa) **si stima di poter riscaldare una superficie abitata di circa 1'400 mq circa**.

L'efficienza delle reti di teleriscaldamento è tanto più alta, quanto più è elevata la densità abitativa, o in generale quanto sono più vicini i centri di consumo. L'area di riferimento è pertanto da considerarsi di principio poco idonea. Per questo motivo attualmente non sono presenti reti di teleriscaldamento in prossimità dell'area del Pizzante, né tantomeno è prevista la costruzione

La possibilità di allacciarsi a reti di teleriscaldamento, appare quindi ragionevolmente da scartare, almeno nelle condizioni attuali.

9

VINCOLI LEGATI ALLA PROTEZIONE DELLE ACQUE

La gestione del percolato prodotto dai cumuli di compost crea varie problematiche legate alla particolare condizione chimica degli stessi. La dispersione nell'ambiente dei percolati crea problemi a causa sia all'elevato contenuto di nutrienti (caratteristica essenziale del percolato del compost), che alla possibile presenza accidentale di microinquinanti organici e metalli.

Lo studio promosso dall'UFAM, UFAG e UFE [14] mostra una panoramica dei composti di tipo organico frequentemente presenti nel compost e nel percolato. L'inquinante maggiormente diffuso, rilevato con i maggiori tenori, è costituito dagli Idrocarburi policiclici aromatici (HAP). I dati riportati dallo studio mostrano inoltre la tendenza di gran parte delle sostanze organiche ad accumularsi nella fase liquida, che comporta tenori generalmente maggiori degli inquinanti nel percolato.

Le principali fonti di inquinamento sono costituite dalla errata separazione dei materiali in ingresso, dall'uso di prodotti fitosanitari (generalmente più presenti negli scarti domestici), dall'inquinamento diretto dei vegetali (es HAP e metalli nelle aree verdi a bordo strada) e dalla ricaduta atmosferica di polveri e sostanze prodotte dalla combustione (HAP).

Nonostante gli elevati standard di qualità riconosciuti nella produzione svizzera [14], garantiti anche dall'adozione della "Lista positiva" per il controllo dei materiali in ingresso [12][13], la dispersione non controllata del percolato prodotto dal compostaggio è da evitare.

Pur considerando che il processo di compostaggio di rifiuti verdi vegetali, derivanti prevalentemente dalla gestione di aree verdi e agricole, in condizioni ordinarie, è un processo in deficit di acqua (l'acqua viene addizionata al processo, almeno nei periodi di assenza di precipitazioni), e che il lisciviato costituisce un'importante risorsa per l'alimentazione del processo di fermentazione, la corretta gestione dei liquidi prodotti è fondamentale per ridurre il rischio di impatti sulla qualità degli ambienti acquatici limitrofi al sito di progetto.

Per le ragioni riportate sopra (ciclo in deficit di acqua, forte interesse nel riciclo del percolato per il recupero dei nutrienti) le problematiche sono essenzialmente limitate ai periodi di intense precipitazioni, durante i quali l'acqua fornita ai cumuli in fermentazione e maturazione eccede il fabbisogno.

9.1 VINCOLI ESISTENTI

Acque sotterranee

Come richiamato dalla Direttiva cantonale sul compostaggio centralizzato [10], gli impianti non possono essere costruiti in zone e aree di protezione delle acque sotterranee.

L'area del Pizzante non è interessata dalla presenza di vincoli di tutela delle acque sotterranee (zone, settori o aree).

