

Tecnologie per la valorizzazione del digestato: soluzioni disponibili e scenari applicativi

Giuseppe Moscatelli



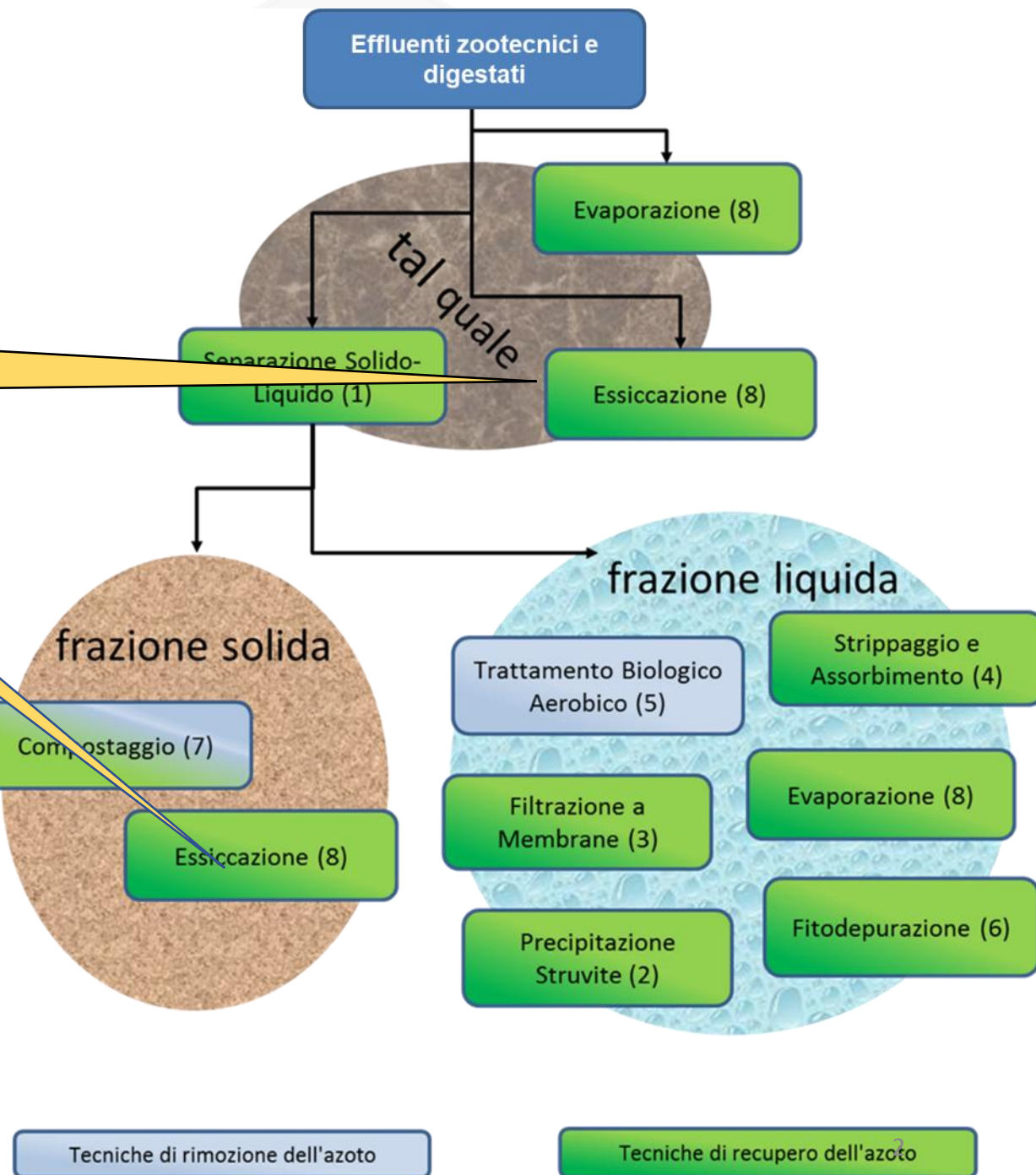
LUNEDÌ 21 SETTEMBRE ORE 11.30

TECH

**Dal digestato alla produzione di fertilizzanti:
normativa, trattamenti e opportunità**

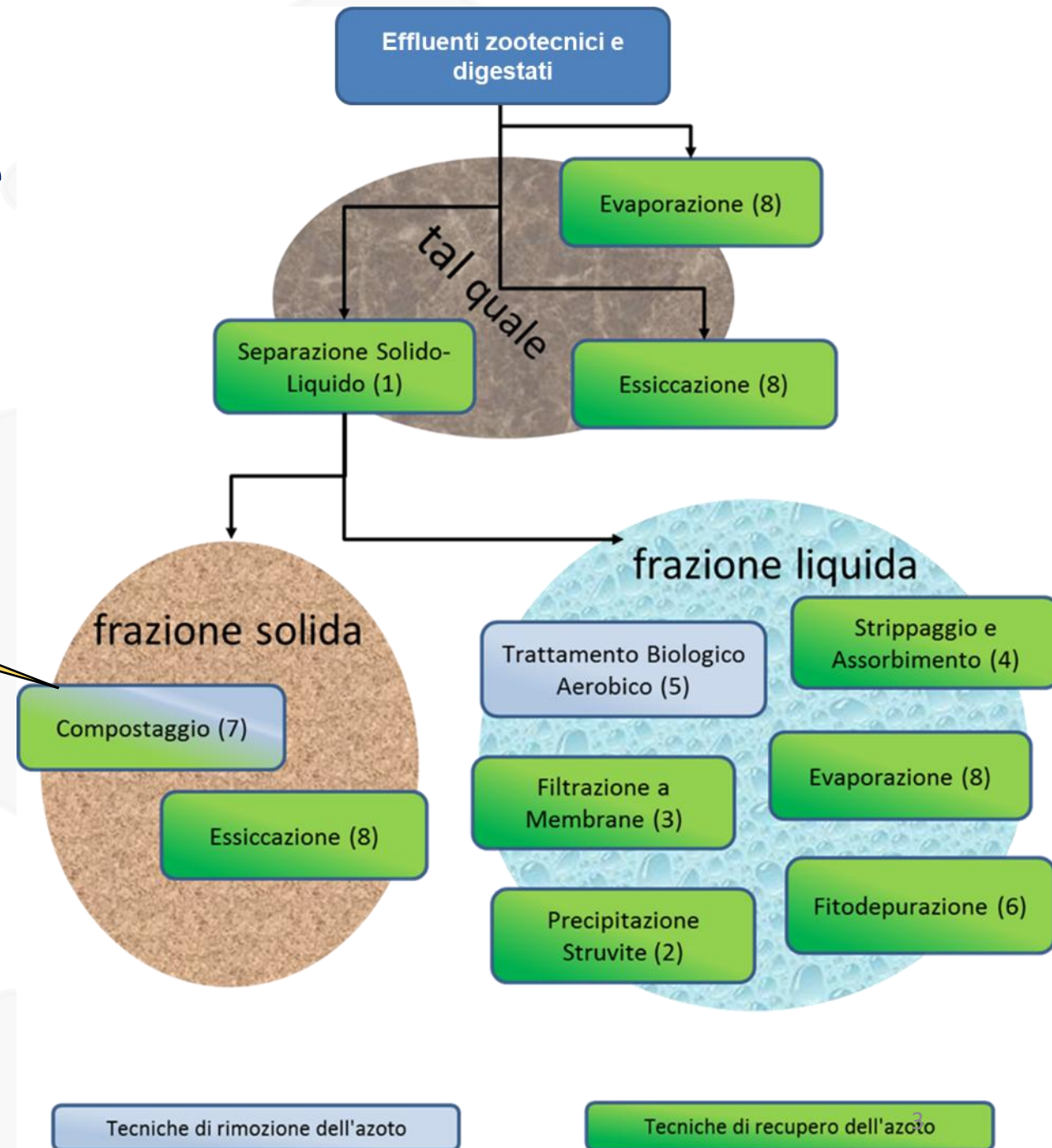
1. Digestato vegetale essiccato
2. Digestato essiccato in miscela con ceneri di combustione di biomasse vergini
3. Digestato essiccato misto

Tecniche di trattamento applicabili al digestato che permettono di ottenere un fertilizzante di tipologia Concime organico NP, All.1 – Punto 5.2 del D.Lgs. 75/10

