



DIR.GEN./ DIR. STAFF (*)	U.O.D. / Staff
DG 07	91

Regione Campania

GIUNTA REGIONALE

SEDUTA DEL 12/11/2019

PROCESSO VERBALE

Oggetto :

Approvazione del "Programma straordinario per l'adeguamento impiantistico ambientale del comparto bufalino nelle Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola di cui alla DGR n. 762 del 05/12/2017", in attuazione della DGR n. 152 del 17/04/2019.

1)	Presidente	Vincenzo	DE LUCA	PRESIDENTE
2)	Vice Presidente	Fulvio	BONAVITACOLA	ASSENTE
3)	Assessore	Ettore	CINQUE	ASSENTE
4)	”	Bruno	DISCEPOLO	
5)	”	Valeria	FASCIONE	
6)	”	Lucia	FORTINI	
7)	”	Antonio	MARCHIELLO	
8)	”	Chiara	MARCIANI	
9)	”	Corrado	MATERA	
10)	”	Sonia	PALMERI	
	Segretario	Mauro	FERRARA	

Alla stregua dell'istruttoria compiuta dalla Direzione Generale e delle risultanze e degli atti tutti richiamati nelle premesse che seguono, costituenti istruttoria a tutti gli effetti di legge, nonché dell'espressa dichiarazione di regolarità della stessa resa dal Direttore a mezzo di sottoscrizione della presente

PREMESSO che:

- a. la Direttiva 91/676/CEE, cosiddetta "Direttiva nitrati" relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati di origine agricola prevede, all'art. 3, che "... *gli Stati membri designano come zone vulnerabili tutte le zone note del loro territorio che scaricano nelle acque e che concorrono all'inquinamento;*
- b. con D.G.R n. 762 del 05/12/2017, pubblicata sul BURC n. 89 dell'11/12/ 2017, è stata approvata la delimitazione delle Zone Vulnerabili di origine agricola e confermato il "Programma d'azione per le zone vulnerabili all'inquinamento da nitrati di origine agricola", così come integrato dalle misure di cui alla D.G.R n. 771 del 21 dicembre 2012;
- c. le Zone Vulnerabili ai Nitrati di Origine Agricola identificate dalla regione Campania si presentano come un ambito territoriale nel quale si concentra più del 90% del patrimonio bufalino e delle imprese trasformatrici rientranti nel sistema della D.O.P della mozzarella di bufala;
- d. a seguito dell'approvazione della nuova delimitazione si è reso necessario intraprendere l'aggiornamento del *Programma d'azione per le zone vulnerabili ai nitrati* che determinerà per le aziende zootecniche la necessità di adeguarsi a vincoli più stringenti per il rispetto della normativa comunitaria, nazionale e regionale sull'utilizzazione agronomica dei reflui dei propri allevamenti;
- e. in considerazione dell'importanza che il comparto della mozzarella di bufala presenta per l'economia della regione, risultano necessari una serie di interventi per favorire, in una prima fase, la realizzazione di impianti per il trattamento e la valorizzazione agronomica dei reflui zootecnici finalizzati all'adeguamento delle aziende bufaline ricadenti in Zone vulnerabili agli obblighi stringenti della Direttiva nitrati;
- f. per le motivazioni suddette, con D.G.R n. 152 del 17/04/2019 ad oggetto "*Interventi finalizzati all'applicazione della Direttiva nitrati in Campania - Prima fase: Programma straordinario per l'adeguamento impiantistico-ambientale del comparto bufalino nelle Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola di cui alla DGR n. 762 del 05/12/2017*", la Regione Campania ha ritenuto necessario promuovere attivamente, con il suddetto Programma straordinario, la realizzazione, all'interno delle zone vulnerabili ai nitrati della Campania, di impianti collettivi di trattamento dei reflui, in attuazione di quanto previsto dalle recenti normative nazionali, ed in particolare dall'art 41 "Strategie di gestione integrata dei reflui zootecnici" del DM 5046/2016;