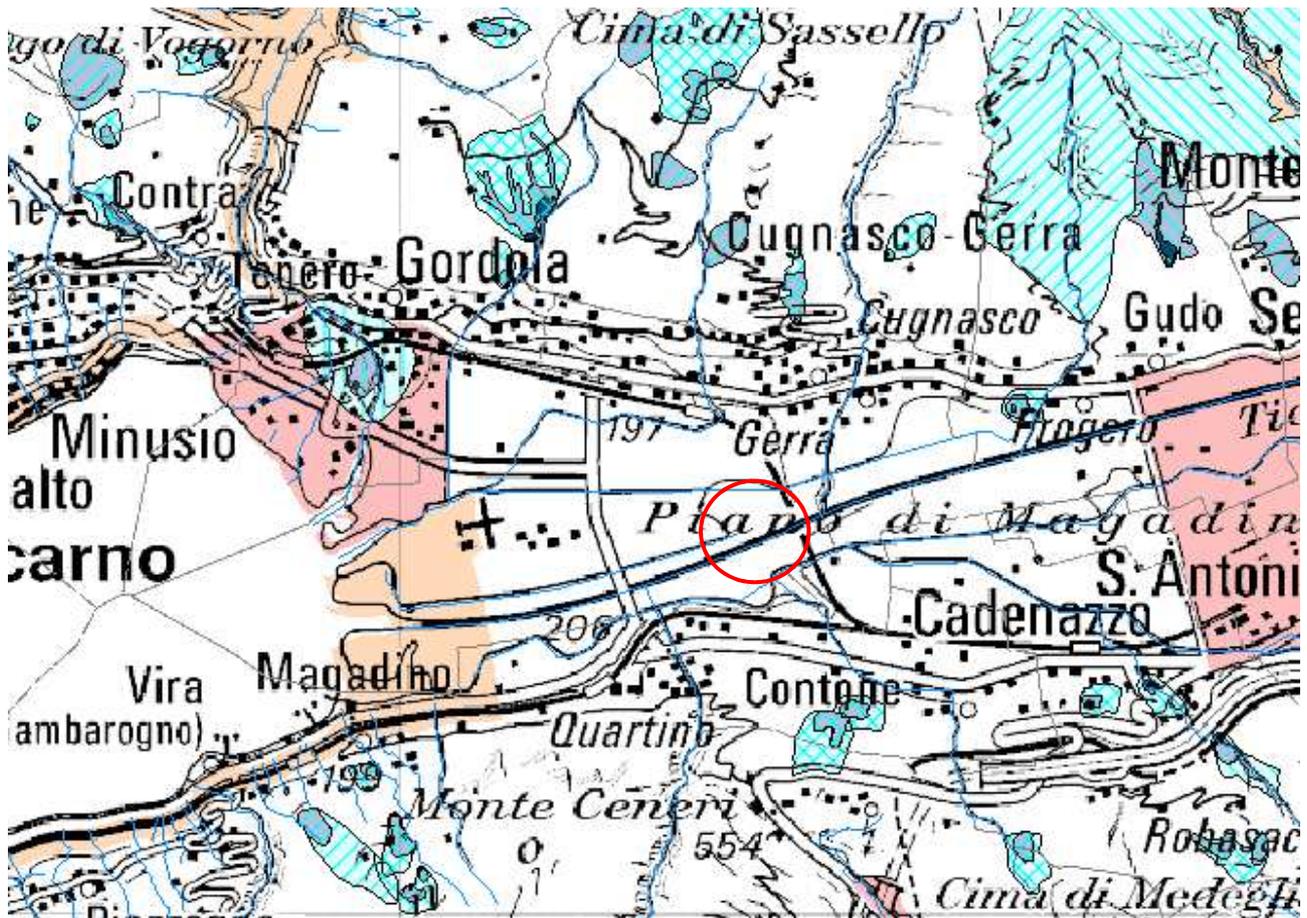


Figura 18: Zone e settori di protezione delle acque sotterranee. In rosso l'area di progetto.

Fonte: SUPSI-Gespos.

Acque superficiali

Le superfici riservate ai corsi d'acqua sono contenute nella cartografia del PUC del PPdM (Piano delle zone) che viene riportato nell'immagine seguente, dove si osserva come le superfici indicate dal PGR per l'inserimento del nuovo impianto non interessino gli spazi di pertinenza dei corsi d'acqua.

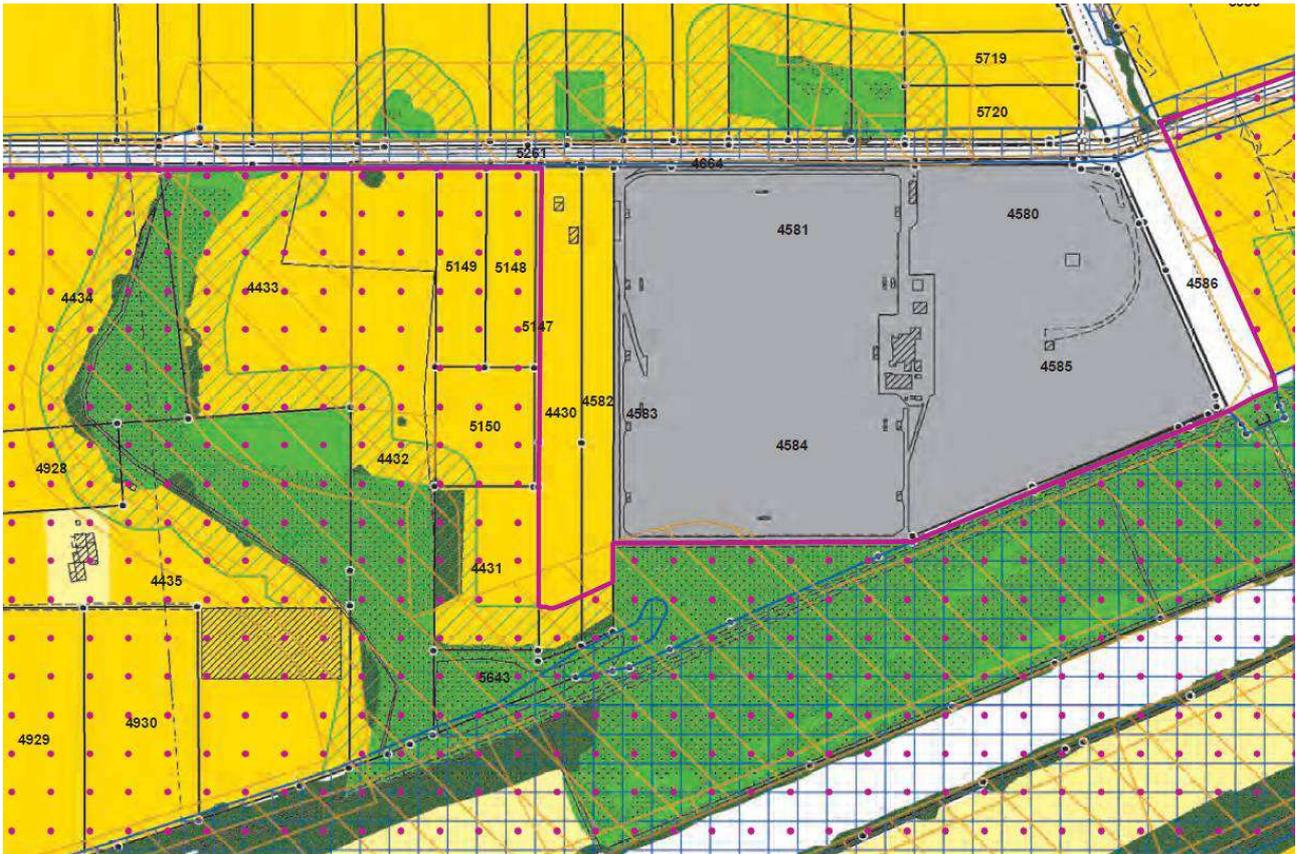


Figura 19: Estratto del piano delle zone del PUC del Parco del Piano di Magadino. Retino blu: spazio di pertinenza dei corsi d'acqua. Retino viola: Paesaggio palustre di importanza nazionale. Retino verde: zona cuscinetto nutrienti (ZCN).

