

# LINEE GUIDA PER L'USO AGRONOMICO DEL DIGESTATO



IL CAMPIONAMENTO  
E LA CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA  
AI SENSI DEL DECRETO  
25 FEBBRAIO 2016

1° Edizione: luglio 2017

LINEE GUIDA PER L'USO AGRONOMICO DEL DIGESTATO

Il campionamento e la caratterizzazione qualitativa ai sensi del Decreto  
25 febbraio 2016

Gruppo di lavoro:

Lorella Rossi, Guido Bezzi, Christian Curlisi - CIB Consorzio Italiano  
Biogas, Lodi

Claudio Fabbri – Centro Ricerche Produzioni Animali (C.R.P.A.) – Reggio  
Emilia

Francesca Agostini – Progetto EuroVerde – Rubano (PD)

Pietro Ferraris – Studio Legale Robaldo-Ferraris - Milano

Fotografie: Archivi CIB e C.R.P.A.

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

# LINEE GUIDA PER L'USO AGRONOMICO DEL DIGESTATO

1. OBIETTIVI	1
2. IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	2
1.IL DECRETO 25 FEBBRAIO 2016(DECRETO EFFLUENTI)	2
3.CARATTERISTICHE DEI DIGESTATI AGROZOOTECNICIE AGROINDUSTRIALI	8
1. LE CARATTERISTICHE AGRONOMICHE E AMBIENTALI	8
2. LE CARATTERISTICHE MICROBIOLOGICHE	13
1.Gli effetti della digestione sullo stato igienico-sanitario delle biomasse in ingresso	13
2. I digestati agricoli	15
4. IL CAMPIONAMENTO DEL DIGESTATO	20
1. LE MODALITÀ DI CAMPIONAMENTO	20
1. Il punto di campionamento	21
2. Il prelievo del campione in condizioni di sterilità	25
2. TRASPORTO E CONSERVAZIONE DEI CAMPIONI	26
3. LA SCELTA DEL LABORATORIO	27
4. LA GESTIONE DEI REFERTI ANALITICI	28
5. LA FREQUENZA DI CAMPIONAMENTO	28
5. LA GESTIONE DELLE NON CONFORMITÀ	31
1.LA NON CONFORMITÀ PER I PARAMETRI CHIMICI (AGRONOMICI E AMBIENTALI)	31
2.LA NON CONFORMITÀ AL PARAMETRO MICROBIOLOGICO "SALMONELLA"	33
6. ALLEGATI	36
1. RASSEGNA FOTOGRAFICA	36
2. ESEMPIO DI SCHEDA CAMPIONAMENTO DIGESTATO	40
7. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE	41

## PRESENTAZIONE

La gestione del digestato rappresenta un punto cruciale nell'intera filiera del biogas agricolo perché solo il suo ritorno sul suolo permette la effettiva chiusura dei cicli biologici e li rende virtuosi. L'accumulo del carbonio nel suolo è infatti una delle forme più virtuose di riduzione della CO<sub>2</sub> in atmosfera: non solo migliora la qualità dell'aria, ma al contempo incrementa la fertilità chimica, fisica e biologica del suolo agrario.

L'adeguata valorizzazione del potere fertilizzante del digestato, dotato di sostanza organica stabilizzata e di nutrienti con conseguente drastica riduzione dell'uso di concimi chimici, è uno dei pilastri del "biogasfatto-bene<sup>®</sup>", insieme alla valorizzazione di effluenti zootecnici, residui agricoli e sottoprodotti agroindustriali e alla introduzione di colture di secondo raccolto laddove possibile. Il CIB sta portando avanti questo approccio da alcuni anni perché lo ritiene strategico e indispensabile per raggiungere gli ambiziosi obiettivi di sviluppo che il settore si è dato (8 miliardi di metri cubi di biometano al 2030).

Con queste Linee Guida, pertanto, si intende dedicare la giusta attenzione a questa importante fase del ciclo di produzione del biogas e mettere a disposizione dei produttori uno strumento utile per conoscere il digestato e farne una corretta gestione, anche in relazione al quadro normativo che solo di recente si è uniformato su tutto il territorio nazionale a seguito della emanazione del Decreto 25 febbraio 2016.

Questa prima parte si pone l'obiettivo di affrontare il tema della qualità chimica e microbiologica del digestato e delle procedure per l'esecuzione del relativo campionamento; sono infatti stati fissati limiti qualitativi severi, tipici di prodotti fertilizzanti commerciali.

L'intento è quello di mettere a disposizione dei produttori uno strumento utile, in quanto basato su criteri chiari e adeguati allo specifico contesto produttivo, per dimostrare la elevata qualità dei digestati prodotti nei diversi contesti territoriali.

L'approccio adottato per la stesura del documento è stato di tipo puntuale e cautelativo, in quanto l'obiettivo ultimo che ci si pone è la condivi-

sione di tali Linee Guida con le Autorità competenti e i relativi organi di controllo. Qualora se ne ravvedrà la necessità a seguito del confronto con essi avviato, si procederà ad una eventuale revisione e/o integrazione.

Questo è un primo passo sulla strada della “validazione” del valore agronomico e ambientale del digestato. Il prossimo appuntamento avrà invece lo scopo di fornire indicazioni concrete in merito alle modalità di spandimento in campo e ai relativi dosaggi in funzione della coltura, del tipo di suolo, dell’epoca di spandimento.

Lodi, luglio 2017

# 1. OBIETTIVI

L'obiettivo delle linee guida è fornire uno strumento che dia le necessarie istruzioni ed indicazioni operative in merito alla corretta gestione del digestato sotto il profilo tecnico ed agronomico e sotto il profilo amministrativo, in funzione di quanto previsto dal quadro normativo nazionale e regionale.

Rimandando ad un secondo documento per gli aspetti prettamente agronomici, questa prima parte è dedicata alla caratterizzazione qualitativa del digestato e alle relative prescrizioni da seguire ai sensi della normativa vigente, che solo di recente ne ha imposto limiti qualitativi specifici.

In particolare, gli obiettivi sono quelli di seguito illustrati:

- fornire le istruzioni necessarie per la corretta esecuzione delle operazioni di campionamento del digestato, dal prelievo alla consegna al laboratorio di analisi, con lo scopo di disporre di un campione non alterato e/o "contaminato" da fattori e/o composti esterni ed effettivamente rappresentativo del digestato a cui si riferisce;
- fornire indicazioni operative in merito alle buone pratiche gestionali da adottare per produrre digestato di qualità, utili per superare eventuali criticità in caso di riscontro di parametri non conformi ai limiti qualitativi imposti.

In sintesi, le presenti Linee Guida vogliono essere uno strumento concreto per i gestori degli impianti di biogas affinché verifichino con il giusto approccio la qualità del proprio digestato, mettano in atto eventuali misure correttive se necessarie e possano quindi farne uso agronomico in sicurezza.

Prima di entrare nel dettaglio degli aspetti amministrativi, è utile illustrare brevemente le novità introdotte nel 2016 nella legislazione del settore e presentare un quadro di sintesi degli obblighi a cui è soggetto il gestore dell'impianto di biogas per fare regolare uso agronomico del digestato (comunicazione, piano di utilizzazione agronomica, trasporto).

Nel testo, raccomandazioni, indicazioni operative, suggerimenti ritenuti essenziali per il gestore dell'impianto di biogas sono identificate come RQUADRI numerati e a fondo colorato.

## 2. IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

### 1. Il decreto 25 febbraio 2016 (Decreto Effluenti)

L'entrata in vigore del Decreto 25 febbraio 2016 "Criteri e norme tecniche generali per la disciplina regionale dell'utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento e delle acque reflue, nonché per la produzione e l'utilizzazione agronomica del digestato" (GU n. 90 Suppl. Ord. N. 9 del 18.04.16, d'ora in poi "Decreto Effluenti") ha introdotto diverse novità, tra cui le principali ai fini del presente documento sono ricordate nei seguenti punti:

- è stato sancito che, in assenza di "rifiuti" in ingresso all'impianto, il digestato destinato all'uso agronomico secondo i criteri dettati, è un sottoprodotto ai sensi dell'art. 184 bis del DLgs 152/06 e s.m.i.;
- sono stati definiti gli adempimenti previsti per il produttore/detentore di digestato, sintetizzati in *Figura 1*;
- è stato definito il criterio di impiego del digestato in relazione al suo contenuto di azoto, differenziando quello di origine zootecnica da quello di altra natura. Il limite di 170 kg/ha nelle zone vulnerabili si riferisce alla sola quota che proviene dagli effluenti di allevamento;
- sono state identificate due categorie di digestato: il digestato agro-zootecnico e il digestato agroindustriale, in funzione della tipologia di biomasse in ingresso all'impianto di biogas;
- per ciascuna delle due tipologie di digestato sono stati fissati limiti qualitativi minimi e massimi da rispettare per una serie di parametri chimici (agronomici e ambientali) e un parametro microbiologico (Salmonella), illustrati nel dettaglio nelle tabelle che seguono.

AZOTO AL CAMPO	ZONA NON VULNERABILE NITRATI	ZONA VULNERABILE NITRATI
<1000 kg/anno	Esonero Comunicazione	Esonero Comunicazione
da 1001 a 3000 kg/anno	Esonero Comunicazione	Comunicazione Semplificata (all. IV parte B)
da 3001 a 6000 kg/anno	Comunicazione Semplificata (all. IV parte B)	Comunicazione Completa (all. IV parte A) + PUA Semplificato (all. V parte B)
>6000 kg/anno	Comunicazione Completa (all. IV parte A)	Comunicazione Completa (all. IV parte A) + PUA Completo (all. V parte A)
Allevamenti intensivi	PUA Completo (all. V parte A) compreso in AIA	PUA Completo (all. V parte A) compreso in AIA
Bovini > 500 UBA	Comunicazione Completa (all. IV parte A) + PUA Completo (all. V parte A)	Comunicazione Completa (all. IV parte A) + PUA Completo (all. V parte A)

*Figura 1- Prospetto di sintesi degli adempimenti previsti (Comunicazione di spandimento e Piano di Utilizzazione Agronomica – PUA) dal Decreto Effluenti.*

Con riferimento alla *Tabella 1*, il digestato è definito “agrozootecnico”, quando tra le matrici in ingresso non sono presenti sottoprodotti agroindustriali (vegetali e animali); si genera invece digestato “agroindustriale” in presenza di uno o più sottoprodotti, da soli o in aggiunta alle matrici che danno origine a quello agrozootecnico, indipendentemente dalla tipologia e dalla quantità.