CONSIDERATO che:

- a. con D.G.R n. 152 del 17/04/2019 è stato dato mandato alla Direzione Generale Politiche Agricole Alimentari e Forestali di costituire un gruppo di lavoro interdisciplinare per la redazione di un documento programmatico denominato "*Programma straordinario per l'adeguamento impiantistico-ambientale a supporto del comparto bufalino in Campania*", da sottoporre alla valutazione della Giunta regionale;
- b. tale programma deve definire i fabbisogni impiantistici a scala territoriale per il trattamento collettivo degli effluenti; le soluzioni tecniche ottimali che possano garantire un significativo abbattimento del carico di azoto presente negli effluenti zootecnici; lo schema di organizzazione funzionale e gestionale del complessivo sistema di trattamento e conferimento collettivo che si intende realizzare, con particolare attenzione ai costi di gestione degli impianti e alla eco-compatibilità dei processi attraverso la piena valorizzazione agronomica, mediante compostaggio, dei sottoprodotti del trattamento; le procedure di evidenza pubblica per l'individuazione dei soggetti pubblici e/o privati interessati ad operare all'interno delle Zone Vulnerabili di Origine Agricola della Campania mediante la realizzazione e gestione, in accordo con il documento programmatico di cui al punto precedente, di impianti collettivi di trattamento

degli effluenti zootecnici;

- c. ai sensi di quanto previsto dall'art. 41, comma 3, del DM 5046 del 25 febbraio 2016, la realizzazione e l'adeguamento degli impianti collettivi può avvenire con il ricorso alle misure di cui agli Accordi di Programma Quadro (APQ), sottoscritti ai sensi dell'art. 2, comma 203, della legge 23 dicembre 1996, n. 662.

CONSIDERATO altresì che:

- A. con DRD n. 74 del 6.05.2019 e DRD n. 84 del 25.05.2019, sulla base delle specifiche competenze tecniche e scientifiche è stato costituito il gruppo di lavoro interdisciplinare, senza oneri aggiuntivi a carico dell'Amministrazione regionale, composto da rappresentanti del Dipartimento di Medicina Veterinaria e Produzioni Animali, Dipartimento di Agraria, Dipartimento di Matematica e Applicazioni, Dipartimento di Ingegneria Idraulica Geotecnica ed Ambientale dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Ingegneria dell'Università del Sannio, rappresentanti della Direzione Generale delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali e della Direzione Generale della Difesa del Suolo e dell'Ecosistema;
- B. il gruppo tecnico interdisciplinare, appositamente istituito, in ottemperanza alla DGR n. 152 del 17.04.2019, nel corso delle riunioni all'uopo tenutesi, ha definito e condiviso il percorso metodologico per la redazione del Programma straordinario, ed ha conseguentemente elaborato la versione definitiva del suddetto Programma denominato "*Programma straordinario per l'adeguamento impiantistico-ambientale a supporto del comparto bufalino in Campania*," allegato alla presente deliberazione, e così articolato:
- B1. una parte programmatica-procedurale, con l'indicazione del quadro normativo, degli obiettivi e dei fabbisogni impiantistici per il trattamento dei reflui zootecnici, e delle risorse finanziarie necessarie;
 - B2. le "Linee guida tecnico-scientifiche" per la progettazione degli impianti di trattamento finanziabili con l'Accordo di Programma Quadro;
 - B3. uno schema di Manifestazione di interesse per la raccolta delle proposte progettuali;
 - B4. una scheda sintetica di presentazione dei progetti.

