



ECOMONDO
The green technology expo.

NOVEMBER
5 — 8, 2024

RIMINI
EXPO CENTRE
Italy

Organized by

**ITALIAN
EXHIBITION
GROUP**
Providing the future

In collaboration with

 **ITA**
madeinitaly.gov.it

RESEARCH AND INNOVATION, POLICIES, ENTREPRENEURSHIP, FINANCING, EDUCATION AND SKILLS, AND COMMUNICATION, IN GREEN AND CIRCULAR ECONOMY

Environmental Monitoring & Control

Resource Efficiency and Circular Economy

Water Cycle and Blue Economy

Circular and Regenerative Bioeconomy

Sites & Soil Maintenance and Restoration

Innovation and Policies

PROCEEDINGS OF THE CONFERENCES OPENED TO CALL FOR PAPERS
CURATED BY FABIO FAVA

**ITALIAN
EXHIBITION
GROUP**
Providing the future


**MAGGIOLI
EDITORE**

ecomondo.com

© Copyright 2024 by Maggioli S.p.A.

Maggioli Editore è un marchio di Maggioli S.p.A.
Azienda con sistema di gestione qualità certificato ISO 9001: 2015

*47822 Santarcangelo di Romagna (RN) • Via del Carpino, 8
Tel. 0541/628111 • Fax 0541/622595*

*www.maggioli.it/servizioclienti
e-mail: clienti.editore@maggioli.it*

Diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione
e di adattamento, totale o parziale con qualsiasi mezzo sono riservati per tutti i Paesi.

Codice: 978.88.916.7401.2

Biometano dagli scarti agroalimentari della Provincia di Trento: stima del potenziale

*Luca Tomasi luca.tomasi@fmach.it, Daniela Bona, Andrea Cristoforetti, Luca Grandi, Silvia Silvestri
Fondazione Edmund Mach, San Michele all'Adige (TN)*

Riassunto

Il Piano Energetico Ambientale della Provincia di Trento 2021-2030 [1] individua, fra i vari propositi, opportunità di valorizzazione energetica attraverso la produzione di biogas/biometano dalle biomasse di scarto generate dalle filiere agroalimentari trentine. Per la prima volta in Provincia di Trento, grazie ad uno studio iniziato nel 2022 su incarico dell'Agenzia provinciale per le risorse idriche e l'energia, la Fondazione Edmund Mach (FEM) ha quantificato il biogas potenziale ottenibile dai principali scarti agroalimentari generati sul territorio provinciale, individuando aree territoriali ottimali – anche con riferimento alle zone vulnerabili ai nitrati – e verificando la resa di possibili mix di co-fermentanti, al fine di fornire un supporto preventivo alle successive fasi di pianificazione per la realizzazione degli impianti di valorizzazione degli effluenti zootecnici abbinabili a scarti agroindustriali, nel rispetto della normativa di settore.

Summary

The Environmental and Energy Plan of the Province of Trento 2021-2030 [1] identifies, among other purposes, opportunities for energy valorization through the production of biogas/biomethane from residual biomass generated by the provincial agri-food supply chains. For the first time in the Province of Trento, thanks to a study started in 2022 on behalf of the Provincial Agency for Water Resources and Energy, Fondazione Edmund Mach (FEM) has quantified the potential biogas obtainable from the main agri-food residues generated in the provincial territory, identifying optimal territorial areas – also with reference to the areas identified as vulnerable to nitrates – and verifying the yield of possible mixes of fermentable matrices, in order to provide preventive support to the subsequent planning phases for the construction of plants for the valorization of livestock effluents that can be combined with agro-industrial waste, in compliance with sector regulations.