**Tabella 1- Biomasse che generano “digestato agrozootecnico” e biomasse che generano “digestato agroindustriale” (art. 22 Decreto Effluenti).**

DIGESTATO AGROINDUSTRIALE	DIGESTATO AGROZOOTECNICO
	<p>a) Paglia, sfalci e potature, nonché altro materiale agricolo o forestale naturale non pericoloso di cui all'articolo 185, comma 1, lettera f) del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.</p> <p>b) Materiale agricolo derivante da colture agrarie. Fatti salvi gli impianti da realizzarsi ai sensi dell'articolo 2 del decreto legge 10 gennaio 2006 n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 marzo 2006, n. 81, per gli impianti autorizzati successivamente all'entrata in vigore del presente decreto, tale materiale non potrà superare il 30% in termini di peso complessivo.</p> <p>c) Effluenti di allevamento, come definiti all'articolo 3, comma 1, lettera c) del presente decreto.</p> <p>h) Materiale agricolo e forestale non destinato al consumo alimentare di cui alla tabella 1B del decreto 6 luglio 2012.</p>
	<p>d) Le acque reflue, come definite all'articolo 3, comma 1, lettera f) del presente decreto.</p> <p>e) Residui dell'attività agroalimentare(*) di cui all'articolo 3, comma 1 lettera i) del presente decreto, a condizione che non contengano sostanze pericolose conformemente al Regolamento (CE) n. 1907/2006.</p> <p>f) Acque di vegetazione dei frantoi oleari e sanse umide anche denocciolate di cui alla legge 11 novembre 1996, n. 574.</p> <p>g) I sottoprodotti di origine animale, utilizzati in conformità con quanto previsto nel Regolamento (CE) 1069/2009 e nel regolamento di implementazione (UE) 142/2011, nonché delle disposizioni approvate nell'accordo tra Governo, Regioni e Province autonome.</p>

*(\*) ARTICOLO 3 comma 1, lettera i) “residui dell'attività agroalimentare”: i residui di produzione individuati nell'Allegato IX al decreto, derivanti da trasformazioni o valorizzazioni di prodotti agricoli, effettuate da imprese agricole di cui all'art. 2135 del codice civile o da altre imprese agroindustriali, a condizione che derivino da processi che non rilasciano sostanze chimiche, conformemente al regolamento (CE) n. 1907/2006.*

#### **ALLEGATO IX**

*I residui dell'agroindustria che possono essere impiegati per la produzione di digestato agroindustriale di cui al presente decreto sono i seguenti:*

- sottoprodotti della trasformazione del pomodoro (bucchette, bacche fuori misura, ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione delle olive (sarse, acque di vegetazione);
- sottoprodotti della trasformazione dell'uva (vinacce, graspi, ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione della frutta (condizionamento, sbucciatura, detorsolatura, pastazzo di agrumi, spremitura di pere, mele, pesche, noccioli, gusci, ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione degli ortaggi (condizionamento, sbucciatura, confezionamento, ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione delle barbabietole da zucchero (borlande; melasso; polpe di bietola esauste essiccate, surpressate fresche, surpressate insilate ecc.);
- sottoprodotti derivati dalla lavorazione/selezione del risone (farinaccio, pula, lolla, ecc.);
- sottoprodotti della lavorazione dei cereali (farinaccio, farinetta, crusca, tritello, glutine, amido, semi spezzati, amido di riso e proteine di riso in soluzione acquosa da prima lavorazione dei cereali e/o riso ecc.);
- sottoprodotti della trasformazione dei semi oleosi (pannelli di germe di granturco, lino, vinacciolo, ecc.).

I relativi adempimenti previsti dal Decreto legati alla classificazione del digestato prodotto sono i seguenti (art. 25, c. 1e 2):

- in sede di presentazione della “comunicazione” occorre dichiarare la tipologia di digestato in gioco e le biomasse in ingresso all’impianto con riferimento alle tipologie riprese in *Tabella 1*;
- presso l’azienda deve essere tenuto un “registro dei materiali in ingresso all’impianto” da esibire in caso di controlli.

Dai concetti sopra illustrati, sembrerebbe chiaro che la classificazione del digestato è correlata alle biomasse effettivamente impiegate per l’alimentazione dell’impianto di biogas. L’elenco delle biomasse “ammesse” formalmente (di cui alla Autorizzazione Unica o Procedura Abilitativa Semplificata) potrebbe infatti essere più ampio rispetto a quelle davvero impiegate per la produzione di biogas in un determinato arco temporale. Anche su questo fronte occorre tuttavia fare le dovute verifiche a livello regionale per procedere in modo corretto.

I parametri da determinare e i relativi limiti qualitativi da garantire che il Decreto impone ai digestati destinati all'uso agronomico sono riportati in *Tabella 2* e *Tabella 3*.

**Tabella 2-** Limiti qualitativi previsti per entrambe le tipologie di digestato (agrozootecnico e agroindustriale).

PARAMETRO	VALORE LIMITE	UNITÀ DI MISURA
Sostanza organica	≥ 20	% peso sostanza secca
Fosforo totale	≥ 0,4	% peso sostanza secca
Azoto totale	≥ 1,5	% peso sostanza secca
Salmonella	Assenza in 25g di campione tal quale	n=5 c=0 m=0 M=0 (1)

(1) *n*= numero di campioni da esaminare. *c*= numero di campioni la cui carica batterica può essere compresa tra *m* e *M*. Il campione è ancora considerato accettabile se la carica batterica degli altri campioni è uguale o inferiore a *m*. *M*: valore massimo ammesso; il campione non è accettabile se anche solo uno dei campioni ha una carica batterica superiore a *M*.

**Tabella 3-** Limiti qualitativi previsti per il solo digestato agroindustriale.

PARAMETRO	VALORE LIMITE	UNITÀ DI MISURA
Piombo totale	≤ 140	mg/kg di sostanza secca
Cadmio totale	≤ 1,5	mg/kg di sostanza secca
Nichel totale*	≤ 100	mg/kg di sostanza secca
Zinco totale	≤ 600	mg/kg di sostanza secca
Rame totale	≤ 230	mg/kg di sostanza secca
Mercurio totale	≤ 1,5	mg/kg di sostanza secca
Cromo VI totale	≤ 0,5	mg/kg di sostanza secca

(\*) Per particolari esigenze regionali, in caso di valori di fondo dei terreni con elevati tenori di nichel, le regioni possono stabilire un limite più elevato.

Per quanto concerne il parametro “Salmonella” si richiede la verifica dell’assenza di *Salmonella* spp., come previsto dai metodi ufficiali di analisi per fertilizzanti e fanghi.

Per quanto riguarda il contenuto di “sostanza organica (SO)” si precisa che secondo il DLgs 75/2010 e s.m.i., si intende il risultato del seguente calcolo: carbonio organico totale (TOC) x 2.

È invece risaputo che negli impianti di digestione anaerobica il contenuto di sostanza organica è misurato come “solidi volatili (SV)”, determinato come perdita all’incenerimento a 550°C secondo la relativa metodica ufficiale, ed è uno dei parametri basilari per il monitoraggio dell’intero processo biologico (si veda poco oltre).

Per opportuna informazione, si precisa che, per la stessa matrice, i valori ottenuti con i due metodi ( $SO = TOC \times 2$  e  $SV = \text{Sostanza secca} - \text{Ceneri}$ ) sono molto simili, ma tra loro non esiste tuttavia un rapporto costante e valido per tutte le matrici.

Il Decreto non fornisce indicazioni in merito ai seguenti aspetti, di fondamentale importanza per le ricadute pratiche derivate dalla sua piena applicazione:

- la frequenza di campionamento del digestato;
- la tipologia di digestato da campionare o, meglio, il punto di campionamento lungo la linea della sua produzione (allo scarico dal digestore, dopo separazione solido/liquido e in stoccaggio);
- le modalità di campionamento per garantire adeguata rappresentatività del campione ai fini della caratterizzazione chimica e microbiologica.

Di seguito sono approfonditi gli aspetti sopra citati con lo scopo di fornire indicazioni e criteri gestionali che permettano di operare da un lato in piena conformità alla normativa vigente, dall’altro di gestire e superare eventuali criticità riscontrate in fase di autocontrollo.

Allo scopo di inquadrare come i digestati da matrici agricole e agroindustriali si collocano rispetto ai limiti qualitativi sopra indicati, si riporta una breve rassegna delle loro caratteristiche chimico-fisiche e microbiologiche sulla base delle conoscenze a oggi disponibili.

### 3. CARATTERISTICHE DEI DIGESTATI AGROZOOTECNICI E AGROINDUSTRIALI

#### 1. Le caratteristiche agronomiche e ambientali

Dal punto di vista tecnico il digestato è il sottoprodotto del processo di digestione anaerobica e, rispetto alle biomasse di partenza, si presenta omogeneo, con un tenore di umidità più elevato perché parte della sostanza secca è stata degradata biologicamente, cioè demolita dai batteri per la produzione di biogas. La sostanza organica che in esso rimane risulta più stabile e contiene elementi della fertilità, quali azoto, fosforo e potassio. Il ritorno sul suolo è infatti la destinazione per eccellenza perché consente di sfruttare al meglio il suo grande potere fertilizzante, sia in termini di apporto di sostanza organica che di elementi nutritivi.

In termini generali, se si analizza la composizione chimico-fisica dei digestati di varia origine, sia essa animale vegetale o mista (*Tabella 4*), si può osservare che il tenore di sostanza secca è variabile generalmente tra il 2 e il 10% a seconda delle matrici caricate (più alto laddove si caricano insilati) e il tenore di azoto può arrivare a valori di 5-7 kg per tonnellata; nei digestati derivanti da effluenti zootecnici la quota maggiore dell'azoto è in forma ammoniacale, mentre per quelli derivanti da biomasse vegetali può ancora prevalere l'azoto di tipo organico (pari alla quota dell'azoto totale che non è ammoniacale:  $N_{tot} - N_{amm}$ ). Il maggiore contenuto di fosforo si può osservare nei digestati di origine suinicola; nei restanti, i valori sono tra loro analoghi.