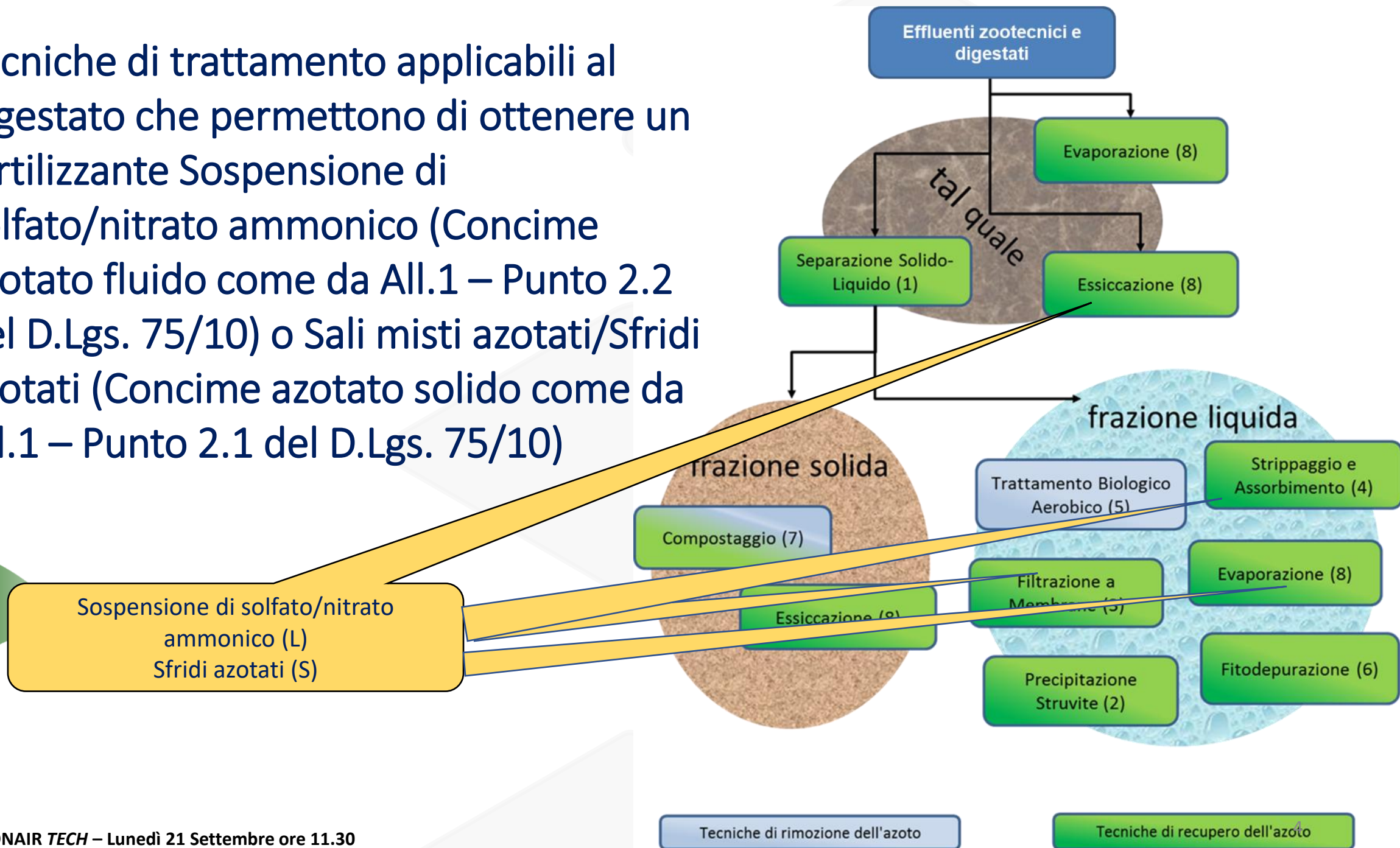


Tecniche di trattamento applicabili al digestato che permettono di ottenere un Ammendante compostato misto (All. 2 del D.Lgs. 75/10)

Ammendante Compostato Misto



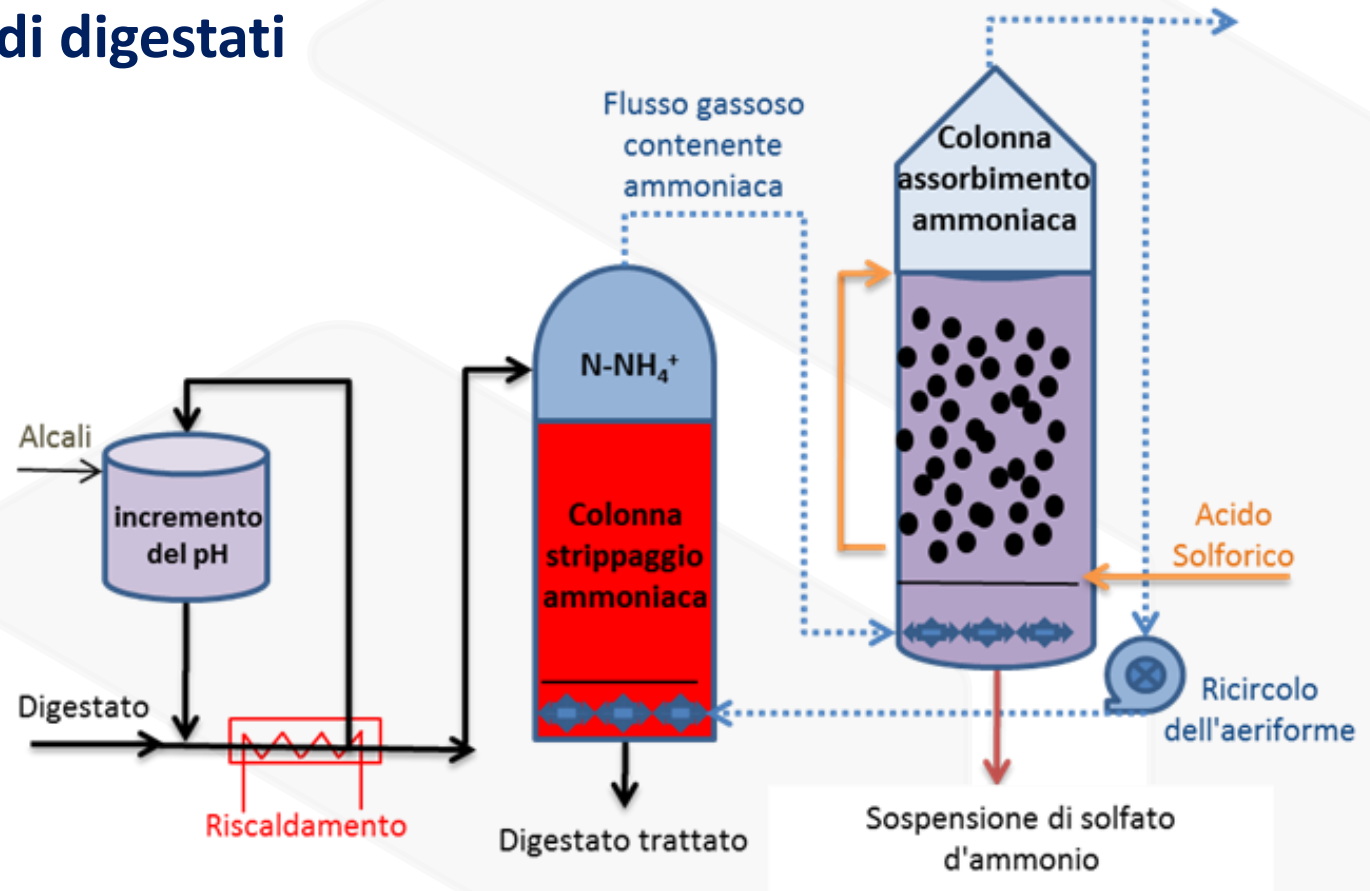
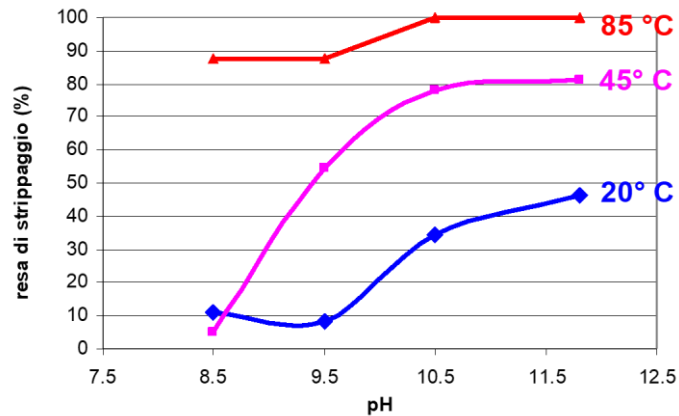
Tecniche di trattamento applicabili al digestato che permettono di ottenere un fertilizzante Sospensione di solfato/nitrato ammonico (Concime azotato fluido come da All.1 – Punto 2.2 del D.Lgs. 75/10) o Sali misti azotati/Sfridi azotati (Concime azotato solido come da All.1 – Punto 2.1 del D.Lgs. 75/10)



