DAL CAMPO AL DIGESTATO:
il ciclo biologico sotto controllo con tecnologia NIR

Monitoraggio in tempo reale di biomasse, processo e digestato per una gestione evoluta degli impianti biogas e biometano.

ECOMONDO – Rimini – 6 novembre 2026



DAL DIGESTATO AL DIGESTATO:

l'importanza della cura circolare dei dettagli















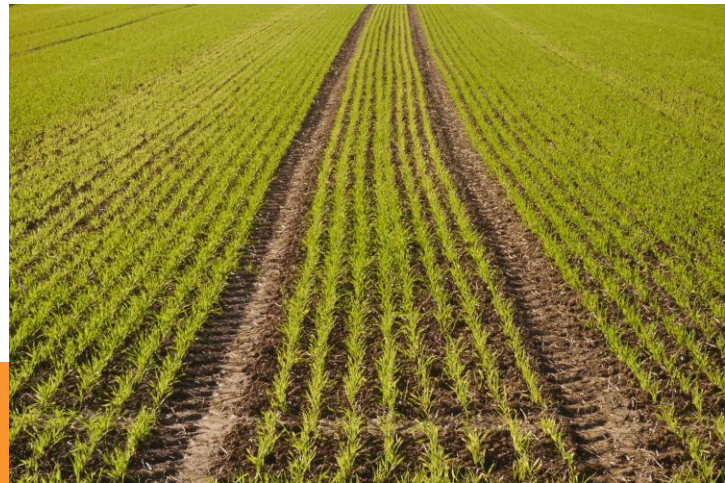


DAL CAMPO: il potenziale energetico si costruisce prima della raccolta

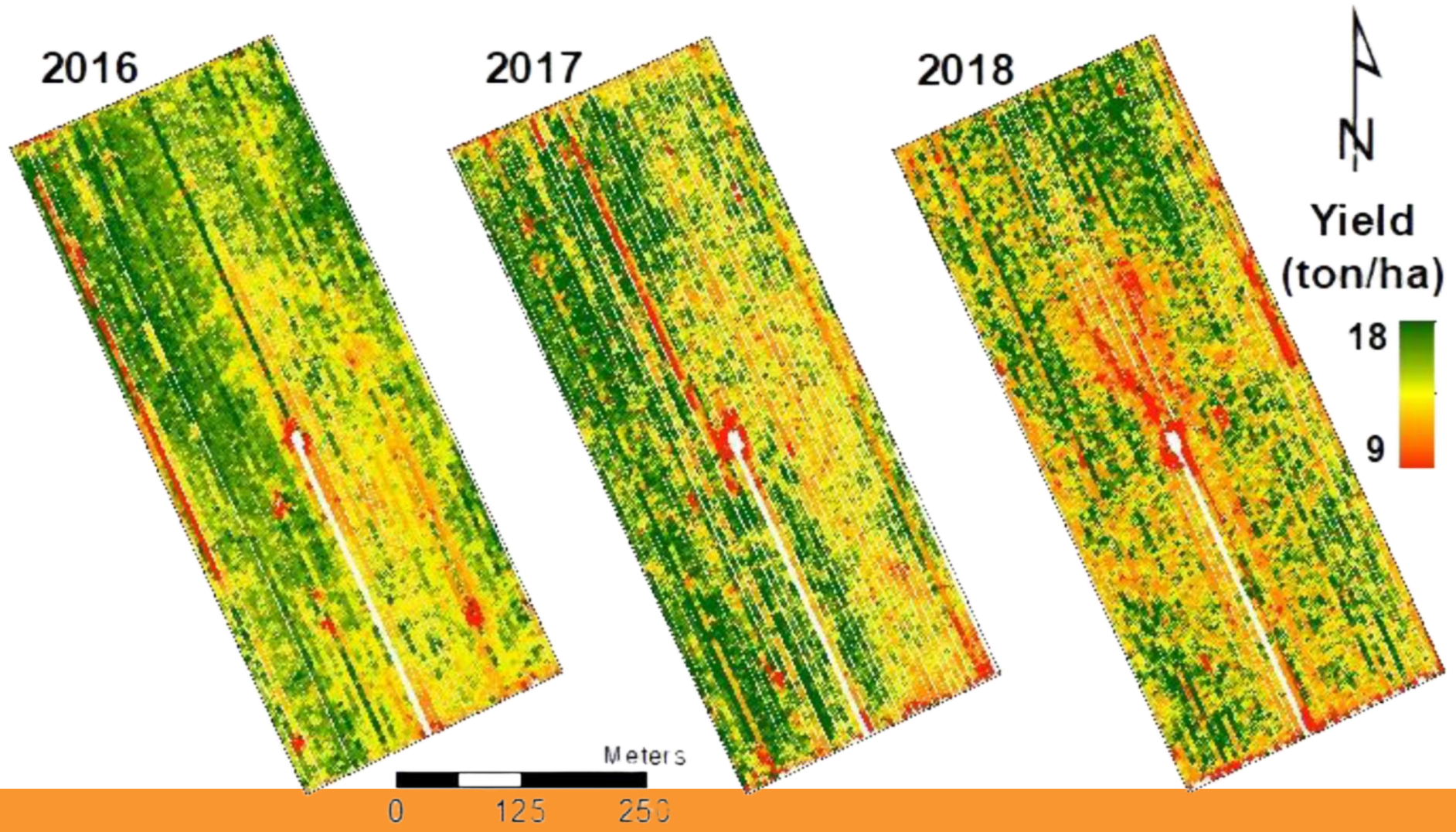
La **resa energetica** dell'impianto non dipende soltanto dalla capacità del digestore, ma anche dalla qualità delle biomasse che arrivano alla bocca di alimentazione.