La porzione meridionale dei mappali 4430 e 4582 è però interessata dalla presenza del vincolo di tutela del paesaggio palustre di importanza nazionale, all'interno del quale valgono gli artt. 23 a-d della LPN e l'Ordinanza sulle zone palustri. Sulla stessa superficie è istituita un'area cuscinetto per i nutrienti (Zona cuscinetto nutrienti, ZCN).

9.2 ZONE DI PERICOLO

Nell'area di studio sono presenti delle zone di pericolo relative a:

- Esondazione del Verbano: il PZP, non adottato, individua nei mappali interessati dal progetto la presenza di un rischio riferito a un evento estremo. Tali superfici corrispondono a quelle con quota compresa tra 198.0 m s.l.m. (relativa al livello massimo raggiungibile nell'evento centenario) e 200.2 m s.l.m. (relativa alla quota dell'evento massimo registrato, nel 1868).

Considerando che la quota media dei mappali 4430 e 4582 è di circa 199 m s.l.m., lo spessore massimo della lama d'acqua attesa è di circa 1.2 m.

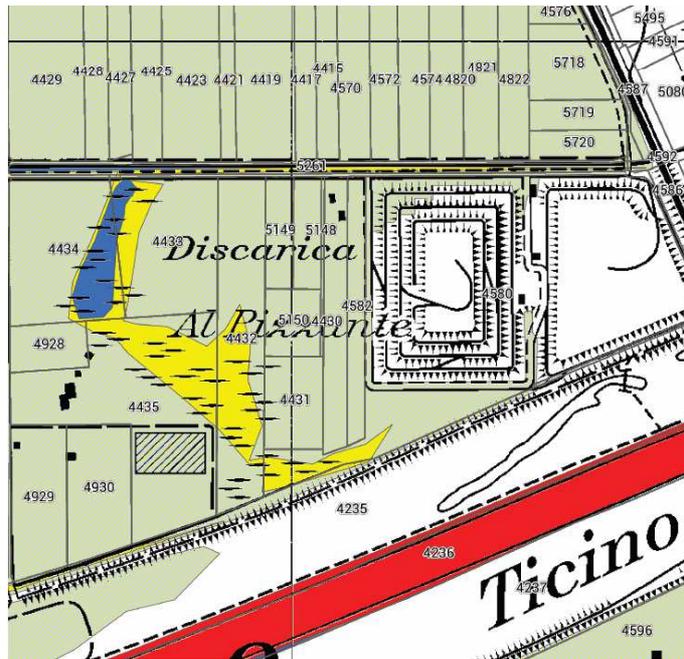


Figura 20: PZP relativo all'esondazione del Verbano. In verde le aree sottoposte a rischio residuo (198.0-200.2 m s.l.m e tempo di ritorno maggiore di 100 anni).

Esondazione del Ticino: il PZP relativo al Ticino (piano già adottato, ris. CdS no. 2154 del 6.05.2014), individua nell'area del Pizzante un rischio residuo legato all'evento di intensità millenaria. Non tutta la superficie è interessata dall'evento, ma solo la porzione meridionale e quella occidentale.

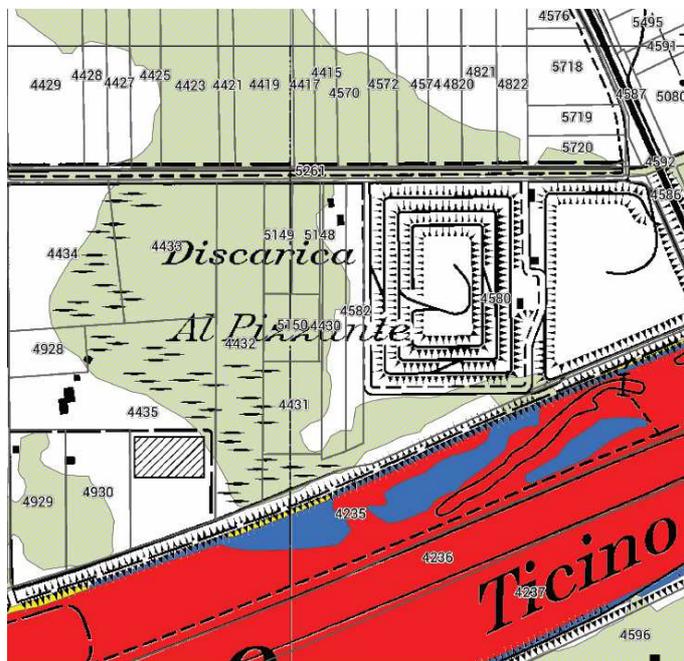


Figura 21: PZP relativo all'esondazione del Ticino. In verde le aree sottoposte a rischio residuo (evento millenario).

- Esondazione dei canali del Piano di Magadino: l'esonazione dei canali presenti comporta fondamentalmente l'allagamento delle aree palustri. Il pericolo elevato (rosso) è atteso lungo il canale che costeggia a nord la via Pizzante. Le rimanenti aree sono esposte solo a rischio medio o ridotto. L'area destinata al nuovo impianto è appena lambita dalle zone a pericolo ridotto (giallo) o residuo (nell'immagine seguente in colore verde).

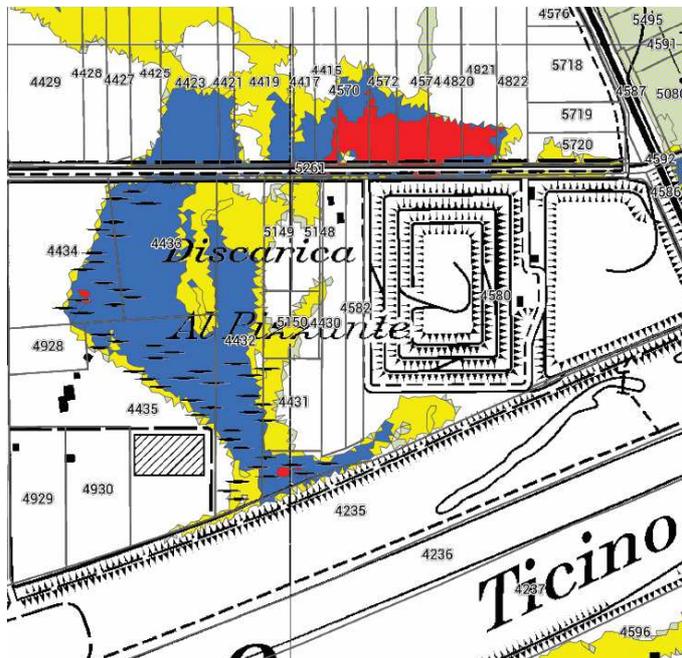


Figura 22: PZP relativo all'esonazione dei canali del PdM. In giallo le aree sottoposte a rischio ridotto, in verde le aree sottoposte a rischio residuo (evento millenario).