RITENUTO che Il Programma straordinario, come formulato, risponda a quanto indicato dalla DGR n. 152 del 17.04.2019, come attestato dalla relazione alla proposta di delibera *de qua*;

VISTI

- la Direttiva 91/676/CEE;
- il D.lgs. n. 152 /2006;
- la L. R. n. 14 del 22 novembre 2010;
- la D.G.R. n. 700 del 18 febbraio 2003;
- la D.G.R. n. 182 del 13 febbraio 2004;
- la D.G.R. n. 209 del 23 febbraio 2007;
- la D.G.R. n. 771 del 21 dicembre 2012;
- la D.G.R. n. 56 del 07 marzo 2013;
- la DGR n. 288 del 21 giugno 2016;
- la DGR n. 762 del 5 dicembre 2017;
- la DGR n. 152 del 17 aprile 2019

Propone e la Giunta, in conformità, a voto unanime

DELIBERA

per le motivazioni espresse in narrativa e che qui di seguito si intendono integralmente riportate di:

1. approvare il *“Programma straordinario per l’adeguamento impiantistico-ambientale a supporto del comparto bufalino in Campania”*, allegato alla presente deliberazione, in attuazione della DGR n. 152 del 17 aprile 2019;
2. demandare a successivi adempimenti, previo parere dell’Istituto Zooprofilattico, la pubblicazione della Manifestazione di interesse per la presentazione dei progetti, e la procedura di definizione dell’Accordo di Programma Quadro da sottoscrivere ai sensi dell’art. 2, comma 203, della legge 23 dicembre 1996, n. 662.
3. inviare il presente provvedimento alla Direzione Generale delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali e alla Direzione Generale della Difesa del Suolo e dell’Ecosistema e di assolvere agli obblighi di pubblicità in Casa di Vetro, ai sensi della L.R. n. 23 del 28 luglio 2017.



GIUNTA REGIONALE DELLA CAMPANIA

DELIBERAZIONE n°	546	del	12/11/2019	DIR.GEN./DIR. STAFF (*)	UOD/STAFF DIR.GEN.
				DG 07	91

OGGETTO :

Approvazione del "Programma straordinario per l'adeguamento impiantistico ambientale del comparto bufalino nelle Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola di cui alla DGR n. 762 del 05/12/2017", in attuazione della DGR n. 152 del 17/04/2019.

QUADRO A	CODICE	COGNOME	MATRICOLA	FIRMA
PRESIDENTE <input type="checkbox"/> ASSESSORE <input type="checkbox"/>		<i>Presidente Vincenzo De Luca</i>		
DIRETTORE GENERALE / DIRIGENTE STAFF		<i>dott. Diasco Filippo</i>		<i>12/11/2019</i>

VISTO DIRETTORE GENERALE ATTIVITA' ASSISTENZA GIUNTA	COGNOME	FIRMA
DATA ADOZIONE	<i>12/11/2019</i>	INVIATO PER L'ESECUZIONE IN DATA

AI SEGUENTI UFFICI:

Dichiarazione di conformità della copia cartacea:

Il presente documento, ai sensi del T.U. dpr 445/2000 e successive modificazioni è copia conforme cartacea dei dati custoditi in banca dati della Regione Campania.

Firma

(*)

DG= Direzione Generale

US= Ufficio Speciale

SM= Struttura di Missione

UDCP= Uffici di Diretta Collaborazione con il Presidente

**Programma straordinario
per l'adeguamento impiantistico-ambientale
a supporto del comparto bufalino in Campania
(D.G.R. n. 152 del 17 aprile 2019)**