**Tabella 4 - Caratteristiche medie di digestati di varia natura (Rossi L., Mantovi P. "Il digestato, un utile sottoprodotto del biogas" Opuscolo Conoscere per Competere, settembre 2012).**

MATRICI CARICATE ALL'IMPIANTO	ST (%)	SV (% ST)	AZOTO TOTAL E (NTK) (kg/t)	AZOTO AMMONIACAL E (% NTK)	FOSFORO P (kg/t)
Liquame suino tal quale	2-4	40-60	2-5	70-85	0,22-1,75
Liquame bovino o liquame bovino + colture energetiche	4-8	65-80	2,5-4,5	40-65	0,44-0,96
Colture energetiche + sottoprodotti agro-industriali	5-10	65-80	3,5-7	30-65	0,44-0,87

Legenda: ST: solidi totali o sostanza secca SV: solidi volatili o sostanza organica. NTK: azoto totale Kjeldahl.

Ai fini della verifica della conformità del digestato ai limiti qualitativi imposti dalla normativa vigente (vedi *Tabella 2* e *Tabella 3*), occorre passare ad un'analisi più dettagliata delle caratteristiche del digestato tal quale, delle sue frazioni dopo separazione meccanica e del digestato in stoccaggio per capire come si differenziano e le eventuali variazioni qualitative nel tempo.

A tale scopo si possono osservare (*Tabella 5*) i valori medi di sostanza organica, azoto totale a azoto ammoniacale delle diverse tipologie di digestato prodotte in 3 impianti con piani di alimentazione diversi operanti in Pianura Padana (medie di 8 campionamenti eseguiti nell'arco di un anno a distanza di 30-40 giorni). Per quanto riguarda il contenuto di fosforo invece si rimanda alla *Tabella 6*, dove si riportano i valori medi e la variabilità del suo contenuto in numerosi campioni di digestato.

In linea generale, si può osservare quanto segue:

- la frazione solida o palabile, in genere ottenuta con separatori a compressione elicoidale oppure a rulli contrapposti, rappresenta in genere non più del 10 - 15% circa del peso del digestato tal quale ed è caratterizzata da un contenuto di sostanza secca relativamente alto, solitamente pari o superiore al 20% circa. In essa si concentrano la sostanza organica residua, l'azoto organico e il fosforo, seppure con efficienze di separazione variabili in funzione delle condizioni operative di riferimento (tipo di digestato, tipo e modalità d'uso del dispositivo utilizzato);
- la frazione liquida o chiarificata, pari ad almeno l'85-90% del volume del digestato tal quale, è caratterizzata da un tenore di sostanza secca mediamente compreso tra il 3-4 e il 6-8%. In essa si concentrano i composti solubili, tra cui l'azoto in forma ammoniacale, che può arrivare al 70% dell'azoto totale presente.

Infine, se si osservano le caratteristiche del digestato in stoccaggio, si nota, rispetto a quello "fresco", una ulteriore riduzione del contenuto di solidi volatili (sostanza organica) e di azoto totale con aumento della sua frazione ammoniacale.

**Tabella 5-** Caratteristiche agronomiche del digestato allo scarico dal digestore (Dtq), dopo separazione meccanica (Dsol e Dliq) e in stoccaggio (Dstoc, liquido) in tre impianti di biogas (valori medi di 8 campionamenti effettuati in circa 10 mesi) (Fonte: MIPAAF, CRPA 2015 “Progetto BiogasDOP- Relazione finale”) **Legenda:** LB: soli effluenti bovini. LB+INS: effluenti bovini (35%)+insilati (65%). LB+INS+SP: liquami bovini (48%), insilati (39%), sottoprodotti (13%).

	pH	ST	SV	NTK		N-NH4+	
	[ ]	[%tq]	[%ST]	[mg/kgtq]	[%ST]	[mg/kgtq]	[%dNTK]
DECRETO EFFLUENTI	NON PREVISTO	NON PREVISTO	≥ 20	–	≥ 1,5	NON PREVISTO	NON PREVISTO
TI	O	O				O	O
Impianti	Media +/- dev std						
LB - Dtq	7,8± 0,1	6,6± 0,25	73,1± 1,15	3473± 149	5,27± 0,22	1911± 91	55,1± 2,39
LB - Dliq	7,9± 0,07	4,5± 0,19	63,3± 0,75	3526± 838	7,87± 1,76	1962± 121	57,3± 8,45
LB - Dsol	8,9± 0,15	19,7± 1,59	88,2± 0,67	4789± 431	2,44± 0,31	1580± 163	33,3± 4,75
LB - Dstoc	7,8± 0,17	4,9± 0,88	63,3± 2,67	3251± 401	6,84± 1,41	2026± 174	63,5± 12,11
LB+INS - Dtq	7,6± 0,11	4,2± 0,5	74,0± 1,19	3145± 799	7,5± 1,18	1383± 336	44,5± 7,59
LB+INS - Dliq	7,7± 0,13	3,7± 0,52	71,4± 1,15	2944± 482	8,0± 0,45	1376± 286	46,6± 4,66
LB+INS - Dsol	8,7± 0,15	22,8± 3,11	91,9± 0,93	5267± 656	2,3± 0,23	1218± 310	23,63± 7,7
LB+INS - Dstoc	8,0± 0,17	1,7± 1,28	54,6± 8,25	1331± 486	9,3± 2,45	775± 142	61,52± 11,83
LB+INS+ SP -Dtq	7,9± 0,07	7,9± 1,08	77,7± 0,69	4417± 481	5,6± 0,19	2269± 377	51,2± 3,91
LB+INS+SP Dliq	8,0± 0,09	5,2± 0,12	72,1± 3,88	3877± 234	7,5± 0,49	2069± 131	53,4± 2,98
LB+INS+SP - Dsol	8,9± 0,17	24,1± 1,94	89,2± 0,53	6071± 617	2,5± 0,19	1682± 289	27,9± 5,68
LB+INS+SP - Dstoc	7,8± 0,12	4,4± 1,16	68,6± 1,55	3521± 669	8,3± 1,56	2327± 411	66,3± 3,45

**Legenda:** ST: solidi totali o sostanza secca. SV: solidi volatili o sostanza organica. tq: tal quale. NTK: azoto totale Kjeldahl. N-NH4: azoto ammoniacale.

**Tabella 6** - Contenuto di fosforo in digestati di varia natura (senza distinzione tra agrozootecnico e agroindustriale) (n = numero di campioni. Fonte: Banca Dati CRPA SpA - marzo 2017). Si ricorda che il limite minimo richiesto è pari a 0,4% di P espresso sulla sostanza secca.

DIGESTATO TAL QUALE (n=153)				
	ST (%)	SV/ST (%)	P (%ST)	P (mg/kg ST)
Media	6,2%	72,9%	1,41%	14050
dev. st.	1,6%	4,9%	0,68%	6780
CV%	26,2%	6,7%	48,3%	48,3%
DIGESTATO CHIARIFICATO (n=162)				
	ST (%)	SV/ST (%)	P (%ST)	P (mg/kg ST)
Media	3,5%	60,3%	1,53%	15329
dev. st.	1,9%	12,2%	0,64%	6444
CV%	54,0%	20,3%	42,0%	42,0%
DIGESTATO SOLIDO SEPARATO (n=149)				
	ST (%)	SV/ST (%)	P (%ST)	P (mg/kg ST)
Media	22,0%	84,6%	0,98%	9804
dev. st.	5,6%	5,7%	0,53%	5315
CV%	25,4%	6,8%	54,2%	54,2%

Per quanto concerne il contenuto di metalli pesanti, sulla base dei dati a oggi disponibili, mediamente i valori sono ampiamente al di sotto dei limiti massimi ammessi, come risulta ad esempio dal quadro riportato in *Tabella 7*, relativo a digestati prodotti da numerosi impianti distribuiti sul territorio nazionale.

In linea generale, pertanto, non sussistono particolari problemi; per completezza di informazione occorre precisare che l'elemento che più tende ad avvicinarsi al valore limite è lo zinco, molto verosimilmente correlato ad una significativa presenza di liquami zootecnici, suini in particolare. Nel complesso, pertanto, si può affermare che le caratteristiche agronomiche e ambientali possedute dai digestati agricoli e agroindustriali sono tali da rispettare appieno i limiti qualitativi imposti dal Decreto Effluenti per i parametri chimici.

**Tabella 7-** *Contenuto di metalli pesanti in digestati di varia natura (senza distinzione tra agrozootecnico e agroindustriale e digestato tal quale o chiarificato) provenienti da oltre 60 impianti di biogas (Fonte: Banca Dati CRPA SpA - febbraio 2017).*

ELEMENTO	SIMBOLO	MEDIA (mg/kg ST)	DEV. STD (mg/ kg ST)	DECRETO EFFLUENTI - LIMITI PER IL DIGE- STATO AGROINDU- STRIALE (mg/kg ST)
Rame	Cu	52,0	30,2	≤ 230
Zinco	Zn	262	166	≤ 600
Nichel	Ni	9,2	7,6	≤ 100
Piombo	Pb	1,6	0,95	≤ 140
Mercurio	Hg	<0,10	-	≤ 1,5
Cadmio	Cd	0,23	0,12	≤ 1,5
Cromo esavalent e	Cr VI	<0,10	-	≤ 0,5

A conclusioni del tutto analoghe è giunta ARPAE Sezione di Bologna nella relazione (v. bibliografia) relativa agli esiti del monitoraggio condotto nell'anno 2016 su 5 impianti di biogas, 4 dei quali produttori di digestato agroindustriale, campionato come frazione solida in platea e frazione liquida in stoccaggio.