In sintesi quindi l'area non è sottoposta a **nessun pericolo che comporti la necessità di provvedimenti specifici di protezione.**

Dovrà essere valutata in fase progettuale l'adozione di provvedimenti di tipo tecnico-costruttivo per la riduzione della vulnerabilità, in relazione anche alle caratteristiche degli impianti presenti.

9.3 VINCOLI NORMATIVI SPECIFICI PER ZONE DI COMPOSTAGGIO

La direttiva cantonale sui centri di compostaggio centralizzato [10] sinterizza le esigenze da applicare alle piazze di compostaggio in termini di protezione delle acque.

In sostanza l'area di lavorazione e maturazione dei cumuli deve essere impermeabilizzata, al fine di evitare l'infiltrazione e la dispersione del terreno del percolato.

Devono inoltre essere presenti vasche per la raccolta delle acque di scarico che vengono a contatto con i cumuli di compost. L'eventuale eccesso di queste acque deve essere smaltito attraverso la canalizzazione.

Le acque di pioggia non inquinate (acque dei tetti e in generale le acque di lavaggio delle superfici impermeabilizzate dove non sono presenti cumuli di compost in fermentazione, possono essere smaltite compatibilmente alle direttive specifiche (Norma VSA [15] e direttiva

Cantonale [16]).

9.4 PROPOSTA DI GESTIONE

Ai fini di una valutazione sommaria del sistema di smaltimento e gestione delle acque, viene qui riportato in forma indicativa il concetto di gestione che dovrà essere applicato per adempire alle normative ed i vincoli esistenti.

Quanto riportato **non ha valore progettuale**, ma solo indicativo; viene redatto solo sulla base dei vincoli normativi citati precedentemente, e sulle caratteristiche progettuali illustrate nei paragrafi precedenti, con lo scopo esclusivo di costruire un quadro progettuale di tipo preliminare sul quale impostare il RIA pianificatorio.

Gestione acque non o poco inquinate (tetti e piazzali dove non avviene la fermentazione o la maturazione del compost)

Le acque non inquinate devono essere preferenzialmente infiltrate nel sottosuolo (art. 7.2 LPAC). L'ammissibilità all'infiltrazione delle acque debolmente inquinate deve essere valutata nello specifico, in base alla natura delle superfici che generano le acque, al loro utilizzo, e alle condizioni idrogeologiche locali [15].

Nel caso specifico, in base alla tipologia di strutture ed impianti presenti, è da attendersi la formazione di acque non o debolmente inquinate, generate dalle superfici dei tetti, dai piazzali di ricezione e movimentazione del materiale, e in genera da tutte le superfici impermeabili dove non avviene la maturazione del compost.

Queste acque andranno gestite conformemente alla direttiva VSA citata [15]. L'infiltrazione, con o senza trattamento, dovrà essere privilegiata sullo scarico in ricettore naturale e sullo scarico in canalizzazione (ultima priorità).

Gestione delle acque potenzialmente inquinate (superfici con potenziale formazione di percolato)

Le superfici destinate ai cumuli potranno generare acque inquinate, caratterizzate dalla presenza di percolato prodotto dal processo di fermentazione.

La gestione di queste acque dovrà prevedere un sistema di accumulo in vasche dimensionate opportunamente per favorire il più possibile l'autosufficienza del processo.

Un eventuale esubero non potrà essere infiltrato, ma dovrà essere smaltito attraverso la canalizzazione, la quale è esistente e serve già attualmente l'impianto ACR del Pizzante.

Nelle figure seguenti i modelli schematici nel caso di un impianto che prevede lavorazioni all'aperto (con potenziale formazione di lisciviati) e di uno con tutte le lavorazioni al coperto.