Strippaggio con Assorbimento Ammoniaca

applicato a frazioni chiarificate di digestati

I due parametri fondamentali di controllo del processo sono la **temperatura** e il **pH**:
sono loro a stabilire l'equilibrio tra ammoniaca (NH_3) e ione ammonio (N-NH_4^+)



Strippaggio a bassa temperatura (30-40 °C)
operando sull'innalzamento del pH con
reagenti basici (pH 10)

pH basico del digestato ed uso reagenti

Strippaggio **elevando la temperatura** (> 60-70°C) senza
modificazione del pH

Uso termica e schiume

Strippaggio con Assorbimento Ammoniacale

- è un processo di **recupero dell'azoto ammoniacale**
- **H₂SO₄ o HNO₃** utilizzati per assorbire l'NH₃ dalla fase gas nella colonna di assorbimento;
- La tecnica è tanto più efficiente nel rimuovere e recuperare l'azoto quanto maggiore è la percentuale di **azoto ammoniacale** (% di NTK);
- La % di **azoto ammoniacale nel digestato dipende dalle matrici caricate al digestore**: nel caso di digestati a ridotto tenore di azoto ammoniacale, esempio del 40%, pur in presenza di efficienze di trattamento molto elevate, del 90%, la rimozione dell'azoto totale raggiunge solo il 36%. **Con digestati ad elevato tenore di azoto ammoniacale**, ad esempio del 80%, anche con efficienze di rimozioni del 75%, **si può raggiungere una rimozione dell'azoto totale del 60%**