- Resa e caratteristiche agronomiche della coltura.
- Sostanza secca, sostanza organica e composizione della biomassa.
- Epoca di raccolta, variabilità tra appezzamenti e conservazione.
- Coerenza tra produzione agricola e fabbisogno dell'impianto.

La gestione biologica evoluta comincia dalla capacità di produrre e conoscere la materia prima, non soltanto di acquistarla.



VALUTAZIONE DEL POTENZIALE METANIGENO DELLE BIOMASSE IN RAZIONE



***Sens. remoto*2019,*11*(23), 2873; https://doi.org/10.3390/rs11232873**

Mappa di produzione di **mais da granella** nelle stagioni **2016, 2017 e 2018**

EFFICIENTAMENTO DELLA BIOLOGIA DEGLI IMPIANTI

- Accumulo dell'Amido dello 0,5/1% al giorno
- Riduzione del contenuto in NDF
- Lieve calo di digeribilità dell'NDF
- Lieve calo di digeribilità dell'Amido

% S.S.	Densità tal quale (t/m^3)	% Amido (s.s.)	% NDF (s.s.)	BMP Biogas (Nm^3/t tal quale)	BMP Biometano (Nm^3/t tal quale)
28	**0,765**	25	41,2	**182**	96,5
29	**0,76**	26	40,9	**191**	101,2
30	**0,755**	27	40,6	**201**	106,5
31	**0,75**	28	40,3	**210**	111,3
32	**0,745**	29	39,9	**220**	116,6
33	**0,74**	30	39,6	**229**	121,1
34	**0,735**	31	39,3	**239**	126,7
35	**0,73**	32	39,1	**248**	131,4
36	**0,725**	33	38,9	**258**	136,4
37	**0,72**	34	38,6	**267**	141,5
38	**0,715**	35	38,4	**277**	146,8

Assunto: Silomais (in trincea) convenzionalmente calcolato a 65€/ton al 35% S.S.; 32% amido; 39,1% NDF