In tale indagine, così come in quelle eseguite sempre da ARPAE nel biennio precedente, sono stati indagati anche gli inquinanti organici persistenti (AOX, IPA, NPE DEHP, PCB, Diossine/Furani). Gli esiti sono stati del tutto tranquillizzanti, in quanto spesso le concentrazioni sono risultate sotto il limite di rilevabilità. Con il monitoraggio condotto già nel 2013, anche ARPAV Veneto ha indagato la qualità del digestato in 12 diversi impianti di biogas ed è giunta a conclusioni simili sia per quanto riguarda il contenuto di metalli pesanti che di inquinanti organici persistenti.

## 2. Le caratteristiche microbiologiche

Prima di passare ad affrontare il tema della qualità microbiologica del digestato, è doveroso fare alcune considerazioni preliminari, seppure sintetiche, in merito agli effetti che la digestione anaerobica esercita sullo stato igienico-sanitario posseduto dalle matrici in ingresso all'impianto. Per maggiori dettagli si rimanda alla bibliografia citata.

### 1. Gli effetti della digestione sullo stato igienico-sanitario delle biomasse in ingresso

Sono numerose le evidenze scientifiche che dimostrano che la digestione anaerobica, pur condotta in condizioni di mesofilia non peggiora la qualità igienico-sanitaria dei materiali trattati, ma al contrario la migliora (Olsen, 1987; Sahlstrom, 2003; Horan, 2004; Smith, 2005; Bonetta, 2010). Si tratta di evidenze relative a diverse tipologie di digestati ottenuti a partire da biomasse più o meno contaminate (anche intenzionalmente a scopo di studio) da microorganismi patogeni. L'entità della riduzione della carica patogena è stata accertata ed è di entità variabile in quanto correlata a numerosi aspetti, tra cui lo specifico microorganismo in gioco (alcuni sono più resistenti di altri), le modalità gestionali (tempi di ritenzione, efficienza del processo), il livello iniziale di contaminazione.

Per quanto concerne il regime di temperatura adottato, rispetto alle condizioni mesofile con la digestione anaerobica in termofilia (50-55°C), si raggiunge in tempi più rapidi un livello più spinto di igienizzazione rispetto al livello iniziale. In condizioni termofile, l'inattivazione della carica patogena è determinata dalla resistenza intrinseca al calore delle singole specie, dallo stress ambientale indotto dalla matrice (pH, elettroliti, ecc.) e dal tempo di ritenzione.

In condizioni mesofile, invece, la temperatura non è direttamente responsabile dell'inattivazione dei patogeni; in tali condizioni, i principali fattori responsabili della riduzione della vitalità dei batteri enterici sono la competizione microbica, la concentrazione di ammoniaca e di acidi grassi, i valori di pH e, nel complesso, un'elevata efficienza del processo di digestione. In termini pratici, quindi, digestori mesofili con miscelazione efficace che coinvolge tutto il volume utile disponibile e tempi di ritenzione adeguati possono conseguire risultati più che soddisfacenti.

Un ulteriore aspetto da considerare, di notevole importanza per il settore, è l'effetto del tempo di stoccaggio; sono disponibili studi che evidenziano il positivo effetto che lo stoccaggio prolungato esercita sullo stato igienico-sanitario del digestato, che risulta ulteriormente migliorato rispetto al digestato "fresco" appena scaricato dai digestori (Kearney, 1993; Paavola, 2008).

Peraltro il positivo effetto esercitato dallo stoccaggio sulla carica patogena complessiva degli effluenti zootecnici era già noto da tempo. Non a caso per questi ultimi la permanenza in stoccaggio è stato ed è tuttora ritenuto il sistema migliore per raggiungere livelli accettabili di igienizzazione in relazione al loro successivo uso agronomico. Poiché diversi sono i fattori che influiscono sui risultati (tipo di animale allevato, densità del liquame, pH, temperatura, ecc.) non si possono dare indicazioni precise in merito alla durata dello stoccaggio e al relativo livello di "igienizzazione" raggiungibile di conseguenza, tuttavia si concorda che si raggiungono esiti accettabili con:

- separazione della frazione solida con stoccaggio a parte della medesima;
- sosta del prodotto chiarificato, in assenza di apporti di liquame fresco, per almeno 45 giorni; ciò presuppone la disponibilità di un sistema di stoccaggio diviso in due scomparti.

In proposito, si rammenta che lo stesso Decreto Effluenti, in caso di costruzione di nuovi stoccaggi per i liquami zootecnici, allo scopo di "indurre un più alto livello di stabilizzazione", impone il frazionamento del volume in due scomparti (art. 13, comma 6), con espressa esclusione di quelli destinati al digestato in quanto ritenuto già stabilizzato.

Tra i diversi fattori che portano, soprattutto in condizioni mesofile, alla riduzione della carica patogena totale, un processo efficiente di degradazione biologica della sostanza organica unitamente alla elevata competizione microbica che si instaura, sono di particolare importanza, perché di fatto viene sottratto cibo ai patogeni; in fase di stoccaggio l'attività biologica, per quanto modesta, continua ad esercitare un effetto deprimente sulla carica patogena residua migliorando ulteriormente la situazione igienico-sanitaria complessiva.

In sintesi, pur non potendo affermare che la digestione anaerobica è un processo che assicura la “pastorizzazione” o comunque la scomparsa di tutti i patogeni presenti, è vero che, non solo, non si crea o non si moltiplica se già presente la carica batterica patogena delle biomasse in ingresso, ma al contrario si riduce in modo chiaro con conseguente miglioramento dello stato igienico-sanitario complessivo del digestato rispetto alle matrici in ingresso.

Sea tale considerazione si aggiungono:

- l'ulteriore miglioramento a seguito della permanenza in stoccaggio del digestato;
- le diverse prescrizioni e i divieti di spandimento previsti da tempo dalla normativa di settore (dal Codice di Buona Pratica Agricola al Decreto Effluenti in vigore), soprattutto in relazione al sito (distanze da abitazioni, corsi d'acqua, ecc.), alla presenza e al momento della loro raccolta di colture in campo (foraggere, orticole);
- l'adozione di modalità di spandimento adeguate e virtuose rispondenti ai criteri di buona pratica agronomica (distribuzione rasoterra, distribuzione con interramento contemporaneo o comunque immediatamente successivo);

si può concludere che l'uso agronomico del digestato non solo è pienamente compatibile con la produzione di qualunque coltura foraggera o alimentare, comprese quelle di pregio, ma anche che il rischio igienico-sanitario complessivo direttamente correlato a tale operazione è mediamente inferiore rispetto a quello connesso all'uso agronomico degli effluenti zootecnici tali e quali.

### 3.2.21 digestati agricoli

A questo punto, si ritiene utile fare un quadro generale delle caratteristiche microbiologiche che possono avere i digestati prodotti in scala reale, con riferimento specifico al parametro “Salmonella”, agente patogeno universalmente riconosciuto (EFSA and ECDC, 2015) e scelto dal Decreto Effluenti per la qualificazione del digestato dal punto di vista igienico-sanitario (*Riquadro 1*).

**Riquadro 1-** La *Salmonella* spp. (Fonte: [www.epicentro.iss.it](http://www.epicentro.iss.it), Il portale dell'epidemiologia per la sanità pubblica).

La salmonella è l'agente batterico più comunemente isolato in caso di infezioni trasmesse da alimenti, sia sporadiche che epidemiche. È stata segnalata per la prima volta nel 1886, in un caso di peste suina, dal medico americano Daniel Elmer Salmon. La salmonella è presente in natura con più di 2000 varianti (i cosiddetti sierotipi), ma i ceppi più frequentemente diffusi nell'uomo e nelle specie animali, in particolare in quelle allevate per la catena alimentare, sono *S. enteritidis* e *S. typhimurium*.

Habitat. Le s. sono batteri che parassitano soprattutto l'intestino dell'uomo e degli animali domestici e selvatici; possono essere talvolta isolate anche dal sangue e dagli organi interni dei vertebrati. Si trovano frequentemente nei liquami, nei fiumi, in altre acque, nel suolo, dove però non si moltiplicano in maniera significativa. In condizioni ambientali favorevoli possono sopravvivere per settimane nelle acque e per mesi nel suolo. Vengono anche isolate da molti alimenti inclusi vegetali e frutta, consumati dall'uomo; esse sono anche importanti contaminanti di mangimi composti da proteine animali. Tutte le s., indipendentemente dalla loro derivazione, umana o animale, possono essere responsabili di varie manifestazioni morbose nell'uomo. Alcuni sierotipi sono adattati a un ospite specifico (per es. *S. Abortusovis*, *S. Gallinarum*, *S. Typhi* e *S. Typhisuis* infettano solo le pecore, il pollame, l'uomo e il maiale), ma la maggior parte dei sierotipi è ubiquitaria e può infettare un'ampia gamma di ospiti.

Le infezioni provocate da salmonella si distinguono in forme tifoidee (*S. typhi* e *S. paratyphi*, responsabili della febbre tifoide e delle febbri enteriche in genere), in cui l'uomo rappresenta l'unico serbatoio del microrganismo, e forme non tifoidee, causate dalle cosiddette salmonelle minori (come *S. typhimurium* e la *S. enteritidis*), responsabili di forme cliniche a prevalente manifestazione gastroenterica.

Le salmonelle non tifoidee, responsabili di oltre il 50% del totale delle infezioni gastrointestinali, sono una delle cause più frequenti di tossinfezioni alimentari nel mondo industrializzato. Le infezioni da *Salmonella* spp. possono verificarsi nell'uomo e negli animali domestici e da cortile (polli, maiali, bovini, roditori, cani, gatti, pulcini) e selvatici, compresi i rettili domestici (iguane e tartarughe d'acqua). I principali serbatoi dell'infezione sono rappresentati dagli animali e i loro derivati (come carne, uova e latte consumati crudi o non pastorizzati) e l'ambiente (acque non potabili) che rappresentano i veicoli di infezione.

Per inquadrare la situazione in condizioni operative reali, si riportano brevemente solo i risultati emersi nell'ambito di indagini condotte su digestati prodotti in impianti di biogas operativi, tralasciando quelli rilevati in studi sperimentali, qualcuno comunque citato in bibliografia.