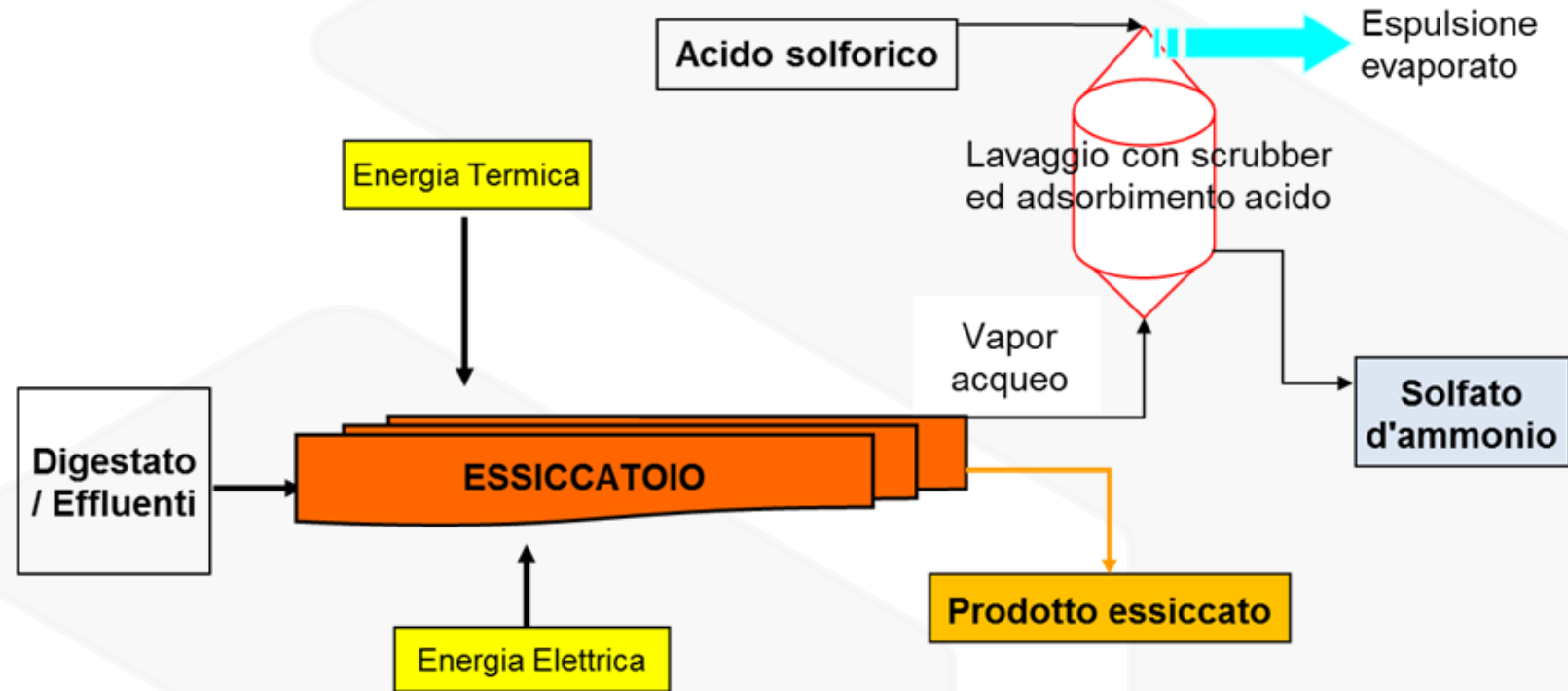
Strippaggio con Assorbimento Ammoniacale



- Consumo elettrico: 5 – 12 kWh/m³ digestato trattato;
- Consumo di acido solforico: 3,5 kg/kg N recuperato;
- Caratteristiche del solfato ammonico liquido raggiungibile : 6 - 7,5 % N;
- Capacità di lavoro: anche 10 m³/h di digestato strippato, modularità;
- **uso del biogas in cogenerazione può fornire l'energia termica** necessaria per riscaldare il digestato; operando ad elevate temperature (70 – 80°C) si raggiungono efficienze di rimozione dell'azoto ammoniacale elevate anche senza modificazione del pH;
- La **diffusione della tecnologia** dipende da due fattori: i **costi di investimento e di esercizio** che dovrebbero essere in assonanza con l'economia del settore agricolo e il prodotto recuperato (soluzione ammoniacale) che dovrebbe avere una **qualità commercializzabile**;

Essiccazione

- ✓ Si applica generalmente alla **frazione solida del digestato** e/o alla frazione solida con aggiunta di digestato tal quale
- ✓ **E' economicamente sostenibile se disponibile energia termica a basso costo.**
- ✓ Ideale sfruttare i cascami termici di co generazione



Risultati:

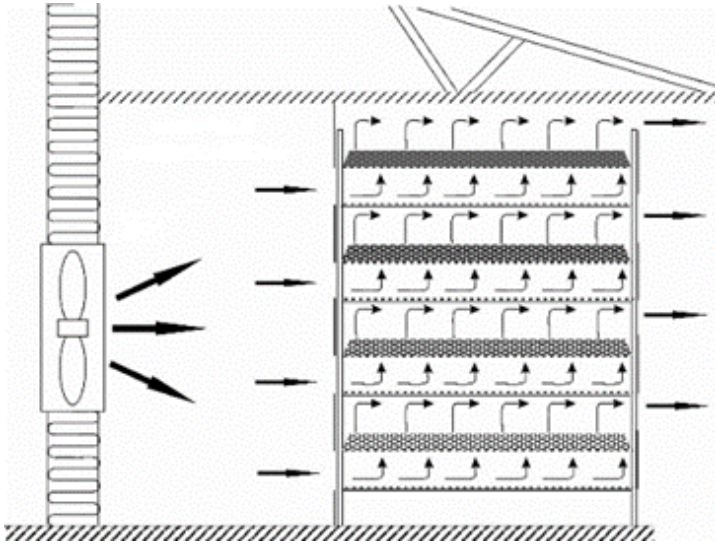
- produzione di un **fertilizzante commerciale**, stabile e facilmente trasportabile e spandibile;
- **riduzione del volume e del peso** del digestato con riduzione dei costi di trasporto;
- concentrazione e **recupero dei nutrienti** (N, P e K) e della sostanza organica.