1. Introduzione

Il settore del biogas in Provincia di Trento solo recentemente ha conosciuto un certo sviluppo in campo agroindustriale, principalmente con la realizzazione di impianti alimentati a reflui zootecnici, sia aziendali che consortili. Malgrado il contesto montano sia caratterizzato da realtà produttive piccole ed estremamente frammentate, ad oggi si contano ormai più di dieci impianti a biogas funzionanti, oltre ad ulteriori iniziative in fase di progettazione/realizzazione. Il principale freno alla diffusione degli impianti a biogas in Trentino è rappresentato dalla sostenibilità economica, che, nel caso di matrici a bassa resa metanigena quali i reflui zootecnici, obbligherebbe a prediligere taglie impiantistiche al di sopra di una certa soglia, poco

adeguate ad un territorio alpino. Il progressivo effetto delle economie di scala verificatosi nel corso degli anni ha contribuito indubbiamente ad abbassare tali limiti dimensionali, da cui la comparsa dei primi piccoli impianti in assetto cogenerativo. Nella dieta degli impianti zootecnici l'integrazione di scarti derivanti da altre filiere, contemplata anche a livello normativo, potrebbe incrementare la resa in biogas. Lo studio in oggetto si è svolto in due fasi: nel corso del 2022 è stata effettuata una ricognizione su tutto il territorio provinciale direttamente presso un'ampia selezione di aziende agroindustriali e zootecniche per ottenere un quadro quantitativo degli scarti disponibili e formulare così ipotesi di scenari di valorizzazione soprattutto per le aree ambientalmente sotto pressione (zone vulnerabili ai nitrati o a rischio di diventarle) o per distretti ritenuti particolarmente favorevoli in termini di disponibilità di scarti valorizzabili. Nel corso del 2023 è stato compiuto un ulteriore approfondimento: le principali matrici identificate sono state campionate e sottoposte ad analisi chimico-fisica e test di produzione di biogas in scala di laboratorio, per individuare i mix ritenuti più opportuni in uno scenario reale, tenendo conto di distanze, quantità, stagionalità e compatibilità teorica delle miscele. Infine, la caratterizzazione agro-ambientale del digestato ha permesso di definire le proprietà fertilizzanti dello stesso.

2. Relazione

Lo studio [2], avviato nel 2022, si è posto inizialmente l'obiettivo di aumentare il grado di dettaglio raggiunto nell'ambito di indagini precedenti sugli scarti organici generati in Provincia di Trento, attraverso un reperimento "sul posto" delle informazioni quali-quantitative che non erano ottenibili con le risorse impiegabili in occasione dei precedenti studi e sviluppando ipotesi di scenari impiantistici sulla base di rese metanigene ottenute da letteratura o archivi interni FEM. Il secondo step dello studio [3], ultimato nel 2023, ha riguardato la caratterizzazione dei principali scarti individuati e la conduzione di prove di laboratorio per verificare la resa energetica (produzione metanigena) dei possibili mix più opportuni.

2.1 Quantificazione delle biomasse e sviluppo di scenari per impianti a biogas agro-zootecnico e agro-industriale

Il grado di dettaglio raggiunto nell'ambito delle precedenti indagini (es: studi finalizzati alla stesura del Piano Energetico Ambientale 2013-2020) era condizionato dal fatto che l'origine dei dati quantitativi derivava da database pubblici, quali estrazioni aggregate da MUD ed anagrafe zootecnica provinciale. Tale dettaglio poteva essere incrementato unicamente attraverso il reperimento "sul posto" delle informazioni necessarie. Si è ricorso, pertanto, alla somministrazione di questionari, intercettando le singole aziende anche mediante sopralluoghi dedicati, rendendosi disponibili a fornire supporto nella compilazione del format di raccolta dati e fornendo informazioni capaci di sensibilizzare i produttori sull'argomento della circolarità. Le informazioni richieste riguardavano i quantitativi annui (peso del tal quale) e la tipologia degli scarti, la loro destinazione attuale, la loro classificazione (sottoprodotti o rifiuti), l'eventuale stagionalità.

La selezione delle Aziende agroindustriali è partita dall'elenco fornito dalla C.C.I.A.A. di Trento, risultato di un'estrazione di sedi ed unità locali che hanno dichiarato come prevalenti o secondarie attività economiche rientranti nelle classificazioni di industria delle carni (e macellazione), della frutta (e ortaggi), dei cereali, del pane e dei prodotti dolciari, della birra. Come criterio base per la selezione si è scelto di intercettare le aziende con un numero di dipendenti maggiore-uguale a 20. Sono state selezionate più di 120 realtà produttive, delle quali con circa 100 è stato possibile stabilire un contatto telefonico o via e-mail. Di esse, circa l'80% ha restituito il questionario compilato. Il settore dei piccoli frutti, di cui sono comunque conosciuti sommariamente i limitatissimi quantitativi di scarto in virtù di precedenti