Sommario

1.	I contenuti e le procedure del Programma straordinario	4
1.1	Premessa	4
1.2	L'allevamento bufalino in Campania.....	5
1.3	Il mercato della mozzarella di bufala campana	7
1.4	L'area di intervento.....	8
1.5	Il quadro normativo e programmatico	9
1.6	La strategia del programma	9
1.7	Gli interventi previsti	10
1.8	Il fabbisogno finanziario.....	11
1.9	Le procedure previste	11
2.	Linee guida tecnico-scientifiche per la realizzazione di impianti di trattamento collettivi.....	13
3.	Tecnologie per il trattamento dei reflui zootecnici e l'abbattimento dell'azoto	14
3.1.	Cenni sui problemi associati allo smaltimento sul suolo di sostanze contenenti elevati tenori di azoto.....	14
3.2.	Sul trattamento degli effluenti zootecnici	15
3.3.	Generalità sui sistemi per la riduzione del tenore di azoto nel digestato	16
3.4.	Sistemi biologici	17
3.4.1.	Sistemi biologici tradizionali	17
3.4.2.	Sistema a fanghi attivi con ciclo nitro-denitro.....	17
3.4.3.	Sistema a fanghi attivi SBR.....	18
3.4.4.	Sistema a fanghi attivi MBR	19
3.4.5.	Considerazioni generali sui sistemi a fanghi attivi.....	21
3.4.6.	Sistemi a colture adese: biodischi.....	21
3.4.7.	Sistemi a colture adese a letto mobile: MBBR.....	22
3.5.	Sistemi biologici innovativi.....	24
3.5.1.	Nitrosazione parziale seguita da de-nitrosazione.....	24
3.5.2.	Nitrosazione parziale seguita da ossidazione anaerobica dell'azoto (<i>Anammox</i>).....	24
3.6.	Sistemi chimico-fisici.....	25
3.6.1.	Strippaggio dell'ammoniaca	26
3.6.2.	Precipitazione chimica dell'ammoniaca	27
3.7.	Tabelle e figure riepilogative dei processi esaminati.....	28
4.	Valorizzazione agronomica dei prodotti palabili risultanti dai trattamenti	38
4.1	Premessa	38
4.2	Separazione solido-liquido.....	38
4.3	Sanificazione per essiccazione diretta	40

4.4	Compostaggio	41
5.	Messa in sicurezza igienico sanitaria.....	44
6.	Criteri per la localizzazione degli impianti collettivi di trattamento	48
6.1	OBIETTIVI DI LAVORO.....	48
6.2	I CRITERI	50
6.3	COSTRUZIONE DEI CRITERIA TREE - PRE-SITING di IMPIANTI - APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI.....	52
6.4	STANDARDIZZAZIONE DEI VALORI	54
6.5	PONDERAZIONE DEI CRITERI.....	54
6.6	I RISULTATI	55
ALLEGATO 1	Schema di “Manifestazione di interesse”.....	64
ALLEGATO 2	Scheda progetto per la partecipazione alla “Manifestazione di interesse”	67

1. I contenuti e le procedure del Programma straordinario

1.1 Premessa

Il presente programma è stato redatto ai sensi della DGR n. 152 del 17 aprile 2019 avente ad oggetto “Interventi finalizzati all’applicazione della Direttiva nitrati in Campania - Prima fase: Programma straordinario per l’adeguamento impiantistico-ambientale del comparto bufalino nelle Zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola di cui alla DGR n. 762 del 5.12.2017”, da un gruppo di lavoro interdisciplinare costituito da esperti e funzionari dell’amministrazione regionale.

Tale provvedimento trova motivazione dalla notevole espansione del comparto bufalino negli ultimi decenni in Campania –in termini di aziende e capi allevati– determinato dal notevole successo del prodotto DOP “Mozzarella di Bufala Campana” a livello nazionale e mondiale, con una crescita della quantità di prodotto e del valore alla produzione.

L’allevamento bufalino è concentrato in Campania in due areali ben definiti – la Piana del Volturno e la Piana del Sele – che ricadono attualmente nelle Zone Vulnerabili ai nitrati di origine agricola, ridefinite dalla regione Campania ai sensi della Direttiva Nitrati UE.