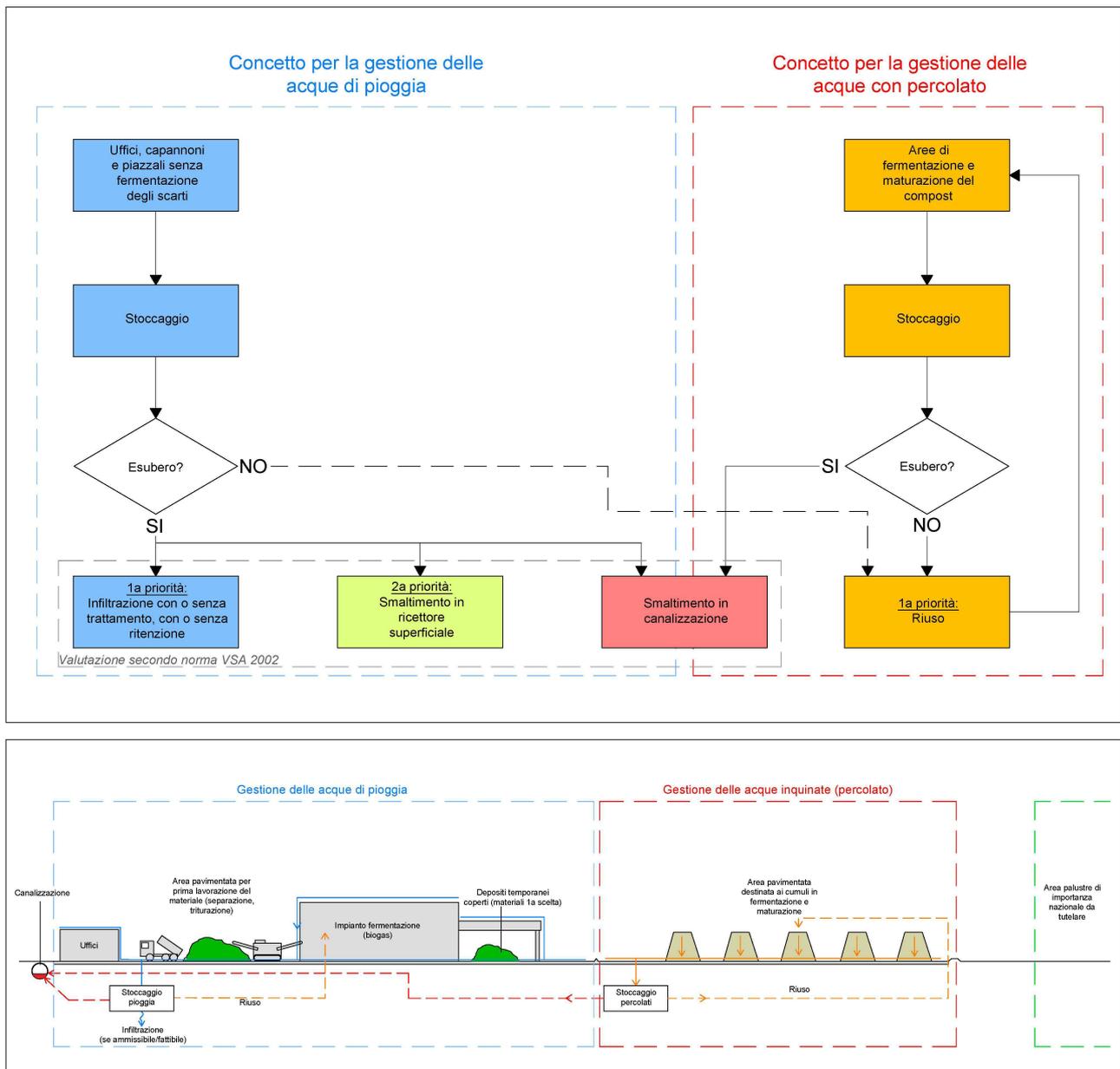


Figura 23: Concetto per lo smaltimento delle acque nella condizione in cui alle attività al coperto si affianca la produzione di compost in cumuli all'aperto.

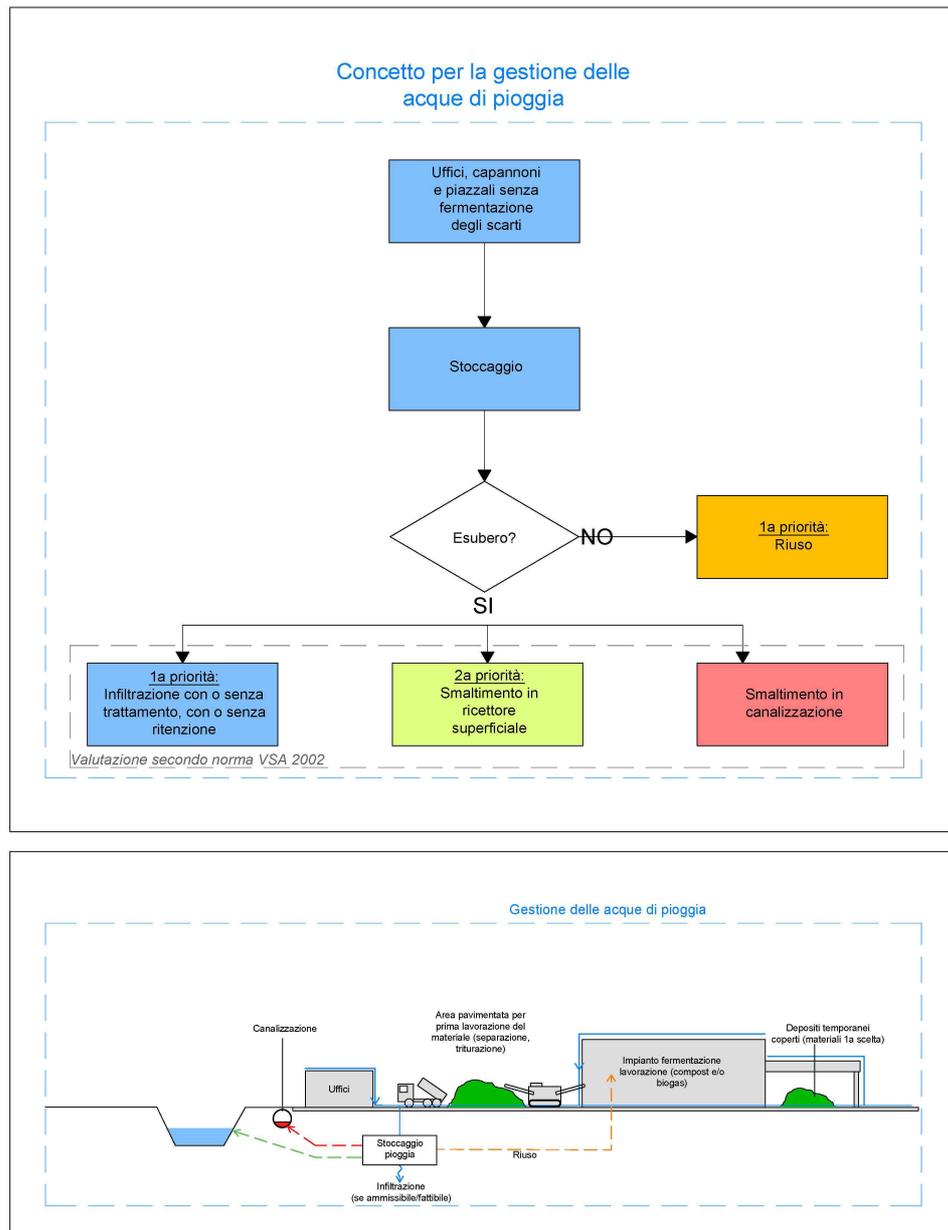


Figura 24: concetto per la gestione delle acque nel caso limiti in cui tutte le operazioni si svolgono all'interno di edifici (nessuna acqua con percolati).