CONSIDERAZIONI SUGLI ASPETTI QUALITATIVI DEL SILOMAIS

SILOMAIS - ANALISI A CONFRONTO (PROD. 2025)									
UMIDITA':	SUL TAL QUALE	68,11	67,7	65,74	63,78	62,28	62,23	60,04	59,09
SOSTANZA SECCA:	SUL TAL QUALE	31,89	32,3	34,26	36,22	37,72	37,77	39,96	40,91
AMIDO:	SUL SECCO	39,75	25,65	25,7	28,39	29,3	28,48	37,48	39,42
aNDFom (senza ceneri):	SUL SECCO	32,93	41,01	44,26	43,41	42,08	44,74	38,2	37,26
BMP Potenziale di Biometanazione in BIOGAS	SUL TAL QUALE	218	216	228	241	263	253	271	279
BMP Potenziale di Biometanazione in METANO	SUL TAL QUALE	117	116	122	129	136	136	146	150

MISCELA DI ALIMENTAZIONE DEL DIGESTORE

La miscela di alimentazione del digestore è un sistema dinamico, in cui ogni matrice contribuisce in modo variabile in funzione delle proprie caratteristiche chimico-biologiche.

Unifeed del digestore – matrici di alimentazione

1. Biomassa agricola
- Silomais
- Insilato di cereali autunno-vernini (triticale, orzo, frumento)
- Silosorgo
- Loietto
- Medica (in miscela)
- Colture di copertura dedicate (cover crops)
- Residui colturali parzialmente insilati (paglie, stocchi)

2. Sottoprodotti

a) Cerealicoli e molitori
- Crusca
- Farinacci
- Pollini
- Sottoprodotti della decorticazione e macinazione

b) Agroindustriali
- Polpe di barbabietola
- Sottoprodotti della lavorazione della patata
- Scarti dell'industria conserviera
- Residui ortofrutticoli
- Siero di latte (dove ammesso)
- Vinacce e fecce (nel rispetto dei limiti normativi)

3. Reflui zootecnici

a) Bovini
- Letame e liquame bovino da latte
- Letame e liquame bovino da carne

b) Suini
- Liquame suino
- Letame suino

c) Avicoli
- Pollina da broiler
- Pollina da ovaiole
- Pollina da tacchini

d) Altri (secondari)
- Reflui ovicaprini
- Reflui cunicoli

UNA COLLABORAZIONE ALL'INSEGNA DELL'INNOVAZIONE

- **Maggiore controllo della biomassa, maggiore efficienza dell'impianto**
- **Dall'analisi alle decisioni: i dati in pochi secondi**
- **Una soluzione pensata per il lavoro sul campo**





L'efficienza economica non nasce da un singolo sensore, ma dalla capacità di governare meglio l'intero sistema.

LE BIOMASSE: conoscere ciò che stiamo realmente alimentando

Le matrici possono variare anche quando hanno lo stesso nome commerciale o provengono dallo stesso fornitore.

Il NIR, attraverso calibrazioni appropriate, permette di **stimare rapidamente parametri** quali sostanza secca, sostanza organica e alcune componenti della matrice, secondo le caratteristiche dello strumento e del metodo adottato.

- **Ridurre** l'incertezza sulla composizione delle matrici.
- **Confrontare** lotti e fornitori.
- **Migliorare** la formulazione della razione.
- **Integrare** i risultati analitici nella pianificazione degli approvvigionamenti.

Non alimentiamo un digestore sulla base del nome della matrice, ma sulla base delle sue caratteristiche effettive.



IL DIGESTORE: trasformare i dati in gestione biologica

La variabilità delle matrici **influenza il carico organico, l'equilibrio della razione e il comportamento del processo.**

Collega il dato analitico alle decisioni operative: quantità e proporzioni delle matrici, regolarità dell'alimentazione, carico organico e verifica delle prestazioni.

Il NIR può contribuire a caratterizzare l'alimentazione e, se opportunamente validato, alcuni parametri di processo.