Essiccazione

Tipologie di impianti di essiccazione per il trattamento del digestato

Processo	Modalità di trasferimento del calore	Tipologia di dispositivo impiegato	Circuito del flusso aeriforme di essiccazione
Essiccazione a basse temperature (< 110°C)	Tramite scambiatore di calore (Energia termica dell'acqua e/o dei fumi)	Essiccazione con nastro ventilato o dischi rotanti sovrapposti	Aperto, con scarico in atmosfera previo adsorbimento acido
	Uso diretto dei fumi		
Essiccazione ad alte temperature (>> 120°C)	Tramite scambiatore con Olio diatermico o uso diretto dei fumi	Essiccazione a cilindro rotante	Aperto, con scarico in atmosfera previo adsorbimento acido
			Chiuso con condensazione e ricircolo dell'aeriforme
		Essiccazione con rotore interno	Aperto, con scarico in atmosfera previo adsorbimento acido
			Chiuso con condensazione ricircolo dell'aeriforme
	Multistadio con condensazione del vapore e recupero del cascame termico		Chiuso con condensazione e ricircolo dell'aeriforme

Essiccazione



Esempio essiccazione a nastro

- All'interno dell'essiccatoio, l'aria calda attraversa il nastro forato ventilato ed investe lo strato di digestato facendone evaporare l'acqua.
- Il nastro può avere più livelli.
- Il digestato umido viene caricato nel livello superiore ed all'estremità opposta viene scaricato sul livello inferiore. Il prodotto essiccato finale esce dall'ultimo livello del nastro



Essiccazione

- La **sostanza secca** del prodotto essiccato finale può arrivare a 85-90%, si può **pellettizzare**.
- **Azoto** considerando 100 NTK in input all'essiccazione con N-NH_4^+ pari al 40-45% di NTK:
 - 60% N nel prodotto finale essiccato;
 - 40% N nella soluzione di solfato di ammonio dallo scrubber.
- **Recupero quasi totale nella frazione essiccata del P, K, micronutrienti e minerali.**
- Consumi di **energia termica**: 1.1–1.3 kWh/kg di acqua evaporata con essiccazione a media/bassa efficienza (es. sistemi a nastro ventilato), si può scendere al di sotto di 0.7-0.85 kWh/kg di acqua evaporata per i sistemi a più alta efficienza (es. sistemi a rotore interno a circuito chiuso).
- Consumi di **energia elettrica**: da 15-20 kWh/t di prodotto essiccato per gli essiccatoi a nastro ventilato con taglia pari a 1 MW termico, 25-35 kWh/t di prodotto essiccato se di taglia inferiore. Il consumo di energia elettrica cresce nel caso di sistemi di essiccazione a maggiore efficienza evaporativa ed operanti in circuito chiuso.

Compostaggio



Biofiltro

- ✓ Applicabile alle **frazioni solide**
- ✓ E' un **processo controllato** di decomposizione e **stabilizzazione biologica** della sostanza organica operato da diversi microrganismi (batteri e funghi) per via aerobica in **presenza di ossigeno**
- ✓ In natura esistono esempi **spontanei** di processi di demolizione e umificazione della sostanza organica
- ✓ Maggiore velocità di svolgimento rispetto a quanto avviene in natura, notevole **produzione di calore** con incremento del grado di **igienizzazione del prodotto finale**
- ✓ Il prodotto ottenuto è una **soluzione sia alla crescente carenza di sostanza organica nei terreni**, sia al problema della gestione di residui e scarti vegetali

Compostaggio

- Buona stabilizzazione del materiale.
- **Affinché questa tecnica sia considerata MTD** (Migliore Tecnologia Disponibile) occorre che il trattamento sia condotto in impianti tecnologici, sia ben controllato e che l'ammoniaca persa per volatilizzazione sia catturata, generalmente effettuando il processo in locali chiusi e convogliando l'aria ricca di odori e ammoniaca verso sistemi di lavaggio e cattura (scrubbers) e/o verso biofiltri.

“Buona Qualità” delle frazioni dal digestato agro-zootecnico:

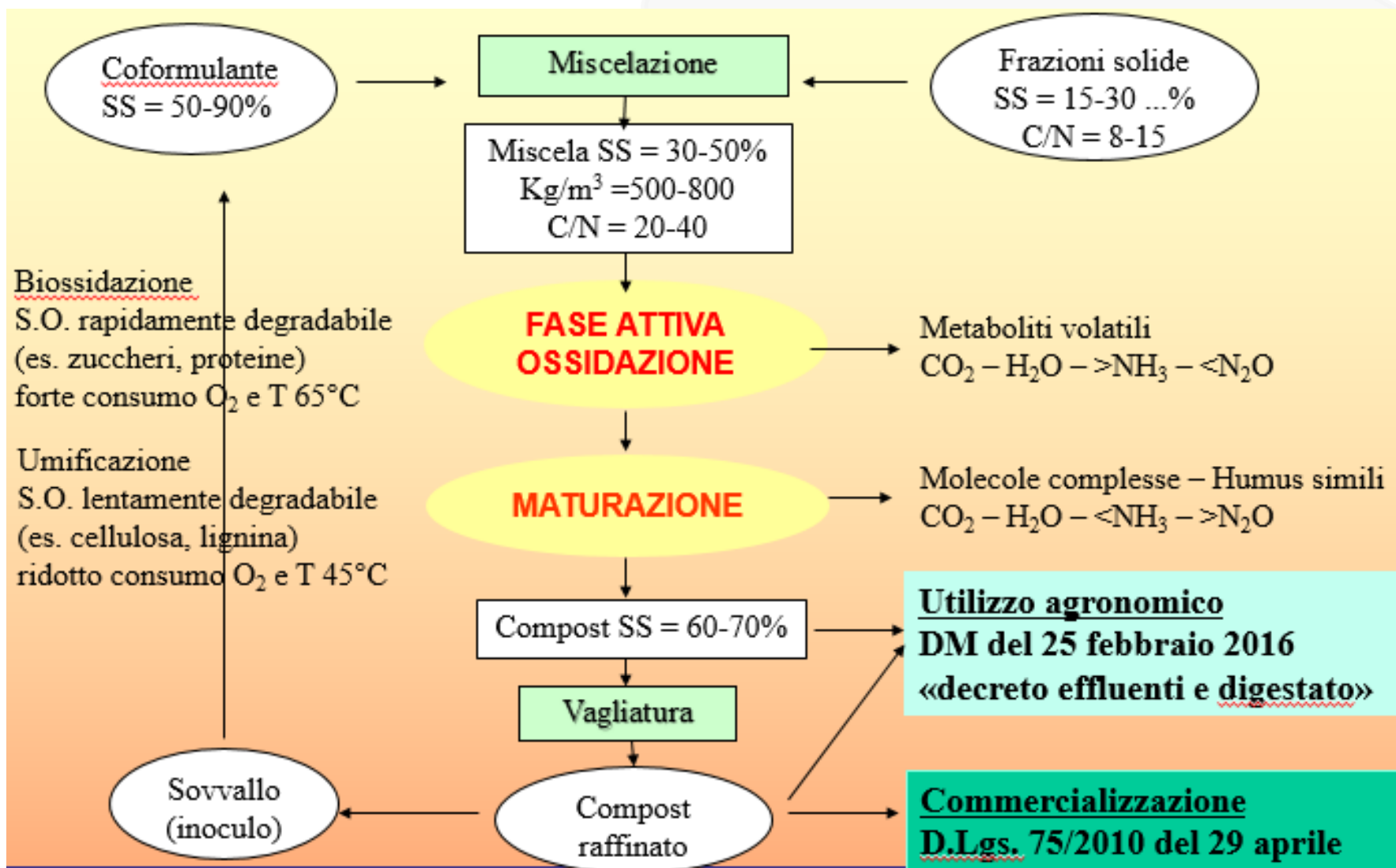
- ✓ elevato contenuto di sostanza organica ed elementi nutritivi;
- ✓ minimo contenuto di metalli pesanti ed impurità;
- ✓ minimo o nullo contenuto di inquinanti organici e inorganici (es. pietrisco, plastiche, semi infestanti).

Sostenibilità economica: la sostenibilità dei costi è legata alla complessità impiantistica, a sua volta legata alla certezza o meno dell'innocuità delle emissioni in atmosfera. Importante è anche la valorizzazione economica dei compost prodotti.

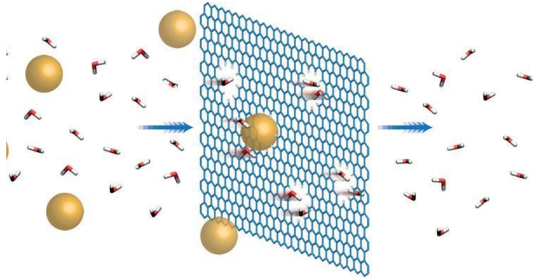
Compostaggio

Aggiunta di
coadiuvanti
strutturali [% peso]

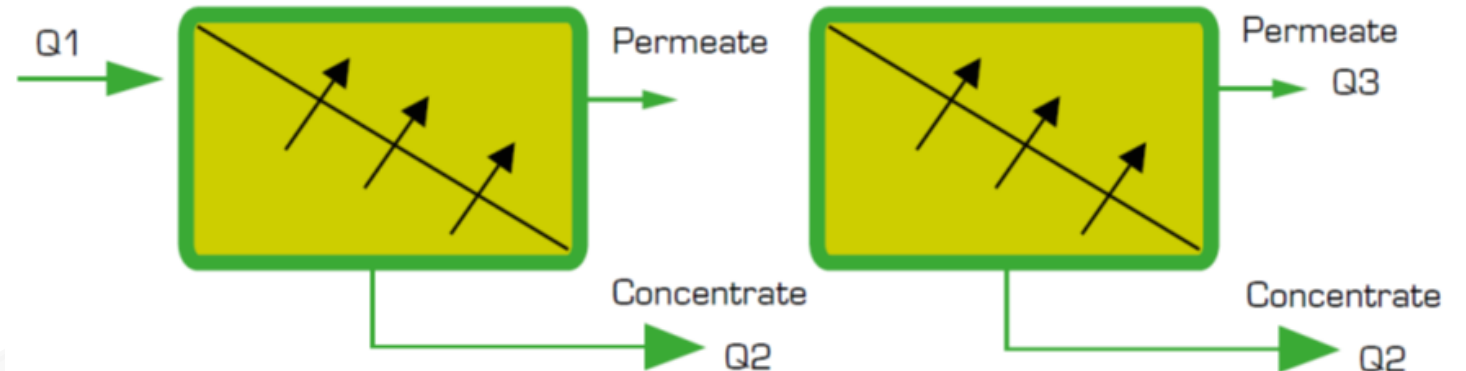
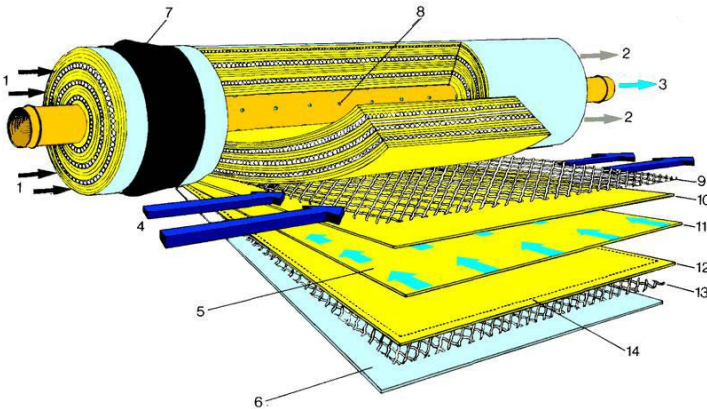
Anche del 20% per
le frazioni solide del
digestato