10

EMISSIONI DI ODORI

Compostaggio in cumuli all'aperto

Gran parte delle emissioni di odori vengono generate durante la prima fase di fermentazione degli scarti verdi, e durante le operazioni di rivoltatura dei cumuli.

La valutazione delle emissioni di odori viene effettuata sulla base dei valori di riferimento contenuti nel lavoro di Müsken del 2000 [19].

Vengono qui ripresi sinteticamente i valori specifici di riferimento che verranno utilizzati per la redazione del RIA, senza entrare nei dettagli delle modalità di definizione delle emissioni totali. I valori qui riportati sono i medesimi riportati dallo studio CSD del 2006 redatto per conto del DT-SPAAS nell'ambito delle indagini per la valutazione della dispersione di odori a Gordola [20], ripresi precedentemente anche dal RIA pianificatorio per l'impianto del Pizzante redatto nel 2008 da Dionea SA [21].

Fonte	Emissione specifica (UO/mq*s)
Deposito intermedio	0.25
Frantumazione	1.73
Mucchi freschi: 1 settimana	0.99
Mucchi a riposo: 2-3 settimane	0.57
Mucchi a riposo: 4-6 settimane	0.21
Mucchi a riposo: 7-26 settimane	0.08
Movimentazione 3a settimana	2.48
Movimentazione 6a settimana	0.83
Movimentazioni seguenti	0.50
Finitura	0.99
Deposito compost	0.08

Compostaggio al coperto in box

Non sono disponibili dati scientifici relativi alle emissioni specifiche prodotte da impianti indoor che trattano solo scarti vegetali (parecchia informazione si trova invece per la caratterizzazione delle emissioni di impianti che trattano rifiuti urbani mediante compostaggio, ma la tipologia di rifiuti si discosta troppo da quella che verrà conferita al Pizzante).

La produzione di odori negli impianti al coperto è ridotta grazie:

- A un miglior controllo dei parametri ambientali (in primis l'umidità);
- Il controllo della ventilazione dei cumuli che permette di prevenire la formazione di anaerobiosi;
- La regolare rivoltatura (dove presente l'impianto automatico).

I tassi di emissione specifici possono essere assunti sulla base di quelli definiti da Müsken per il compostaggio in cumuli all'aperto, ipotizzando un fattore di riduzione dal compreso tra il 20 e il 40% (ipotesi).

Produzione di Biogas

Nel caso degli impianti con digestori a secco (box tipo Bekon, Renegon o Viessman) al termine

del ciclo di fermentazione il materiale rimane all'interno del box per un tempo variabile durante il quale, tramite ventilazione forzata, avviene strippaggio delle sostanze volatili e degli odori. Terminata questa fase il materiale viene scaricato e depositato all'interno del capannone, nel quale la ventilazione è comunque controllata, per terminare la "sgasatura".

Le fasi con emissioni di odori sono quindi limitate nel tempo e pari a circa 2-3 giorni per ogni operazione di scarico dei digestori. Durante questo periodo tutte le emissioni sono comunque controllate e trattate mediante un biofiltro.

Considerando che il materiale al termine del processo di fermentazione è caratterizzato da forti emissioni di ammoniaca e acido solfidrico, è ragionevole ipotizzare delle emissioni odorose specifiche pari ad almeno quelle corrispondenti alle fasi di rivoltamento dei cumuli di compost nel periodo di maggiore attività (fase termofila), ovvero pari a 2.48 UO/mq*s (valore di riferimento di Müssen per il rivoltamento alla 3a settimana).

Inoltre, secondo varia bibliografia pubblicata (es. [22]), i comuni biofiltri sono in grado di abbattere almeno il 98% dell'acido solfidrico, l'80% dell'ammoniaca e il 95% degli odori totali. Considerando in via conservativa un abbattimento di solo il 75% delle emissioni, si può ragionevolmente assumere come valore di riferimento per l'impianto di biogas un valore di circa 0.62 UO/mq*s limitato, come detto sopra, ai soli periodi di scarico dei digestori (2-3 giorni per ogni operazione di scarico).

Nel caso invece dei digestori tipo Plug-flow, considerando che si tratta di processi in continuo, si considera ragionevole impiegare le medesime emissioni degli impianti di tipo a secco in-box, ma con la differenza che queste saranno continue.

11

COSTRUZIONE DI SCENARI PER L'ANALISI DI IMPATTO AMBIENTALE

Sulla base delle informazioni illustrate nei paragrafi precedenti, vengono qui proposti gli scenari sui quali verrà basata la valutazione di impatto sull'ambiente (RIA).

Gli scenari sono 4 e sono così costituiti:

- I. **Scenario 1: impianto di compostaggio in cumuli rivoltati, all'aperto, affiancato da impianto per la produzione di biogas.**
- II. **Scenario 2: solo impianto di compostaggio in cumuli rivoltati, all'aperto.**
- III. **Scenario 3: impianto di compostaggio "in box", affiancato da impianto per la produzione di biogas.**
- IV. **Scenario 4: solo impianto di compostaggio "in box".**

I paragrafi seguenti riassumono sinteticamente gli aspetti principali di ogni scenario che hanno una implicazione diretta nella valutazione dell'impatto sull'ambiente.

Nell'allegato è riportata la tabella con i calcoli effettuati per il calcolo delle superfici complessive.