In un'indagine condotta per un periodo prolungato (8 campionamenti mensili su un arco temporale di 10 mesi) in 6 impianti operativi in Pianura Padana (Rossi L. *et al.*, 2016, 2017) con le caratteristiche sintetizzate in *Tabella 8* sono stati effettuati 183 campioni in totale tra digestati allo scarico dai digestori, le relative frazioni solide e liquide da separazione meccanica e digestati tal quali o chiarificati in stoccaggio.

**Tabella 8** - Caratteristiche dei 6 impianti di biogas (CSTR) oggetto di monitoraggio.

	Liquame bovino (%)	Lettame/ separato solidobovino (%)	Insilati vari (%)	Sotto - prodotti (%)	Tempo di ritenzione (giorni)	Regime termico
Imp.1	59	20	21	–	45-50	Mesofilia
Imp.2	42	6	39	13	65-70	Mesofilia
Imp.3	77	23	–	–	30-35	Mesofilia
Imp.4	26	3	64	7	90-100	Mesofilia
Imp.5	30	20	43	7	65-70	Termofilia
Imp.6	91	9	–	–	45-50	Mesofilia

**Tabella 9** - Campioni positivi sul totale analizzato alla ricerca di salmonella per impianto e per matrice analizzata (Rossi L., 2016).

	Digestato tal quale	Digestato chiarificato	Digestato solido	Digestato in stoccaggio
Imp.1	0/8	0/8	0/8	0/8
Imp.2	0/8	0/5	0/5	0/7
Imp.3	1/8	1/8	1/8	0/8
Imp.4	0/8	0/8	0/8	0/12
Imp.5	0/8	0/6	0/6	0/8
Imp.6	0/8	1/6	0/8	0/8
TOT	1/48	2/41	1/43	0/51

Per quanto concerne la ricerca di *Salmonella* spp., i risultati complessivi sono riportati in *Tabella 9*; la presenza di salmonella è stata rilevata in 4 campioni sui 183 analizzati rappresentati dalle diverse tipologie di digestato; 3 dei 4 campioni positivi sono relativi allo stesso digestato campionato tal quale e in uscita dal separatore, mentre nei digestati in stoccaggio la salmonella è risultata assente in tutti i campioni.

Per maggiori informazioni in merito agli effetti della digestione anaerobica su altri parametri microbiologici, quali il microrganismo "indicatore" *Escherichia coli* e i clostridi, rilevati nell'ambito dello stesso studio, si rimanda alle specifiche pubblicazioni, inserite in bibliografia.

Un quadro tranquillizzante e analogo a quello sopra descritto è emerso da uno studio condotto su dieci impianti in scala reale alimentati con matrici diverse (Orzi, 2014) che ha visto la determinazione non solo di salmonella, ma anche di altri microrganismi patogeni e non.

In un'indagine condotta in un impianto in scala reale, situato in Piemonte (Bonetta, 2010), di tipo completamente miscelato e mesofilo sono state indagate le caratteristiche igienico-sanitarie del digestato ottenuto da liquami bovini e residui colturali, con campionamento condotto su di un arco temporale di 1 anno. La salmonella è stata ritrovata in 3 campioni di digestato (1 tal quale, 1 chiarificato e 1 solido) su 22 totali; era invece assente nel digestato in stoccaggio.

In linea con tali evidenze numeriche sono anche i risultati di campagne di monitoraggio condotte da alcuni Organismi di controllo, già citati in precedenza e a cui si rimanda.

Complessivamente, pertanto, si può affermare che, pur partendo da matrici che possono essere contaminate da microrganismi di varia natura (patogeni e non) come gli effluenti zootecnici, la digestione anaerobica migliora comunque lo stato igienico-sanitario del flusso di biomasse in ingresso. Un'attenta, regolare ed efficiente gestione del processo biologico di digestione anaerobica, unitamente a modalità gestionali adeguate dell'impianto di biogas nel complesso, sono le migliori garanzie per la produzione di un digestato da destinare all'uso agronomico senza timori. Tale operazione, se condotta secondo i principi delle buone pratiche agricole (ripresi in toto dal Decreto Effluenti), non comporta rischi igienico-sanitari aggiuntivi per l'ambiente e la salute umana.

Nonostante il positivo ruolo che la digestione anaerobica esercita anche sul fronte igienico-sanitario e il quadro rassicurante che è emerso dalle prime indagini condotte in scala reale, occorre non sottovalutare il rischio di ritrovare comunque la salmonella nel digestato, anche laddove non attesa per assenza di liquami zootecnici; la sua ubiquitarietà, i tanti e diversi aspetti che ne condizionano la sopravvivenza sono elementi che generano comunque un margine di rischio.

Ecco perché la fase di campionamento in tutte le sue parti (punto di prelievo, prelievo, trasporto e analisi del campione) ricopre un ruolo assolutamente determinante ai fini dei risultati ottenibili e ad essa si dedica grande attenzione nei capitoli seguenti.

## 4. IL CAMPIONAMENTO DEL DIGESTATO

### 4.1 Le modalità di campionamento

Obiettivo dell'operazione di campionamento è quello di prelevare un "campione" in modo tale che sia effettivamente rappresentativo della massa o lotto di provenienza (digestato) in termini di caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche.

Il campionamento è l'insieme dei procedimenti e delle operazioni che vanno dal momento del prelievo del campione allo svolgimento delle analisi in laboratorio e rappresenta una delle fasi più delicate dell'intero procedimento.

L'esecuzione di un campionamento corretto è la migliore garanzia per ottenere un risultato corretto ai fini della verifica del rispetto dei limiti imposti, sopra illustrati. Se questi concetti sono validi ai fini della caratterizzazione chimico-fisica del digestato, in caso di campionamento microbiologico le attenzioni devono essere ancora maggiori.

Riprendendo i criteri ufficiali adottati dagli organismi nazionali autorizzati (NAS, ICQRF, ecc.) nelle attività di controllo sui fertilizzanti e integrandoli, per ulteriore cautela, con quelli adottati per le verifiche sui prodotti alimentari, si precisano requisiti e modalità operative basilari per un corretto campionamento microbiologico.

*Riquadro 2- Requisiti di base di un campionamento microbiologico corretto.*

Il campione deve arrivare al laboratorio nelle stesse condizioni microbiologiche in cui si trova al momento del prelievo. I requisiti perché questo possa avvenire sono:

- prelievo eseguito in condizioni di sterilità;
- corretto trasporto al laboratorio di analisi.

In altre parole, occorre mettere in atto procedure di campionamento tali da garantire che non avvenga alcuna alterazione delle caratteristiche microbiologiche (contaminazione) del campione durante o dopo lo stesso prelievo e trasporto al laboratorio per l'avvio ad analisi.

## 1. Il punto di campionamento

Ogni impianto di biogas presenta caratteristiche costruttive e gestionali specifiche, oltre che una propria dieta per l'alimentazione. Gli aspetti che influenzano le caratteristiche qualitative chimiche e microbiologiche del digestato sono diversi:

- tipologia di biomasse in ingresso (effluenti zootecnici, sottoprodotti, insilati);
- tecnologia di digestione: processo monostadio o pluristadio, tempo di ritenzione complessivo, efficienza della miscelazione;
- regime termometrico adottato: condizioni mesofile (38 -42°C) o condizioni termofile (51-53°C);
- presenza di separatore meccanico per il digestato e punto di collocazione lungo la linea: subito a valle dell'ultimo digestore presente oppure dopo una prima vasca di stoccaggio temporanea di capacità ridotta e variabile (da 3-5 a 30 giorni e oltre);
- stoccaggio del digestato: volume totale e quindi tempo complessivo disponibile, presenza o meno di copertura parziale o totale, divisione o meno in uno o più comparti.

Operativamente, pertanto, in un impianto di biogas le tipologie di digestato campionabili possono essere le seguenti:

- a) digestato tal quale, prelevato subito a valle dell'ultimo digestore in linea oppure dalla vasca di alimentazione del separatore quando presente;
- b) digestato tal quale o chiarificato e digestato palabile prelevati ciascuno dal rispettivo stoccaggio finale (vasca e platea).

Come già precisato, il Decreto Effluenti non indica in che punto del ciclo di produzione si debba campionare il digestato; anche le Regioni che lo hanno già recepito paiono orientate nello stesso modo. Considerate le numerose variabili in gioco, sia costruttive che gestionali, che si intersecano in ciascun impianto, questa scelta risulta essere ragionevole.

Di conseguenza, a scopo conoscitivo preventivo, si suggerisce l'approccio illustrato nel *Riquadro 3*.

### *Riquadro 3- Piano di autocontrollo preventivo suggerito.*

- Alla luce di quanto sopra, fatte salve specifiche prescrizioni in merito, si consiglia caldamente di eseguire un preliminare “piano di autocontrollo” che preveda il campionamento del digestato nelle sue diverse forme nei vari punti all'interno dell'impianto, a partire dall'ultimo digestore in serie sino al/i contenitore/i di stoccaggio (vasche e platee), anche in momenti successivi se necessario (digestato in stoccaggio per un tempo adeguato).
- Tale suggerimento nasce dall'esigenza di conoscere nel dettaglio la situazione del proprio impianto in merito al contenuto di metalli pesanti e al parametro “*Salmonella* spp.” e disporre per tempo le azioni correttive per superare le eventuali criticità riscontrate.

Ai fini dei risultati ottenibili, soprattutto per il parametro microbiologico *Salmonella* spp. misurato nel digestato che, si rammenta, deve risultare “assente” in 5 campioni su 5, prima di procedere al prelievo del campione nei vari punti dell'impianto è indispensabile eseguire una serie di verifiche preliminari e adottare alcuni accorgimenti, fondamentali per limitare il più possibile la “ricontaminazione e/o contaminazione crociata” del flusso campionato; per i dettagli si rimanda al *Riquadro 4*.

Nel *Riquadro 4* sono elencati e descritti i punti di accesso per il campionamento di norma presenti negli impianti di biogas e a ciascuno di essi sono associate:

- una valutazione empirica del livello di rischio in relazione alla maggiore o minore probabilità che il campione prelevato in quel punto possa essere “contaminato dal punto di vista microbiologico” per cause esterne, non connesse al processo di digestione anaerobica;
- una serie di accorgimenti e procedure da mettere in atto con lo scopo di ottenere il campione quanto più rappresentativo e non alterato o “ricontaminato”.