Filtrazione a membrane (micro-ultra-nano e Osmosi Inversa)



- Si applica a **frazioni estremamente chiarificate**
- I sistemi di filtrazione a membrane sono utilizzati da tempo per la potabilizzazione delle acque, negli ultimi anni sono stati oggetto di indagini anche per il **trattamento degli effluenti zootecnici e dei digestati**.
- Queste tecniche rientrano in due gruppi, **microfiltrazione (MF)** e **ultrafiltrazione (UF)** servono per rimuovere i solidi sospesi, **nanofiltrazione (NF)** e **osmosi inversa (OI)** possono essere utilizzate anche per la rimozione di elementi soluti.



Filtrazione a membrane (micro-ultra-nano e Osmosi Inversa)

Tipo	Dimensione dei pori (μm)	Pressione (bar)	Flusso (litri per m^2 per ora)
MF	0,03 - 10	0,1 – 2,0	> 50
UF	0,002 – 0,1	1 - 5	10. - 50
NF	0,001 – 0,01	5 - 20	1,4 - 12
OI	0,0001	10 - 100	0,05 – 1,4

La ritenzione delle particelle è nell'ordine $\text{MF} < \text{UF} < \text{NF} < \text{OI}$ e ciò significa che i risultati sono migliori a scapito di un aumento della pressione (e del consumo energetico) e della diminuzione del flusso.

- **Rendimenti:** MF può rimuovere il 75% dei solidi sospesi, 85% del COD, ma meno del 20% dell'N. L'UF può rimuovere quasi il 90% di P.
- NF ha dimostrato di poter rimuovere il 52% dell'azoto ammoniacale e il 78% del K.
- OI, la percentuale di ritenzione dell'azoto ammoniacale è risultato essere nel range 93% - 99,8%, con produzione di un concentrato con un contenuto di azoto ammoniacale compreso nell'intervallo 6-10 g/l. La ritenzione dei Solidi totali, nei sistemi OI, è compresa tra l'83 e il 100%.



Filtrazione a membrane (micro-ultra-nano e Osmosi Inversa)

Questa tecnologia avanzata offre la possibilità di separare la parte chiarificata del digestato in due frazioni:

- il permeato da OI con qualità simili all'acqua che possiamo trovare nei corpi idrici superficiali;
- il retentato o concentrato che contiene gli elementi nutritivi (N e P) e la sostanza organica valorizzato a fini fertilizzanti.

Gli svantaggi della tecnologia sono:

- la necessità di un trattamento precedente di separazione solido-liquido ad alta efficienza ed in più fasi;
- non trascurabili costi operativi energetici, per la pressurizzazione, e chimici per il lavaggio delle membrane;
- la limitata esperienza sull'affidabilità delle membrane nel trattare il digestato e sul mantenimento delle performance nel tempo.

Conclusioni

- In un momento in cui i concimi stanno subendo importanti rincari e le politiche di sviluppo rurale si orientano al Green Deal e alla strategia Farm to Fork, diviene imprescindibile **lavorare nella direzione di incrementare la circolarità dei nutrienti**, compreso il carbonio (costituente della sostanza organica).
- Trattamenti avanzati del digestato: **riduzione degli impatti** (su acqua e aria), **maggiore efficienza** dei nutrienti, **delocalizzazione ed accettabilità** verso aree agricole potenzialmente ricettive a minor carico zootecnico.
- **Tecnologie di recupero e concentrazione dei nutrienti** contenuti nei digestati permetteranno di ridurre **la dipendenza da concimi minerali**.
- **L'industria di mezzi tecnici sta cercando di dare risposte** offrendo soluzioni tecnologiche che sempre meglio rispondono ai requisiti di sostenibilità economica e di applicabilità in un contesto agricolo.
- **Limiti:**
 - tempistiche e frame normativo a volte non chiaro
 - convenienza economica

Grazie per l'attenzione
g.moscatelli@crpa.it



LUNEDÌ 21 SETTEMBRE ORE 11.30

TECH

**Dal digestato alla produzione di fertilizzanti:
normativa, trattamenti e opportunità**