11.1 SCENARIO 1 (COMPOSTAGGIO IN CUMULI, ALL'APERTO, CON VALORIZZAZIONE DEL BIOGAS)

Per lo scenario 1 si considera l'utilizzo di un impianto di fermentazione di tipo a secco, in box scalabili. L'impianto prevede la creazione di aree coperte (capannoni) che ospitano sia i box dei digestori, le superfici di lavorazione e stoccaggio, e gli impianti (ricircolo digestato liquido). Per il quantitativo che si stima possa essere recapitato al Pizzante, si stima un fabbisogno di 5-10 box fermentatori.

Le aree coperte sono dotate di impianto di circolazione e trattamento dell'aria mediante biofiltro per annullare le problematiche relative agli odori. Nelle aree coperte trovano spazio anche gli uffici amministrativi, i depositi, gli impianti di produzione energetica (cogenerazione) e le aree di stoccaggio per i materiali di prima scelta (composto certificato ISO).

L'altezza del capannone principale (area dei fermentatori e atrio antistante) è stimata tra 8 m (angolo falda) e 10 m (colmo). Gli altri edifici potranno avere altezze inferiori. Il capannone per lo stoccaggio del materiale finito di prima qualità potrà essere aperto sui lati.

Le superfici all'aperto sono costituite da quelle di ricevimento e prima lavorazione del materiale in entrata (pesa, cernita), e di maturazione del compost in cumuli. La lavorazione del compost prevede la normale prassi lavorativa descritta nel capitolo descrittivo al par. 4.1.2. Ai fini del calcolo delle superfici necessarie si è considerato che la frazione meno adatta a produrre compost (stima 50% del totale recapitato) permarrà nell'impianto un tempo medio di 12 mesi. Il materiale adatto alla metanizzazione rimarrà invece nell'impianto per un tempo minore, pari a circa 9 mesi. Per semplicità di calcolo si è considerato un tempo medio di permanenza complessiva, nella sola area di compostaggio, di 10 mesi.

Con queste premesse, la superficie richiesta per la fermentazione aerobica e maturazione dei

cumuli è di circa e 6'000 mq. La superficie totale, inclusi gli impianti e le aree di lavorazione, è stimata in circa 15'000 mq.

11.2 SCENARIO 2 (SOLO COMPOSTAGGIO IN CUMULI ALL'APERTO)

Lo scenario 2 prevede la sola fermentazione e maturazione del materiale in cumuli. Gran parte delle superfici sono poste all'aperto (preparazione del materiale, fermentazione e maturazione del compost).

Il processo di formazione del compost è il medesimo di quello dello scenario 1 seppure con tempi di maturazione mediamente più lunghi (per semplicità di calcolo si assume una permanenza media di 12 mesi). Per questo motivo la superficie necessaria alla formazione dei cumuli è maggiore del 17% circa rispetto a quanto permesso dallo scenario 1. La tabella nell'allegato 6 riassume i calcoli utilizzati per la definizione delle superfici.

Le superfici coperte sono limitate a quelle degli uffici amministrativi, di deposito dei mezzi e del compost di prima scelta.

Complessivamente è necessaria una superficie di quasi 14'000 mq.

11.3 SCENARIO 3 (COMPOSTAGGIO IN BOX E PRODUZIONE DI BIOGAS)

Lo scenario 3 prevede la produzione di biogas in box di fermentazione, analoghi a quelli riportati per lo scenario 1. Le caratteristiche (dimensione, altezza degli edifici e caratteristiche tecniche) sono le medesime dello scenario 1. Il capannone dove avviene la produzione di biogas è dotato di impianto di raccolta e trattamento dell'aria con biofiltro.

A fianco dell'impianto per biogas, vengono inseriti i box per la produzione del compost, dotati di aerazione e rivoltatura automatica. Questa attività avviene ugualmente al chiuso, ma in un capannone con pareti solo parzialmente chiuse (1/4 di altezza su tutte le pareti è aperto per permettere un ricambio naturale dell'aria). Il capannone non è dotato di impianto di ricircolo e trattamento dell'aria. L'altezza del capannone per la produzione del compost ha una altezza compresa tra 8 m (angolo falda) e 10 m (colmo).

La superficie necessaria per la produzione del compost è stata stimata utilizzando un fattore di 0.3 mq/ton·a, pari al tasso medio di consumo del suolo per impianti analoghi, che corrisponde a una superficie massima di circa 7'000 mq.

Le superfici al chiuso comprendono a gli spazi di lavoro e movimentazione del materiale, oltre che gli uffici e i depositi, analogamente a quanto inserito per gli scenari 1 e 2.

Complessivamente è necessaria una superficie di circa 14'000 mq.

11.4 SCENARIO 4 (SOLO COMPOSTAGGIO IN BOX)

Lo scenario 4 prevede la sola produzione di compost in una struttura coperta, con box per la fermentazione dotati di ventilazione e rivoltatura automatica. Caratteristiche e dimensioni sono le medesime indicate per lo scenario 3.

La superficie totale necessaria è pari a circa 10'000 mq massimi.

11.5 SINTESI DELLE SUPERFICI NECESSARIE

Di seguito si riporta una tabella che sintetizza le superfici necessarie per i 4 scenari.

	Scenario 1		Scenario 2		Scenario 3		Scenario 4	
	14 t/a	20 t/a						
superfici all'aperto								
Piazzali, aree di lavoro, aree di manovra	2550	2550	1870	1870	2550	2550	1870	1870
Compostaggio (cumuli)	5700	7950	7650	10800	0	0	0	0
riserva art. 33 OPSR	1000	0	1000	0	1000	0	1000	0
Totale superfici all'aperto	9250	10500	10520	12670	3550	2550	2870	1870
Superfici sotto copertura								
Uffici e locali accessori	600	600	600	600	600	600	600	600
Compostaggio (box)	0	0	0	0	5000	7000	5000	7000
Biogas	3500	3500	0	0	3500	3500	0	0
Stoccaggio prodotti	500	500	500	500	500	500	500	500
Totale superfici sotto copertura	4600	4600	1100	1100	9600	11600	6100	8100
	13850	15100	11620	13770	13150	14150	8970	9970

Tabella 3: Sintesi delle superfici necessarie per i 4 scenari, secondo il regime di funzionamento, suddivise tra aree aperte e sotto copertura.