collaborazioni, è stato considerato trascurabile. I dati della filiera lattiero-casearia erano già conosciuti, grazie a precedenti indagini. Sulla base di uno studio specifico precedentemente effettuato per l'Istituto Tutela Grappa ed il Consorzio Vini del Trentino, il presente lavoro si è potuto avvalere dei dati aggregati da esso derivati e riguardanti gli scarti fermentescibili potenzialmente avviabili a digestione anaerobica: vinaccia fresca, vinaccia esausta, feccia e borlanda. Si può ritenere che le informazioni riguardanti entrambe le filiere lattiero-casearia e viti-vinicola siano rappresentative dell'80% circa della produzione provinciale. Il dato di partenza relativo alla quantità delle matrici tal quali dichiarate dai produttori ha permesso la stima della produzione potenziale teorica di biogas e biometano. I fattori di conversione sono stati assunti da archivi interni FEM, da dati di letteratura, nonché dalla rete di contatti con enti affermati che si occupano del settore (es: CRPA, Laboratorio Biomasse dell'Università delle Marche, TIS Bolzano, ...). Dall'indagine condotta da FEM oggetto della presente relazione il totale del biometano potenzialmente producibile a partire dagli scarti delle filiere selezionate è stato quantificato in più di 3 mln di Nm³/anno (Fig. 1). Di questi, quasi 2,2 mln di Nm³/anno sono riconducibili a rifiuti e scarti agroalimentari non stagionali, circa 260.000 a rifiuti e scarti agroalimentari stagionali e 1 mln a scarti di cantine e distillerie (pertanto stagionali).

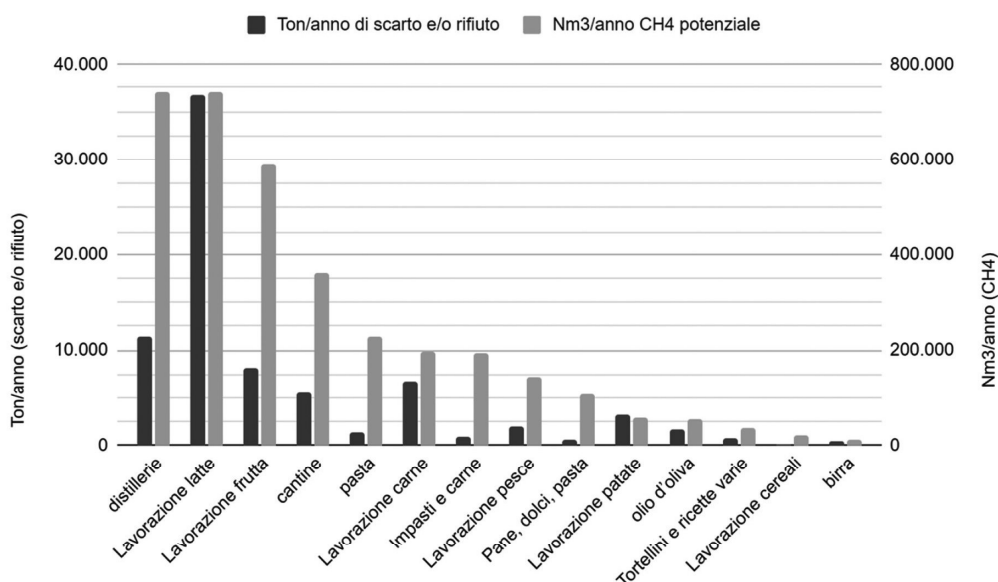


Fig. 1 – quantitativi provinciali ricavati dall'indagine condotta e relativa potenzialità energetica

Le risorse disponibili hanno inoltre permesso – in accordo con la Struttura Organizzativa PAT richiedente – di realizzare un'indagine specifica sui reflui zootecnici generati in due delle tre zone vulnerabili ai nitrati (ZVN) individuate come da Deliberazione della Giunta provinciale n. 1015/2021: Valsugana e Lago della Serraia.