In tali zone la normativa prevede per le aziende agricole, in particolare per quelle zootecniche, obblighi assai stringenti per la gestione degli effluenti zootecnici che impongono, per la maggior parte di esse, interventi strutturali e/o gestionali per poter continuare l’attività. In particolare, nelle aree ad elevata densità di capi, si rende necessario reperire superfici agricole extra aziendali per la distribuzione dei reflui. L’aumento considerevole del numero di trasporti dei reflui al di fuori dell’azienda si traduce in un notevole aggravio dei costi di gestione e, per la comunità, in un importante impatto ambientale. Gli investimenti tecnologici per adeguarsi alle normative vigenti, anche per lo stoccaggio e il trattamento degli effluenti, comportano costi elevati, il più delle volte non sopportabili a livello della singola azienda.

In considerazione della rilevanza economica, sociale, territoriale e culturale della filiera della mozzarella di bufala campana –in aree sovente caratterizzate da un declino economico-produttivo e occupazionale– la Regione Campania ha ritenuto necessario promuovere attivamente, con il presente Programma, la realizzazione, all’interno delle zone vulnerabili ai nitrati della Campania, di impianti collettivi di trattamento dei reflui, in attuazione di quanto previsto dalle recenti normative nazionali (in particolare il DM 5046/2016).

Obiettivo del programma è quello di concorrere nel particolare contesto territoriale delle ZVNOA della Campania al ripristino di un corretto equilibrio agricoltura/ambiente, con diminuzione del surplus di azoto di origine zootecnica, e la valorizzazione agronomica delle biomasse provenienti dal trattamento dei reflui. Tutto ciò garantendo il rispetto delle normative e delle corrette pratiche in materia di protezione ambientale e igienico-sanitaria.

Risulta evidente come l’adeguamento impiantistico, nel solco della strategia nazionale, rappresenti uno degli strumenti a disposizione degli operatori del settore per contribuire al miglioramento della sostenibilità ambientale del comparto bufalino in Campania, in risposta alle criticità descritte, ben consapevoli che è necessario mettere in atto una serie ulteriore di interventi, anche finalizzati alla

delocalizzazione delle aziende bufaline in ambiti ugualmente vocati del territorio regionale, al di fuori degli areali tradizionali e delle Zone vulnerabili ai nitrati.

Il presente documento comprende:

- una parte programmatica-procedurale, con l'indicazione del quadro normativo, degli obiettivi e dei fabbisogni impiantistici per il trattamento dei reflui zootecnici, e delle risorse finanziarie necessarie.
- le "Linee guida tecnico-scientifiche" per la progettazione degli impianti di trattamento finanziabili con l'Accordo di Programma Quadro.
- lo schema di Manifestazione di interesse per la raccolta delle proposte progettuali;
- la scheda sintetica di presentazione dei progetti.

1.2. L'allevamento bufalino in Campania

La popolazione bufalina della Campania, come evidenziato in precedenza, ha conosciuto nel corso degli ultimi decenni un eccezionale trend di crescita (cfr. Tabella 1.1), con un incremento del numero di capi nel periodo 1990-2010 di circa il 324%: in altri termini, in tale periodo, la popolazione bufalina è raddoppiata ogni dieci anni, e costituisce all'attualità il segmento quantitativamente più rilevante e dinamico del comparto zootecnico regionale. Tale tendenza alla crescita è peraltro continuata, e i dati relativi al 2018 mostrano un ulteriore incremento del 13% rispetto al 2010 (cfr. Tabella 2.1).

Gli allevamenti bufalini presenti nelle zone vulnerabili della Campania così come recentemente ridefinite, costituiscono il 98% del totale regionale, così come evidenziato anche dalla cartografia di seguito riportata (Figg. 1.1 e 1.2). I dati ufficiali sulla consistenza bufalina più aggiornati, per il quadriennio 2015-2018, dell'anagrafe zootecnica nazionale dell'IZSAM di Teramo, sono riportati nella Tabella 2.1 seguente.

Tabella 1.1. Andamento del patrimonio bufalino regionale nel periodo 1980-2010
(Fonte: Censimenti ISTAT dell'agricoltura).