11.6 AREA DI DEPOSITO AI SENSI DELL'ART. 33 OPSR

L'art. 33 dell'OPSR indica che negli impianti di produzione di compost deve essere disponibile una superficie di stoccaggio in grado di ospitare almeno 3 mesi di produzione. L'inserimento di questo deposito ha lo scopo di evitare l'immissione nel mercato di prodotto non completamente maturi in seguito a picchi di conferimento (es. inondazioni) e/o lo spargimento in periodi di pausa vegetativa, determinando quindi la dispersione di nutrienti nell'ambiente.

Per ottemperare a tale indicazione, è stato aggiunto, allo spazio di maturazione all'aperto, una superficie calcolata sulla base del volume di materiale trattato e il tempo di permanenza medio. Questo è stato fatto solo per il regime a 14'000 ton/a; per il regime a 20'000 ton/a non è stato applicato in quanto questo regime rappresenta già delle situazioni con picchi di produzione (appunto delle emergenze, o comunque situazioni occasionali) e l'applicazione di tale norma sarebbe troppo gravosa. In questi casi si ipotizza una maggiore ottimizzazione degli spazi per ottemperare al requisito di stoccaggio richiesto dall'ordinanza.

12 FONTI BIBLIOGRAFICHE

- [1] Dipartimento del territorio, Divisione ambiente, Ufficio gestione rifiuti (UGR), Censimento dei rifiuti, dal 1999 al 2012. Sito internet: <http://www4.ti.ch/index.php?id=16866>. Consultato nel mese di luglio 2014.
- [2] Dipartimento del territorio, Sezione protezione aria, acqua e suolo, Piano di gestione dei rifiuti – Capitolo G (Rifiuti organici), aggiornamento novembre 2013.
- [3] Gruppo di lavoro energia, 2010, Piano energetico Cantonale, Schede settoriali, P.8 Biomassa – scarti organici.
- [4] VKS-ASIC, 2010, Directive suisse 2010 de la branche sur la qualité du compost et du digestat.
- [5] Directive de l'ASIC 2001, Caractéristiques de qualité des composts et des digestats provenant du traitement des déchets organiques.
- [6] Dipartimento delle finanze e dell'economia, Ufficio di statistica (USTAT), Evoluzione demografica futura, Scenari demografici, per regione, in Ticino, dal 2008 al 2040 (tabella: T_010701_02C). Consultazione a luglio 2014.
- [7] UFAM, UFAG, 2012, Eléments fertilisants et utilisation des engrais dans l'agriculture, Un module de l'aide à l'exécution pour la protection de l'environnement dans l'agriculture.
- [8] FAO, 2003, On-Farm composting methods.
- [9] Alberta environment and sustainable resource development, 1999, Midscale composting manual.
- [10] Dipartimento del territorio, SPAAS-UGR, Direttiva per il compostaggio centralizzato, gennaio 2012.
- [11] Dipartimento del territorio, SPAAS-UGR, Direttiva per il compostaggio a bordo campo, gennaio 2012.
- [12] UFAG, 2012, Liste des intrants pour les installations de méthanisation et de compostage, aggiornamento 2014.
- [13] Commission Suisse de l'inspectorat du compostage et de la méthanisation, 2005, rev. 2006, Liste positive des matériaux de départ et des adjuvants pour la fabrication de compost et de digestat.
- [14] UFAM, UFE, UFAG, Compost et digestat en Suisse, 2007.
- [15] VSA, Smaltimento delle acque meteoriche, Direttiva sull'infiltrazione, ritenzione e l'evacuazione delle acque meteoriche nelle aree edificate, novembre 2002 e successivo aggiornamento.
- [16] Dipartimento del Territorio, Ufficio della protezione e della depurazione delle acque, Istruzioni per l'infiltrazione e la ritenzione delle acque chiare e meteoriche dei fondi, 2013.
- [17] INTERREG IIIA, 2005, Valorizzazione dei fanghi derivanti dalla lavorazione lapidea - Il limo di segazione quale risorsa: Biorisanamento e potenzialità di impiego del limo di

segazione nel settore verde, rapporto finale di ricerca, novembre 2005. Studio redatto da Dionea SA su mandato della AIG (Associazione industrie dei graniti, marmi e pietre naturali del Ticino).

- [18] Genesys SA, 2005, RIA preliminare concernente l'impianto a biogas compatto nell'azienda agricola Ramello del Comune di Cadenazzo (TI).
- [19] Müsken, J. 2000, Bemessungsgrößen zur Erstellung von Emissionsprognosen für Geruchsstoffe aus Kompostierungsanlagen für bioabfälle - Dissertation, Studionereihe Abfall, Band 20, Stuttgart.
- [20] CSD Tre Laghi SA, 2006, Dispersione di odori a Gordola e dintorni, complemento del 22.05.2006 alla perizia del 23.01.2006.
- [21] Dionea SA, 2008, Impianto di compostaggio con valorizzazione del biogas, Località al Pizzante, RIA Pianificatorio, giugno 2008.
- [22] US EPA, 2000, Biosolids and Residuals Management Fact Sheet - Odor control in biosolids management.

13 SITI INTERNET CONSULTATI

- [23] www.metanord.ch
- [24] www.axpo.com/axpo/kompogas/de/home.html
- [25] www.bekon.eu
- [26] www.spin-project.eu
- [27] www.cropgen.soton.ac.uk/deliverables.htm
- [28] <http://www.biogasregions.org>
- [29] <http://www.supsi.ch/ist/dati-pubblicazioni/elenco-dati/gespos.html>
- [30] <http://www4.ti.ch/dt/da/sf/umpv/temi/vivaio-forestale/vivaio-forestale/processo-di-compostaggio/>

Allegato

Sintesi superfici complessive