Per l'indagine sono state selezionate, dall'elenco delle aziende zootecniche fornito dal Servizio Agricoltura PAT, le realtà che soddisfano i due seguenti requisiti: numero di capi > 10 e percentuale di superficie aziendale ricadente in ZVN > 5%. La selezione ha portato ad individuare e contattare 51 aziende in Valsugana e 6 in zona Lago della Serraia, la cui consistenza è rappresentata in Tab. 1. Per tutte si è reso necessario il sopralluogo, al fine di fornire supporto nella compilazione del questionario. Dati i requisiti stabiliti per la selezione delle aziende (in

particolare: sup. ZVN > 5%), si può ritenere che il potenziale teorico ottenibile dalla zootecnia possa essere considerato una stima cautelativa, in quanto non tutte le realtà produttive sono state intercettate. Il questionario somministrato agli allevatori prevedeva informazioni riguardanti il numero di capi distinti per età, la durata dell'alpeggio, il quantitativo di paglia utilizzata per la lettiera; tramite opportuni fattori di conversione se ne è potuta desumere la produzione di reflui annua, distinta fra liquame e letame.

ZVN	CONSISTENZA CAPI (UBA)	% LIQUAME/LETAME
Lago della Serrai	375	100
Valsugana	2.335	83

Tab. 1 – Cconsistenza zootecnica nelle aree ricadenti in ZVN indagate. Fonte: indagine FEM.

La potenzialità energetica – in termini di produzione di biogas – dei reflui zootecnici è stata ricavata partendo dal numero di UBA, applicando fattori di conversione interni, affinati nel corso degli anni sulla base dell'esperienza accumulata sul territorio trentino. Per le due ZVN i dati sono da ritenersi maggiormente realistici, in quanto ottenuti da un'indagine sul campo, mentre per il resto della Provincia si è partiti dai database disponibili ed applicando assunzioni ed approssimazioni basate sulla conoscenza del territorio.

Partendo dai potenziali energetici teorici esprimibili da ogni singola matrice, si è proceduto ad ipotizzare una serie di scenari di valorizzazione per i singoli distretti produttivi del territorio, tenendo conto di alcune considerazioni, di seguito riportate:

- Il bacino di confluenza delle matrici di alimentazione dell'impianto non deve superare un certo raggio chilometrico, tenendo anche conto dell'orografia che in alcuni contesti può risultare impervia.
- La taglia maggiormente indicata per il contesto trentino potrebbe essere quella dei 300 kW di potenza elettrica nel caso di cogenerazione (al tempo non era ancora stato emanato il decreto FER2), corrispondenti a circa 600.000 Nm³ di biometano prodotto dal reattore anaerobico. Per la produzione di metano si ritiene che la più piccola taglia impiantistica tecnologicamente affidabile e commercialmente diffusa a sufficienza sia pari ai 50 Nm³/h di biometano prodotto, che per circa 8.000 h/anno di funzionamento (ipotesi cautelativa) consiste nella disponibilità annua di circa 400.000 Nm³ di CH₄. Seppure la tecnologia dell'upgrading del biogas si stia rapidamente evolvendo e diffondendo, tale soluzione impiantistica presenta dei costi realizzativi ancora nettamente superiori rispetto al semplice assetto cogenerativo. Pertanto, si ritiene che per tale scelta impiantistica sia da suggerire la massima taglia ottenibile in un determinato territorio, al fine di favorire le economie di scala.
- Nell'ipotesi di mix con reflui zootecnici, per le aree agricole la legislazione locale (al netto di eventuali limitazioni legate ad esigenze del processo anaerobico) permette una percentuale di co-fermentanti pari a max 30% di scarti differenti da effluenti zootecnici.
- In questa prima fase dello studio, la resa metanigena dei mix è stata calcolata come somma aritmetica delle rese stimate per le singole matrici, con la consapevolezza di un successivo approfondimento mirato al fine di verificare l'effettiva compatibilità delle stesse (vedasi paragrafo successivo).

2.2 Caratterizzazione energetica degli scarti delle filiere agro-industriali trentine e analisi dell'integrazione degli stessi nelle diete degli impianti

Il potenziale energetico esprimibile – in termini di produzione di biogas – dagli scarti individuati nell'ambito dell'indagine 2022, è stato stimato ricorrendo a dati di letteratura e/o presenti negli archivi FEM. Per verificare la resa ed il processo di degradazione di diverse miscele

di biomasse in co-digestione con gli effluenti zootecnici è stata condotta successivamente una sperimentazione dedicata.