	1980	1990	2000	2010
<i>Capi bufalini</i>	41.380	61.628	130.732	261.506
<i>Aziende</i>	1.283	1.098	1.298	1.409

Tabella 1.2 - Andamento degli allevamenti bufalini in regione Campania nel quadriennio 2015-2018 (Fonte: IZSAM di Teramo).

Anno	N. capi totale	N. aziende aperte	N. aziende >500 capi	N. aziende >200 capi
2015	281.364	1.649	101	528
2016	288.058	1.620	116	537
2017	297.719	1.559	121	555
2018	294.467	1.354	119	563

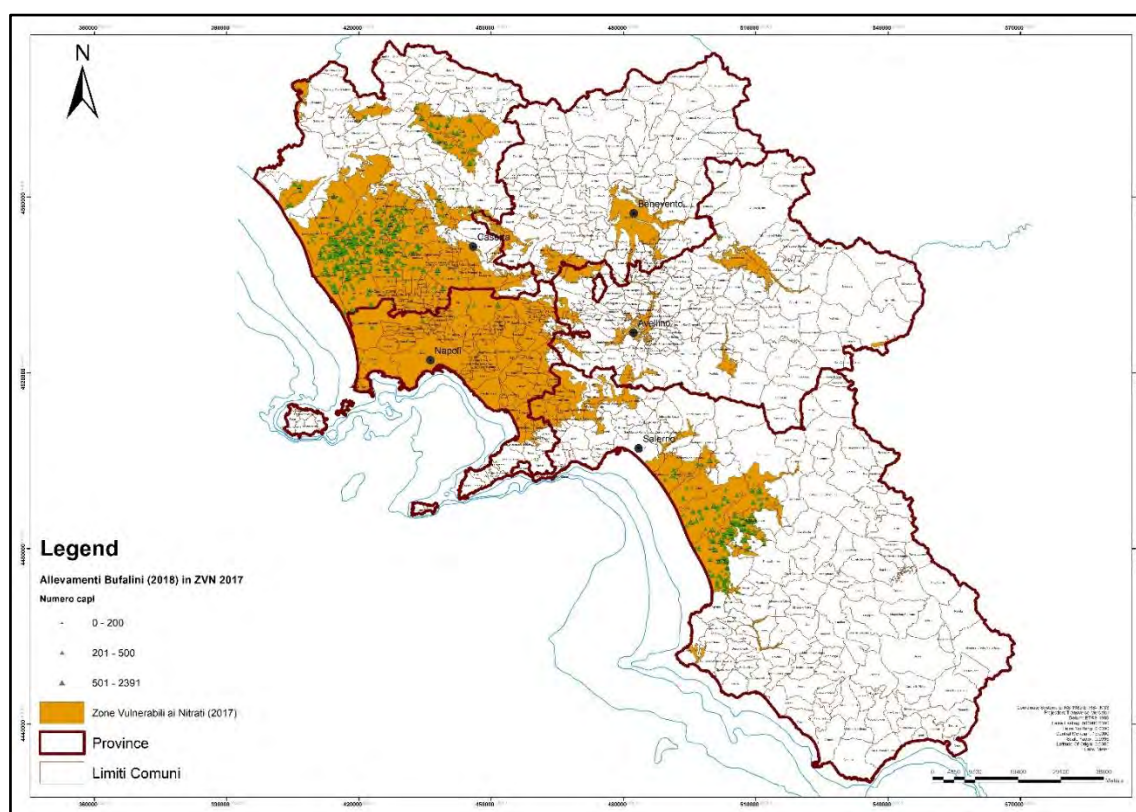


Figura 1.1 - Distribuzione Aziende Bufaline in ZVN delimitazione 2017.