Non misura però direttamente e universalmente la salute microbiologica del digestore: occorre integrarlo con dati di processo, produzione di biogas, composizione del gas, pH, alcalinità e acidi grassi volatili, secondo le esigenze dell'impianto.

Il dato diventa utile quando permette di anticipare una decisione, verificare una correzione o comprendere una variazione del processo.

Da qui nasce il concetto di AGRIBIOLOGIA



IL DIGESTATO: da residuo del processo a risorsa agronomica

Il ciclo non termina con la produzione di metano.

Il digestato contiene nutrienti e sostanza organica residua, con caratteristiche che dipendono dalle matrici in ingresso e dalla gestione del processo.

- **Conoscere** sostanza secca e contenuto di nutrienti.
- **Migliorare** la programmazione degli spandimenti.
- **Adeguare** gli apporti alle esigenze delle colture e del terreno.
- **Valorizzare** il digestato nella gestione della fertilità.

Il NIR può supportare la caratterizzazione rapida del digestato, purché le calibrazioni siano validate per quella matrice e per i parametri dichiarati.

Il digestato non è semplicemente ciò che rimane, ma ciò che ritorna al campo e chiude il ciclo.



IL VALORE DEL MONITORAGGIO: collegare i dati

Il **valore** non sta nel raccogliere tanti dati, ma nel metterli in relazione:

- Composizione della biomassa,
- Quantità alimentate,
- Andamento del processo,
- Produzione di metano,
- Qualità del digestato.

Questo permette di costruire uno **storico**, riconoscere le **variazioni**, confrontare **periodi** e **razioni** e verificare gli **effetti** delle decisioni.

La tecnologia diventa gestione quando il dato è confrontabile, interpretabile e collegato a un'azione.



DALLA CONOSCENZA ALL'EFFICIENZA ECONOMICA

Conseguenze concrete per la gestione dell'impianto:

- **Maggiore** controllo della variabilità delle matrici.
- **Migliore** utilizzo del potenziale metanigeno disponibile.
- Possibilità di individuare **inefficienze** e **scostamenti**.
- Gestione più razionale dei **nutrienti** restituiti al campo.
- Decisioni basate su **evidenze** anziché su sole medie storiche o abitudini operative.

L'efficienza economica non nasce da un singolo sensore, ma dalla capacità di governare meglio l'intero sistema.



LA DISTINZIONE: il NIR non è una chimica più veloce

La chimica tradizionale e la spettroscopia NIR sono due approcci analitici differenti.

- **Analisi chimica tradizionale**: determina uno specifico parametro attraverso un metodo analitico di riferimento, per esempio una procedura gravimetrica per la sostanza secca o un metodo specifico per l'azoto.

- **Tecnologia NIR**: misura l'interazione della radiazione nel vicino infrarosso con il campione e utilizza modelli matematici, costruiti e validati rispetto a risultati di riferimento, per stimare i parametri di interesse.

Questa differenza è essenziale:
il NIR non determina direttamente qualsiasi parametro che ci interessa. La qualità del risultato dipende dal modello di calibrazione, dai campioni impiegati per costruirlo, dalla rappresentatività del campione analizzato e dalle condizioni in cui viene utilizzato.

Quale metodo fornisce un dato sufficientemente affidabile per la decisione che dobbiamo prendere?

Un laboratorio può ottenere un risultato chimico molto accurato sul campione ricevuto, ma quel campione potrebbe non rappresentare un carico di biomassa eterogeneo.

Un sistema NIR installato su un flusso di materiale può acquisire molte osservazioni durante il funzionamento, offrendo una visione più dinamica delle variazioni. Questa possibilità però non garantisce, da sola, che ogni stima sia accurata: servono una **corretta installazione**, una **calibrazione adeguata** e una **validazione** nelle **condizioni operative reali**.

Aspetto	Che cosa significa
Accuratezza	Quanto il risultato si avvicina al valore di riferimento.
Ripetibilità	Quanto sono simili i risultati quando si ripete la misura nelle stesse condizioni.
Rappresentatività	Quanto il campione analizzato rappresenta davvero la biomassa o il flusso di materiale.
Tempestività	Quanto rapidamente il dato diventa disponibile per essere utilizzato.