Sono state individuate dieci diverse possibili miscele (Tab. 2), corrispondenti a svariate realtà produttive presenti sul territorio. Di queste, previo appositi campionamenti, sono state verificate la potenzialità in termini di biometano, la degradabilità anaerobica e l'interazione tra le diverse biomasse.

Le biomasse considerate sono state: scarti di lavorazione della frutta e della birra, oli e grassi di frittura, scarti di lavorazione delle patate, sanse di olive, siero del latte, scarti di lavorazione del formaggio (spazzolatura forme), vinacce esauste, scarti di panificazione. Per la conduzione di test di digestione anaerobica in batch de in semi-continuo ci si è avvalsi della strumentazione FEM: uno strumento (Respiro Biogas) dotato di tre reattori della capacità di 20 litri, completamente miscelati e riscaldati (mesofilia o termofilia) e dotati di un sistema di misura della pressione interna che sono stati utilizzati per la misura del BMP degli scarti di panificazione e per il test finale in semi-continuo sul mix ritenuto maggiormente rappresentativo della realtà provinciale, nonché uno strumento (Gas Endeavour) per tutte le altre determinazioni, composto di 15 bottiglie da 500 ml miscelate in automatico e mantenute in temperatura in bagno termostatico, con misura della produzione di metano per via volumetrica. I mix sono stati caratterizzati dal punto di vista chimico ed analizzati in termini di potenzialità di biometano, di degradabilità e di interazione tra le biomasse nel processo di digestione anaerobica, per suggerire quindi potenziali impieghi in co-digestione in impianti agricoli alimentati a reflui zootecnici.

MIX	BIOMASSA 1	BIOMASSA 2	BIOMASSA 3	BIOMASSA 4
Mix 1	Scarti patate	Oli		
	98%	2%		
Mix 2	Trebbie	Scarti di panificazione		
	48%	52%		
Mix 3	Trebbie	Scarti di panificazione	Scarti frutta	
	15%	15%	70%	
Mix 4	Scarti frutta	Scarti di panificazione		
	80%	20%		
Mix 5	Trebbie	Scarti di panificazione	Scarti frutta	Scarti formaggio
	8%	4%	80%	8%
Mix 6	Vinacce	Scarti di panificazione	Scarti frutta	
	46%	9%	45%	
Mix 7	Vinacce	Scarti di panificazione	Trebbie	
	72%	8%	20%	
Mix 8	Vinacce	Scarti frutta	Trebbie	
	50%	40%	10%	
Mix 9	Vinacce	Scarti frutta	Trebbie	Scarti di panificazione
	50%	40%	5%	5%
Mix 10	Vinacce	Sanse di olive	Trebbie	
	38%	57%	5%	

Tab. 2 – *Composizione dei mix testati*

Il mix 9, costituito da una miscela di trebbie, scarti di lavorazione della frutta, scarti della lavorazione di pane/farine e vinacce, è ritenuto per ragioni quantitative quello maggiormente rappresentativo per la Provincia e la sua potenzialità specifica in termini di biometano è risultata pari a $0,19 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{kg SV}$.

Il grafico sotto riportato (Fig. 2), evidenzia come la produzione di metano si sia concentrata nei primi giorni di processo, fino all'ottavo circa, con un picco al primo giorno di test (41 Nlt/kg SV al secondo giorno).