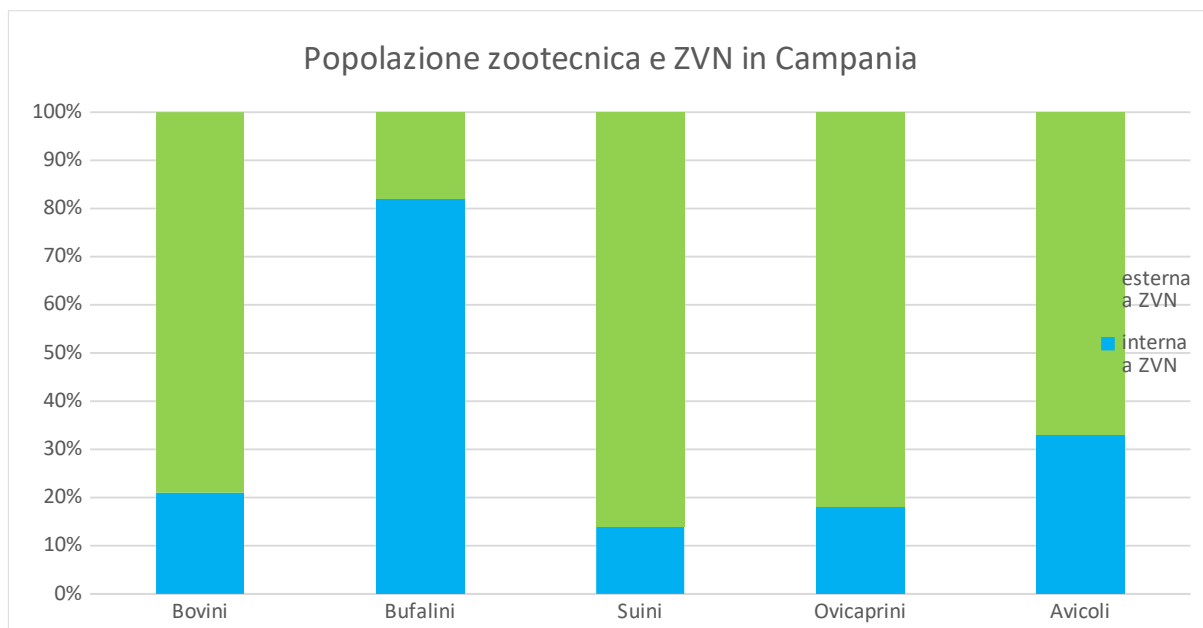


Figura 1.2 - Consistenza della popolazione zootecnica, aggiornata al 2018, ricadente all'interno delle aree ZVNOA 2017 in regione Campania.

1.3. Il mercato della mozzarella di bufala campana

Le produzioni e i fatturati della “Mozzarella di Bufala Campana” DOP sono aumentati del 20% nell'ultimo triennio, e del 5% nell'ultimo anno. Nel 2018 per la prima volta si è superata la soglia delle 50.000 tonnellate di prodotto, con un fatturato alla produzione di 411 milioni di euro, e un fatturato alla vendita di 767 milioni. La mozzarella di bufala campana è oramai stabilmente il quarto prodotto a marchio DOP in Italia, oltre che il primo nel Mezzogiorno.

La filiera della mozzarella di bufala campana DOP comprende attualmente 1.366 allevamenti certificati, dei quali 959 in Campania, per un numero complessivo di capi bufalini di circa 345.000 dei quali circa 250.000 in Campania. Il latte bufalino viene trasformato da 102 caseifici certificati, dei quali 94 in Campania. La filiera produttiva della mozzarella DOP occupa circa 15 mila addetti, dei quali il 34% sono giovani under 32, l'86 per cento ha meno di 50 anni, il 33% sono donne.

Nell'ultimo ventennio, l'aumento della capacità produttiva del settore è avvenuto in Campania grazie ad un notevole incremento della popolazione bufalina che, stando ai dati ISTAT, è sostanzialmente quadruplicata nel corso del ventennio 1990-2010, e quasi quintuplicata se si considera il periodo 1990-2010.