IL VERO VANTAGGIO DEL NIR:
non solo accuratezza, ma conoscenza della variabilità

Immaginiamo di ricevere una biomassa che presenta una variabilità significativa nella sostanza secca.

Approccio tradizionale
Un campione inviato al laboratorio
Un risultato analitico riferito al campione prelevato con tempi di risposta legati al metodo e all'organizzazione del laboratorio.

Approccio NIR in linea o in continuo
Osservazione ripetuta del flusso
Se il sistema è installato e validato per questo uso, può evidenziare variazioni nel tempo e rendere disponibili stime tempestive.
Il vantaggio potenziale non è necessariamente che ogni singola lettura NIR sia più precisa del risultato di laboratorio.
È che la disponibilità di più osservazioni può aiutare a comprendere la variabilità del materiale e a intervenire prima.

In altre parole, un dato molto preciso ma tardivo e riferito a un campione poco rappresentativo può essere meno utile alla gestione di un processo variabile di un sistema di monitoraggio tempestivo, adeguatamente validato e integrato con le altre informazioni.

IL VALORE DEL DATO NEL TEMPO

Stessa destinazione, un modo completamente diverso di aspettare.

Come l'aiuto della tecnologia trasforma un'informazione incerta in un dato utile per decidere.

PRIMA — Aspettare l'autobus senza informazioni



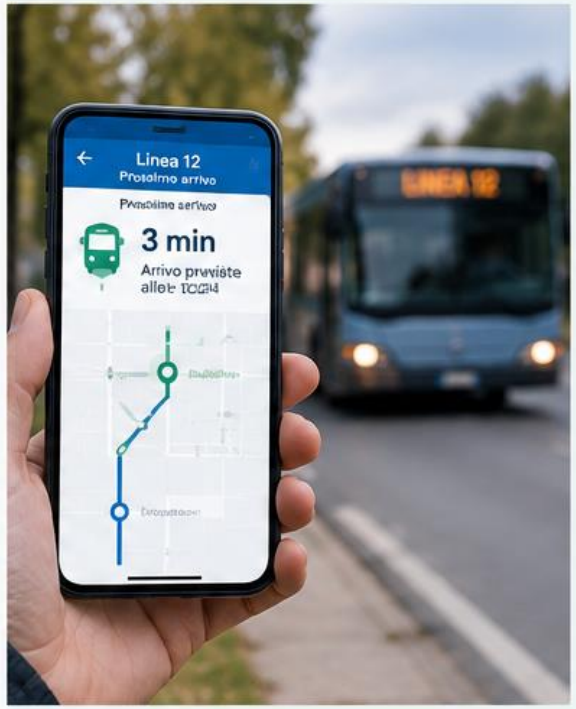
Solo l'esperienza
Si aspetta, senza sapere quando arriverà.

Informazione incerta
Si può solo stimare in base a orari teorici o all'esperienza passata.

Rischio di ritardi
Si perde tempo, si è esposti a imprevisti.

Decisioni limitate
Non è possibile intervenire o pianificare in modo efficace.

ORA — Aspettare l'autobus con la tecnologia



Dati in tempo reale
Il sistema satellitare e i sensori tracciano la posizione del mezzo in continuo.

Informazione precisa
Si conosce l'orario di arrivo in tempo reale, con un margine di errore minimo.

Maggiore affidabilità
Si riducono le attese inutili e si gestiscono meglio gli imprevisti.

Decisioni più efficaci
Si può pianificare, comunicare e intervenire in modo tempestivo.

Lo stesso principio per l'impianto biogas e biometano.

Misurare in tempo reale e in continuo le biomasse, il processo e il digestato significa trasformare un'informazione incerta in un dato affidabile, per anticipare decisioni, verificare correzioni e comprendere le variazioni del processo.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