**Riquadro 4 - Punti di prelievo, verifiche preliminari e modalità di prelievo del campione di digestato.**

Rischio contaminazione	Contenitore/ Punto per prelievo campione	Aspetti critici da verificare e registrare, procedure e accorgimenti da attuare
RISCHIO BASSO	PRELIEVO DA PUNTO DI CAMPIONAMENTO AD HOC, dotato di rubinetto o meno, situato direttamente sulla parete del contenitore da cui si preleva (tubazione, digestore, vasca intermedia, vasca di stoccaggio finale)	Miscelazione preventiva per tempo adeguato se possibile. Procedura di prelievo: 1. flussare il più possibile; 2. igienizzare per quanto possibile il punto di prelievo (vedi oltre); 3. flussare di nuovo; 4. prelevare il campione <u>con attrezzatura adeguatamente pulita</u> . Ripetere il prelievo degli altri 4 sub-campioni a distanza di almeno 10-15 minuti l'uno dall'altro, mantenendo attiva la miscelazione e ripetendo per ciascuno le operazioni da 1 a 4.
RISCHIO MEDIO	PRELIEVO DIRETTO DALL'ALTO DA VASCHE INTERMEDIE	Miscelazione preventiva per tempo adeguato se possibile. Procedura di prelievo: • prelevare i 5 sub-campioni con prelevatore montato su asta lunga, <u>adeguatamente pulito e ripulito ad ogni prelievo successivo</u> , ad una profondità di almeno 40-50 cm.
RISCHIO MEDIO	PRELIEVO DIRETTO DALL'ALTO DA VASCA DI STOCCAGGIO FINALE	Verificare/valutare e registrare: • la posizione del punto di prelievo del digestato per l'avvio a spandimento rispetto al punto di immissione del digestato in stoccaggio; • la posizione/i dalle quali è possibile accedere alla vasca per il prelievo diretto dall'alto dei campioni da analizzare rispetto alle due posizioni di cui sopra; • il tempo medio indicativo di stoccaggio del digestato che si sta per campionare. Procedura di prelievo: • se possibile miscelare per tempo adeguato; • prelevare i 5 sub-campioni con prelevatore montato su asta lunga, <u>adeguatamente pulito e ripulito ad ogni prelievo successivo</u> , ad una profondità di almeno 40-50 cm.
RISCHIO MEDIO	PRELIEVO DA PLATEA DI STOCCAGGIO	Procedura di prelievo: • individuare i punti in modo casuale sul materiale in stoccaggio; • togliere gli strati superficiali di materiale nei punti prescelti; • prelevare il campione ad almeno 40-50 cm di profondità con attrezzatura <u>adeguatamente pulita e ripulita ad ogni prelievo successivo</u> .

Rischio contaminazione	Contenitore/ Punto per prelievo campione	Aspetti critici da verificare e registrare, procedure e accorgimenti da attuare
RISCHIO ALTO	PRELIEVO DA FOSSA O POZZETTO IN CUI POSSONO CONFLUIRE PIÙ TUBAZIONI	<p>Verificare/valutare e registrare se:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• allo stesso pozzetto hanno accesso caribotte diversi o di terzi che trasportano indifferentemente liquami e digestato;</li> <li>• in caso di prelievo da tubazione verificare se in esso può transitare anche solo occasionalmente l'effluente zootecnico tal quale.</li> </ul> <p>Ulteriori indicazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sospendere temporaneamente il transito di liquami tal quali nella tubazione da cui si preleva il digestato;</li> <li>• se possibile pulire con idropulitrice la sezione di tubo a vista da cui si intende prelevare;</li> <li>• nel caso in cui si possa prelevare solo direttamente dalla aliquota accumulata nel pozzetto, fare più ricambi completi con digestato dell'intero volume in esso presente.</li> </ul> <p>Procedura di prelievo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. flussare se e per quanto possibile;</li> <li>2. prelevare il campione <u>con attrezzatura adeguatamente pulita</u> direttamente dalla tubazione se possibile o dalla aliquota accumulata nel pozzetto.</li> </ol> <p>Ripetere il prelievo degli altri 4 sub-campioni ripetendo per ciascuno le operazioni 1 e 2.</p>

In occasione di ciascuno dei 5 prelievi delle aliquote o sub-campioni da destinare alla determinazione della salmonella, prelevare anche una quota da porre in un unico contenitore da destinare alle analisi chimiche (parametri agronomici e metalli pesanti).

Pertanto, al termine dell'operazione di campionamento della tipologia di digestato prescelto, si dispone di:

- 5 sub-campioni elementari di 0,25 a 0,5 kg ciascuno, ognuno dei quali è posto in contenitore sterile specifico per campionamenti microbiologici;
- 1 campione complessivo posto in contenitore pulito, non necessariamente sterile da 1,0-2,0 litri.

Le 5+1 quantità prelevate (o aliquote) DEVONO ESSERE IDENTIFICATE CON ETICHETTA CON LA STESSA DENOMINAZIONE in quanto riferite allo STESSO CAMPIONE e seguire le procedure illustrate nei punti successivi. Al punto 6.2 è riportata una serie di fotografie utili a illustrare quanto descritto nel testo.

#### 4.1.2 Il prelievo del campione in condizioni di sterilità

Dal punto di vista operativo emerge quindi la necessità di disporre dell'attrezzatura necessaria per eseguire il campionamento in modo adeguato; trattandosi di digestato occorre inoltre disporre di attrezzi che consentano il prelievo del digestato laddove è possibile eseguirlo, in funzione delle caratteristiche costruttive dell'impianto (si pensi al prelievo diretto dall'alto da vasca).

Informazioni di dettaglio in merito agli strumenti necessari per eseguire il campionamento, alle possibili modalità di sterilizzazione e alla identificazione del campione sono riportate nel *Riquadro 5*.

Il ricorso all'abbigliamento monouso per l'addetto al prelievo potrà sembrare eccessivo, non dovendo campionare alimenti, ma è comunque caldamente consigliato per prevenire qualunque rischio di contaminazione, data la nota ubiquità delle salmonelle e la necessità di dimostrarne la totale assenza.

*Riquadro 5- Materiale necessario per il campionamento microbiologico, metodi di sterilizzazione da adottare e identificazione del campione.*

Abbigliamento e strumenti necessari per il campionamento	Metodi di sterilizzazione degli strumenti che vengono in contatto con il campione
Abbigliamento monouso: sovrascarpe, guanti, camice o tuta, mascherina, guanti, ecc.	Sterilizzazione alla fiamma (flambatura) per gli strumenti metallici.
Strumenti necessari per formare/prelevare il campione:	Immersione in acqua bollente per almeno 10 minuti (per contenitori in vetro).
<ul style="list-style-type: none"><li>• contenitore aperto dedicato, montato eventualmente su asta lunga per il prelievo in vasca;</li><li>• paletta per il prelievo dei materiali palabili.</li></ul>	Immersione in ipoclorito di sodio per attrezzi che non possono essere flambati (es. in plastica o vetro).
Contenitori sterili e non per i campioni, etichette per identificazione.	
Contenitori per il trasporto al laboratorio, complete di elementi refrigeranti.	
Una volta prelevato in modo adeguato il campione, avendo cura di non riempire completamente il contenitore, occorre chiuderlo immediatamente, identificarlo in modo adeguato e univoco (etichetta + scheda trasmissione campione o lettera di accompagnamento) e provvedere al suo trasporto per la consegna al laboratorio il più presto possibile con le modalità di seguito illustrate.	

## 2. Trasporto e conservazione dei campioni

Le modalità di trasporto e i tempi di consegna al laboratorio sono elementi che possono influire in modo significativo e alterante sui risultati analitici finali, se non vengono rispettate alcune semplici regole.

Ai fini operativi, pertanto, nel *Riquadro 6* sono riassunte tutte le modalità di trasporto e consegna dei campioni che danno le migliori garanzie ai fini del risultato finale. Tutte le indicazioni in merito alle modalità di conservazione (refrigerazione) del campione assumono diversa importanza in funzione del periodo stagionale in cui si effettua il campionamento; il periodo estivo è ovviamente quello in cui occorre prestare maggiore attenzione a tali aspetti.

*Riquadro 6 - Modalità di trasporto e consegna dei campioni al laboratorio.*

- In relazione alla necessità di non “alterare” il risultato relativo al parametro microbiologico “Salmonella” è caldamente consigliato contattare anticipatamente il laboratorio scelto (prima di eseguire il campionamento) per concordare la consegna dei campioni, allo scopo di evitare che restino “in stoccaggio” per tempi prolungati prima dell’invio ad analisi.
- I campioni vanno conservati e trasportati in laboratorio il più presto possibile in contenitori refrigerati o frigo portatili o contenitori termoisolanti con apposite piastre frigorifere, in grado di mantenere una temperatura ambiente inferiore a 10°C, meglio se intorno ai 4°C.
- In assenza di contenitori refrigerati o simili, occorre adoperarsi affinché il campione possa giungere in laboratorio entro poche ore dal prelievo.
- Il campione deve arrivare quanto prima al laboratorio scelto, evitando, per quanto possibile, il ricorso a corrieri per il trasporto e la consegna.
- Qualora previsto, è necessario mantenere il campione adeguatamente refrigerato sino al momento della consegna al corriere, assicurarsi che il campione sia trasportato adeguatamente protetto e che la consegna avvenga entro le 24-36 ore.
- Una volta consegnato al laboratorio, è opportuno che il campione sia avviato ad analisi entro le 24 ore. Il congelamento non è ammesso; se avviene deve essere dichiarato nel Rapporto di Prova.
- Per tutti i motivi sopra esposti, è buona norma eseguire il campionamento e consegnare il campione di digestato al laboratorio ad inizio settimana per evitare il fermo attività del week-end.

### 4.3 La scelta del laboratorio

Oltre alle ovvie valutazioni di carattere economico e di qualità del servizio nel complesso, è opportuno e consigliato che la scelta del laboratorio a cui rivolgersi per la caratterizzazione chimico-fisica e microbiologica del digestato sia fatta valutando gli aspetti elencati nel *Riquadro 7*.