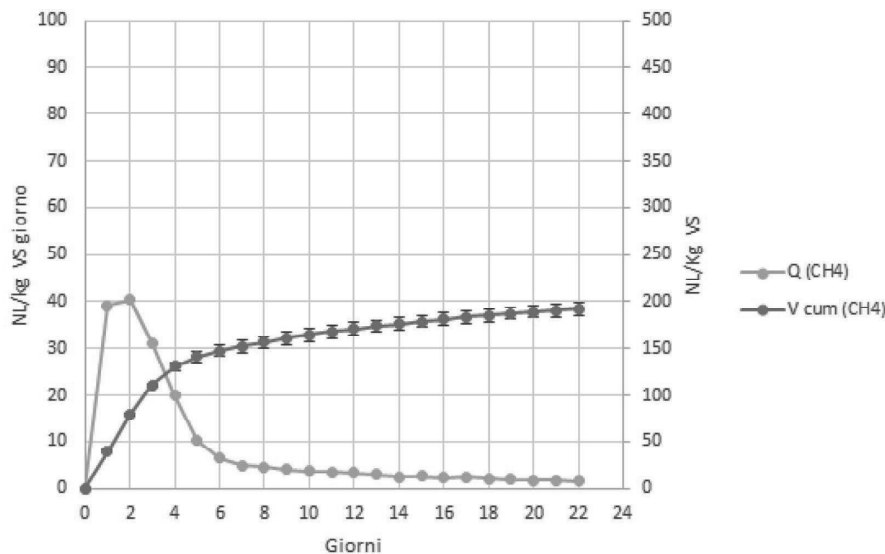


Fig. 2 – Produzione specifica cumulata di biometano e portata giornaliera del mix 9

I risultati ottenuti hanno confermato il possibile effetto di incremento nella produzione di biometano dei co-fermentanti alimentati in impianti a reflui zootecnici. Vanno però tenuti in considerazione numerosi aspetti di processo, quali la concentrazione in solidi (ed effetto inibente della lignina) in quelle miscele dove siano presenti le vinacce esauste, l'eventuale acidificazione ed un'adeguata rimozione dei solidi volatili caricati.

3. Conclusioni

L'indagine quantitativa (prima fase dello studio) ha permesso di ottenere un quadro piuttosto particolareggiato, mai prima d'ora disponibile, degli scarti generati dal settore agroindustriale provinciale. Il filtro applicato all'atto della selezione delle aziende da intervistare ha intercettato un numero di produttori piuttosto rappresentativo dello stato dell'arte in relazione alle finalità dello studio. Quanto eseguito in maniera sufficientemente completa per le due aree "pilota" ZVN – avvalendosi di un'indagine approfondita applicata anche al settore zootecnico oltre che agroindustriale – ha permesso di effettuare considerazioni e valutazioni di scenario maggiormente realistiche rispetto alle considerazioni teoriche sviluppate in precedenza e di introdurre la co-digestione di effluenti zootecnici e sottoprodotti al fine di promuovere un utilizzo locale di queste risorse e di migliorare la sostenibilità economica degli impianti agricoli, nel rispetto delle norme ambientali e dei piani di utilizzazione agronomica del digestato. Il successivo approfondimento attraverso prove di laboratorio su campioni appositamente prelevati ha permesso di raccogliere dati relativi alle specifiche biomasse prodotte sul terri-

torio provinciale e di elaborare ipotesi di miscela che tengano conto di numerosi aspetti, per ogni distretto produttivo.

I risultati ottenuti rappresentano quindi una base di dati importante da cui poter attingere in attività di pianificazione future e/o nell'ambito di veri e propri studi di fattibilità dedicati. Inoltre, la sinergia con altri progetti (es: PNRR-iNEST) consentirà di elaborare un modello di bioeconomia circolare territoriale, basato su ipotesi e scenari di valorizzazione non solo energetica ma anche agronomica ed ambientale delle biomasse. Il modello prenderà in considerazione gli aspetti legati alla decarbonizzazione e il bilancio dei macronutrienti, quali azoto e fosforo, derivanti dall'integrazione di scarti agro-industriali in impianti di digestione anaerobica di reflui zootecnici.

Bibliografia

[1] Piano Energetico Ambientale Provinciale (PEAP) 2021-2030 – allegato 8, <https://www.provincia.tn.it/Documenti-e-dati/Documenti-di-programmazione/Piano-Energetico-Ambientale-Provinciale-2021-2030>.

[2] Tomasi L., Cristoforetti A., Bona D., Grandi L., Silvestri S., “Scenari impianti a biogas agro-zootecnico e agro-industriale”, 2022, <https://www.provincia.tn.it/content/view/full/94415>.

[3] Bona D., Cristoforetti A., Grandi L., Tomasi L., Silvestri S., “Caratterizzazione energetica degli scarti delle filiere agro-industriali trentine e analisi dell'integrazione degli stessi nelle diete degli impianti”, 2023. Pubblicazione a breve sul sito internet della Provincia Autonoma di Trento, per info contattare luca.tomasi@fmach.it.