*Riquadro 7- La scelta del laboratorio di analisi: aspetti da verificare e valutare.*

- Tempi e modalità di consegna. Come emerge chiaramente da quanto sopra illustrato, occorre limitare il tempo che intercorre tra il prelievo del campione, la consegna al laboratorio e l'avvio ad analisi. Il laboratorio posto nelle vicinanze dell'impianto di biogas è tendenzialmente da privilegiare.
- Metodiche analitiche adottate e accreditamento dei singoli parametri di cui si richiede la determinazione.
- Presenza del laboratorio scelto nell'elenco di quelli ufficiali, ovvero accreditati Accredia, autorizzati a verificare la conformità ai requisiti richiesti per i prodotti fertilizzanti ai sensi del DLgs 75/2010 e s.m.i. Tale elenco è pubblicato annualmente in Gazzetta Ufficiale (in bibliografia sono indicati gli estremi dell'ultimo disponibile, pubblicato nel 2017).

L'esecuzione delle analisi del piano di "autocontrollo" presso laboratori accreditati ufficiali fornisce un quadro conoscitivo analogo a quello che può emergere in occasione di un controllo "ufficiale", evitando sgradite sorprese dovute ad esempio all'uso di metodiche analitiche diverse o comunque non conformi rispetto a quelle adottate dagli organismi deputati ai controlli ufficiali.

#### 4. La gestione dei referti analitici

Secondo quanto previsto dal Decreto Effluenti, il referto analitico comprovante la qualità del digestato deve essere presentato all'autorità competente, insieme alle indicazioni sulle matrici in ingresso all'impianto, al momento della presentazione della Comunicazione di spandimento.

In ogni caso per le modalità di presentazione e conservazione dei referti analitici occorre fare riferimento alle prescrizioni regionali, che possono differire da quanto previsto dal Decreto nazionale, integrandole.

#### 5. La frequenza di campionamento

Il Decreto Effluenti non dà indicazioni in merito alla frequenza con cui procedere al campionamento del digestato; all'art.4 comma 3, precisa solo che la comunicazione ha validità di 5 anni e che occorre comunque segnalare "tempestivamente ogni eventuale variazione inerente la tipologia, la quantità e le caratteristiche delle sostanze destinate all'utilizzazione agronomica" (n.d.a. il digestato). Questo lascia margine di azione alle Regioni, alcune delle quali, in fase di recepimento, hanno preso posizioni differenziate. In alcuni casi viene richiesta una caratterizzazione all'anno per entrambe le tipologie di digestato. In altre, invece, si richiede una frequenza differenziata per i due digestati: una volta nell'arco della durata della comunicazione per quello agrozootecnico (5 anni, a meno di variazioni nel piano di alimentazione) e più frequentemente per quello agroindustriale.

Pertanto, fatte salve specifiche prescrizioni normative regionali, ai fini dell'attuazione di un piano di autocontrollo che permetta di monitorare la qualità del digestato e disporre al contempo del/i Rapporti di Prova analitici necessari per ottemperare agli obblighi di legge, si consiglia di procedere come precisato nel *Riquadro 8*.

## *Riquadro 8 - Frequenza consigliata di campionamento del digestato.*

Come indirizzo generale, data l'importanza di conoscere il potere fertilizzante del materiale che si intende portare in campo allo scopo di sfruttarne al meglio le funzioni nutritive e ammendanti e la sua conformità ai limiti di legge, si consiglia di:

- *effettuare il campionamento almeno una volta nel corso di ciascun anno solare.*

In un'ottica di prevenzione, si suggerisce in ogni caso di ripetere il campionamento in caso di cambio significativo e sostanziale di dieta. A titolo puramente orientativo, al di là di quanto stabilito nel piano di alimentazione "autorizzato" o "ammesso", per cambio sostanziale di dieta si può intendere:

- l'introduzione ex novo di una nuova tipologia di biomassa (effluenti zootecnici e sottoprodotti in particolare) per un periodo prolungato (indicativamente almeno un tempo di ritenzione e comunque oltre i 50-60 giorni) e in quantità significativa (pari ad almeno il 20-30% in peso della dieta giornaliera).

La ripetizione dell'analisi in caso di variazione significativa della quantità di una o più tipologie di biomasse normalmente impiegate (effluenti zootecnici e sottoprodotti in particolare) per un periodo prolungato dovrà essere valutata caso per caso, anche in funzione delle peculiarità dell'impianto, in relazione ai possibili effetti sulla qualità del digestato.

Per stabilire quale può essere il momento ottimale per procedere al campionamento, questi sono gli elementi di cui tenere conto:

- la dieta prevalente dell'impianto e le sue eventuali variazioni;
- i momenti in cui si concentrano le operazioni di distribuzione in campo;
- il tipo di digestato che si vuole caratterizzare. Per il campionamento del digestato in stoccaggio è consigliato un tempo di permanenza di almeno 30-40 giorni;
- i tempi di risposta del laboratorio.

Dall'incrocio di questi aspetti, un possibile momento in cui fare il campionamento può essere quello indicato nello schema semplificato illustrato in *Figura 2*.



## 5. LA GESTIONE DELLE NON CONFORMITÀ

L'obiettivo di questo capitolo è fornire un insieme di suggerimenti e procedure da mettere in atto nelle fasi di autocontrollo per risolvere le eventuali criticità riscontrate e disporre di un digestato di qualità costante nel tempo, pienamente conforme ai limiti di legge e avviabile alla distribuzione in campo.

### 5.1 La non conformità per i parametri chimici (agronomici e ambientali)

Come già evidenziato al punto 3.1, il rispetto dei limiti imposti dal Decreto Effluenti per i parametri agronomici non pone in genere particolari problemi; in entrambe le tipologie di digestato (agrozootecnico e agroindustriale) la dotazione di sostanza organica e di nutrienti (N e P) è mediamente più che buona e va oltre i valori minimi imposti. Solamente la frazione chiarificata, qualora derivata da matrici di per sé poco dotate, potrebbe presentare, per il solo fosforo, valori intorno al limite minimo previsto.

Pertanto, qualora si rilevino valori sotto le soglie minime ammesse, occorre prima di tutto concentrare l'attenzione sulla fase di campionamento ed analisi, perché potrebbero essersi verificati errori che hanno alterato l'esito analitico.

In tale ottica, nel *Riquadro 9* sono indicate le azioni da intraprendere in caso di valori dei parametri sostanza organica, azoto totale e fosforo totale inferiori ai limiti di legge.

*Riquadro 9 - Azioni da intraprendere in caso di parametri agronomici non conformi.*

- Chiedere al laboratorio l'immediata ripetizione dell'analisi, verificando le metodiche analitiche adottate, la taratura degli strumenti e l'aliquota di campione sottoposta ad analisi.
- Verificare le procedure di campionamento effettuate in relazione al rischio di inquinamento con terra e/o inerti vari (prelievo dal fondo dei contenitori, nella zona di tendenziale accumulo delle frazioni inerti).
- Eeguire nuovo campionamento avendo cura di prelevare in modo adeguato.

Per quanto riguarda la qualità ambientale (contenuto di metalli pesanti), essa è strettamente correlata alla tipologia e alla qualità delle biomasse con cui si alimenta l'impianto. Durante il processo biologico di digestione anaerobica si degrada la sostanza organica e, con il biogas, si allontanano solo carbonio, idrogeno e ossigeno ( $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$ ) e tracce di poco altro (zolfo come  $\text{H}_2\text{S}$ , azoto come  $\text{NH}_3$ ).

I metalli pesanti introdotti con le biomasse restano in toto nel digestato; questo fa sì che la qualità ambientale delle matrici organiche diventi fondamentale. La natura e l'origine di quelle ammesse dal punto di vista formale e impiegate regolarmente per la produzione dei digestati agricoli, quindi, sono la prima garanzia sia della qualità sia della non modificabilità.

Come risulta in *Tabella 7*, mediamente i digestati rientrano ampiamente nei limiti imposti dal Decreto Effluenti per tutti i parametri previsti. Il parametro per il quale si rilevano talvolta valori alti e più vicini al limite è lo zinco, elemento presente negli effluenti zootecnici, suini in particolare. Da sempre infatti lo zinco è uno degli elementi indispensabili nella dieta di alimentazione, escreto in quantità significative rispetto alla quota ingerita.

In caso di digestato agroindustriale non conforme per il contenuto di uno o più metalli pesanti le azioni da intraprendere sono riportate nel *Riquadro 10*.

**Riquadro 10- Azioni da intraprendere in caso di parametri ambientali non conformi in digestati agroindustriali.**

- Se non già effettuato nell'ambito del piano di autocontrollo che l'impianto attua, verificare la qualità ambientale delle singole biomasse in ingresso, con particolare attenzione a sottoprodotti ed effluenti zootecnici. La qualità delle biomasse in ingresso e il loro rapporto ponderale sono gli aspetti di base per generare un digestato pienamente conforme.

- Chiedere al laboratorio l'immediata ripetizione dell'analisi, verificando le metodiche analitiche adottate per il singolo parametro e le relative soglie di rilevabilità, la taratura degli strumenti e l'aliquota di campione sottoposta ad analisi.

- Quanto sopra assume particolare rilevanza per quegli elementi la cui concentrazione è molto bassa (cromo VI, cadmio e mercurio), spesso sotto il limite di rilevabilità.*

- Eeguire nuovo campionamento tenendo conto di quanto emerso dalle verifiche di cui ai punti sopra e dopo aver svolto eventuali modifiche della dieta di alimentazione dell'impianto.

## **2. La non conformità al parametro microbiologico "Salmonella"**

Ai fini della verifica della conformità del digestato per gli aspetti igienico sanitari che, si rammenta, consiste nella verifica della assenza di *Salmonella* spp. in 5 campioni su 5, in caso di "positività" di 1 o più campioni occorre innanzitutto verificare se e come sono stati messi in atto accorgimenti e procedure di campionamento descritte nel capitolo 4.

A tale scopo risulta utile redigere in occasione di ciascun campionamento una "scheda prelievo campione" in cui registrare le necessarie informazioni, utili per inquadrare la situazione in cui si è effettuato il campionamento (si veda punto 6). Questo consente di valutare gli esiti analitici in relazione alle modalità di prelievo e allo stato dell'impianto.

Nella sostanza, la presenza di salmonella nel campione di digestato esaminato può essere riconducibile a diverse cause:

- contaminazione esterna accidentale del lotto di digestato campionato (ad es. in vasca o pozzetto aperto);

- erroneo campionamento per cause diverse (contaminazione crociata, attrezzi non adeguatamente igienizzati, cattive modalità di conservazione e trasporto del campione, ecc.);
- scarso o mancato abbattimento della carica patogena iniziale da parte dei processi subiti a monte del punto di campionamento (sola digestione o digestione e stoccaggio).

L'esecuzione di un programma iniziale di campionamento ben condotto e ripetuto di tutte le tipologie di digestato è il primo passo da compiere per inquadrare la situazione complessiva nel proprio impianto e valutare le modalità di intervento per migliorarla se necessario. Tale approccio permette di fare il punto sullo stato dei digestati e rivedere le procedure adottate per ovviare immediatamente agli eventuali errori, spesso macroscopici e facilmente eliminabili.

Alla luce di quanto sinora illustrato, rielaborando conoscenze tecnico-scientifiche, suggerimenti e raccomandazioni, si fornisce un quadro di possibili azioni correttive per superare la "non conformità" *Salmonella* spp. (*Riquadro 11*), ritenute sostenibili dal punto di vista dell'efficienza e dell'efficacia.

*Riquadro 11- Azioni che possono essere intraprese per superare la positività del parametro salmonella nel digestato.*

#### AZIONI, INTERVENTI:

In caso di impianto di biogas connesso all'allevamento zootecnico o comunque alimentato con effluenti zootecnici e sottoprodotti, si consiglia di mettere in atto un piano di "buone pratiche gestionali" a monte e all'interno dell'impianto di biogas, mirato a garantire un buon livello di salubrità dell'ambiente "aziendale" nel complesso.

In altre parole, consapevoli che la presenza di salmonella (e altri microrganismi patogeni e non) non deve stupire, soprattutto nelle deiezioni zootecniche, è opportuno adottare quelle misure gestionali, o costruttive quando possibile o necessario, atte a:

- evitare o limitare la diffusione di aerosol e/o polveri, così come lo sversamento e/o l'accumulo di liquami, percolati, digestato in siti a ciò non destinati;
- garantire un'adeguata e accurata manutenzione di pompe, val-

vole, tubazioni per ridurre i rischi di rotture e conseguenti formazioni di perdite, spruzzi, ecc.;

- effettuare regolarmente un piano di pulizia, derattizzazione e dissuasione volatili, volto a limitare lo sporcamento occasionale e accidentale di contenitori, tubazioni e ogni altro punto di prelievo del campione e la zona ad esso immediatamente circostante.

Inoltre, si suggerisce di:

- rivedere le modalità di trasporto degli effluenti zootecnici di terzi in alimentazione e di prelievo del digestato per lo spandimento;
- rivedere e modificare, se necessario e per quanto possibile, il circuito delle condotte di trasporto e ricircolo di liquami e digestato con l'obiettivo di ridurre o evitare la contaminazione crociata;
- in tutti i casi quando possibile realizzare punti di campionamento specifici nella giusta posizione con rubinetti ad hoc adeguatamente protetti;
- prolungare il tempo di stoccaggio del digestato sino ad almeno 45 - 60 giorni prima di procedere al campionamento, evitando in tale periodo l'aggiunta di digestato fresco.

Da ultimo, in impianti operanti in mesofilia:

- puntare a migliorare l'efficienza nel complesso del processo biologico verificando e ottimizzando la miscelazione e/o aumentando il tempo di ritenzione (soprattutto se basso, inferiore ai 30 giorni circa);
- passare ad un processo biologico in condizioni di termofilia (51-53°C) anche solo nella fase di post digestione. Nel caso si opti per questa scelta, occorre comunque prestare la massima attenzione al rischio di ricontaminazione successiva.

## 6.ALLEGATI

### 6.1 Rassegna fotografica



*1. Prelievo da digestore*





*2 - 3. Due momenti del pelievo da digestore*



*4. Prelievo diretto dall'alto in vasca*



*5. Rubinetto di prelievo dedicato su parete della vasca di stoccaggio*

## 6.2 Esempio scheda campionamento digestato

SCHEDA CAMPIONAMENTO DIGESTATO	
IDENTIFICAZIONE IMPIANTO	
P (kW)	
Addetto al prelievo	
Data di campionamento	
HRT medio (gg)	
Temperatura (°C)	
	DESCRIZIONE DETTAGLIATA
Biomasse in ingresso (t/g)	Tipologia e quantità medie della dieta
Variazioni nella dieta	
Miscelazione	
Osservazioni	
Digestato campionato:	Digestato tal quale
- punto di prelievo	
- operazioni di pulizia e disinfezione	
- aliquote prelevate e consegnate	
- etichetta di identificazione	DIG_TQ_gg_MM_AA
Laboratorio destinatario:	
- ricorso a corriere	
- campione refrigerato	
- data di consegna	

## 7. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- ARPA Emilia-Romagna Sez. Bologna (2014). Monitoraggio conoscitivo della composizione chimico-fisica e microbiologica del digestato prodotto da impianti abiogas.
- ARPAE Emilia-Romagna (2016). Monitoraggio della composizione analitica del digestato prodotto da impianti a biogas” Esiti delle attività di monitoraggio. Anno di riferimento 2015”.
- ARPAV Regione Veneto (2013). Caratteristiche del digestato da impianti di digestione anaerobica. Campagna di monitoraggio maggio-settembre 2013.
- Bonetta S. *et al.* (2010). Hygienic and physico-chemical characterisation of digested products from anaerobic co-digestion of cattle slurry and agricultural by-products. Proceeding Venice 2010, Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste.
- Castaldi G., Vilardi M. (2015). Il campionamento ufficiale dei fertilizzanti. Manuale “Metodi di Campionamento dei Fertilizzanti”. A cura di ICQRF
- Cote C. *et al.* (2006). Fate of pathogenic and non pathogenic microorganisms during storage of liquid hog manure in Quebec. *Livestock Science* 102:204–210
- EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ) (2009). Statement on technical assistance related to the EFSA opinion on transformation of Animal By-Products into biogas and compost. *The EFSA Journal* 7 (11): 1370
- EFSA, ECDC (2015). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2013. *EFSA Journal* 2015; 13(1):3991
- Goberna M. (2011). Pathogenic bacteria and mineral N in soils following the land spreading of biogas digestates and fresh manure. *Applied Soil Ecology* 49 (2011): 18-25
- Govasmark E. *et al.* (2011). Chemical and microbiological hazards associated with recycling of anaerobic digested residue intended for agricultural use. *Waste Management* 31(2011): 2577-2583
- Horan N.H. *et al.* (2004). Die-off of enteric bacterial pathogens during mesophilic anaerobic digestion. *Water Research* 38:1113-1120
- Kearney T. *et al.* (1993). The effect of slurry storage and anaerobic digestion on survival of pathogenic bacteria. *Journal of Applied Microbiology*. Volume 74, Issue 1 January 1993 Pages 86–93

- Maynaud G. *et al.* (2016). Persistence and potential viable but non-culturable state of pathogenic bacteria during storage of digestates from agricultural biogas plants. *Frontiers in Microbiology* 7, article 1469
- McCarthy G. *et al.* (2015). An assessment of *Salmonella* survival in pig manure and its separated solid and liquid fractions during storage. *Journal of Environmental Science and Health*, Volume 50, 2015- Issue 2: 135-145
- MIPAAF - Decreto n. 1722 del 7 febbraio 2017 - Elenco dei laboratori competenti per verificare la conformità dei fertilizzanti.
- Olsen J.E., Larsen H.E. (1987). Bacterial decimation time in anaerobic digestion of animal slurry. *Biological Wastes* 21: 153-168
- Orzi V. *et al.* (2014). La digestione anaerobica riduce patogeni e odori. *Terra e Vita*, 8: 18-24.
- Paavola T., Rintala J. (2008). Effects of storage on characteristics and hygienic quality of digestates from four co-digestion concepts of manure and biowaste. *Bioresource Technology*, 99: 7041-7050
- Pietrangeli B. *et al.* (2013). Safe Operation of Biogas Plant in Italy. *Chemical Engineering Transactions* Vol. 32: 199:204
- Pourcher A.M. *et al.* (2015). Persistence of salmonella derby and listeria monocytogenes in digestates derived from pig and dairy farms. *Proceedings "XVII International Congress on Animal Hygiene 2015"*
- Ragone A. (2011). Ammendanti: il prelevamento dei campioni finalizzato al controllo microbiologico. *Fertilizzanti* n. 2/2011
- Rossi L., Mantovi P. Il digestato, un utile sottoprodotto del biogas. *Opuscolo Conoscere per Competere*, Settembre 2012)
- Rossi L. *et al.* (2016). Biogas, stato igienico-sanitario dei digestati agrozootecnici. *L'Informatore Agrario*, 43:51-54
- Rossi L. *et al.* (2017). Clostridi, convivenza possibile tra biogas e prodotti dop. *L'Informatore Agrario*, 3:69-72
- Sahlstrom L., (2003). A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants. *Bioresources Technologies* 87, 161-166
- Skillman L.C. *et al.* (2009). Influence of high gas production during thermophilic anaerobic digestion in pilot-scale and lab-scale reactors on survival of the thermotolerant pathogens *Clostridium perfringens* and *Campylobacter jejuni* in piggery wastewater. *Water Research* 43: 3281-3291
- Smith S.R. *et al.* (2005). Factors controlling pathogen destruction during anaerobic digestion of biowastes. *Waste Management* 25: 417 - 425







CIB

Consorzio Italiano Biogas e Gassificazione  
consorziobiogas.it || [info@consorziobiogas.it](mailto:info@consorziobiogas.it)

Tel: +39 03714662633 || Fax: +39 03714662401

Parco Tecnologico Padano

Via Einstein, Loc. Cascina Codazza, Lodi (LO) - Italy