Come evidenziato nel recente rapporto che SVIMEZ ha curato per conto del Consorzio di tutela della Mozzarella di Bufala Campana DOP, nel triennio 2016-2018 le esportazioni hanno rappresentato circa il 32% del totale delle quantità prodotte (principalmente dirette in Germania, Francia, Regno Unito, Paesi Bassi, Spagna e Stati Uniti). Con riferimento alle due province nelle quali si concentra la produzione di mozzarelle di bufala, Caserta e Salerno, l'ISTAT, in termini di valore, riporta un dato per le vendite all'estero pari a 123 milioni di euro.

Il fatturato delle imprese rientranti nel campione considerato è risultato pari, nel 2017, a 577 milioni di euro. Esso ha generato, direttamente e indirettamente, un volume di produzione che si può stimare pari a 1.218 milioni di euro. In altre parole, per ogni euro di prodotto fatturato dal “Consorzio”, se ne creano (“attivano”, in termini tecnici) poco più di 2 nel sistema economico locale (per l'esattezza 2,1).

Come evidenziato dal rapporto avanti citato “... Il valore aggiunto creato complessivamente dalla filiera bufalina ha un’incidenza sul PIL totale delle province di Caserta e Salerno dell’1,4%. A fronte di un numero assoluto di imprese comparativamente modesto, questa percentuale indica come la filiera abbia un significativo peso e capacità di traino all’interno dei rispettivi territori. A conferma di ciò, si tenga presente che qualora il valore aggiunto complessivamente attivato dalla filiera bufalina sia rapportato a quello della sola industria manifatturiera delle due province, si ottiene un’incidenza percentuale pari al 13,4%. È questo un dato che sintetizza in maniera assai efficace la rilevanza che la filiera bufalina ha nel comparto industriale delle due province.”

Ancora, il rapporto evidenzia come “... in termini assoluti, le unità di lavoro, il sistema tramite cui in Contabilità nazionale è calcolato l’input di lavoro, complessivamente attivate dalla filiera assommano a 11.200. In percentuale rispetto all’occupazione totale delle due province si ottiene un valore pari all’1,5%, lievemente superiore rispetto a quanto visto in termini di PIL. Anche sotto questo profilo, in un’area nel suo insieme caratterizzata da significativi e persistenti problemi occupazionali, il contributo della filiera appare essere di entità sicuramente apprezzabile.”

1.4. L’area di intervento

Come visto in precedenza, la distribuzione dei capi e degli allevamenti bufalini è fortemente concentrata nelle Zone Vulnerabili ai Nitrati di Origine Agricola (ZVNOA) della Campania, così come recentemente riperimstrate con la già citata DGR n. 762 del 5.12.2017.

Le ZVNOA interessano nel complesso il territorio di 311 comuni, dei quali 85 con territorio interamente ricadente in ZVNOA, per una superficie complessiva di 316.410 ettari. In via preliminare si osserva come, nelle Zone Vulnerabili ai Nitrati di Origine Agricola (ZVNOA):

- è presente un carico zootecnico rilevante, comprendente circa il 98% degli allevamenti bufalini presenti in regione;
- risiede una popolazione di circa 2,7 milioni di abitanti, pari al 48% circa della popolazione della regione Campania;
- è presente una superficie urbanizzata di circa 46.000 ettari, pari al 40% circa della superficie urbanizzata regionale, con un grado di urbanizzazione intorno al 15% della superficie territoriale complessiva delle ZVNOA;
- le aree agricole coprono una superficie pari a 228.174 ettari (72,1% della ZVNOA), quelle forestali e semi-naturali una superficie di 14.672 ettari (4,6% della ZVNOA).

Le ZVNOA della Campania comprendono, oltre all’area più fortemente urbanizzata della Città metropolitana di Napoli, le due pianure alluvionali del Volturno e del Sele, dove si concentrano maggiormente gli allevamenti bufalini (cfr. Fig. 1.1 *supra*). In tali ambiti territoriali, le analisi condotte dal gruppo di lavoro interdisciplinare hanno consentito di individuare le aree critiche, a maggiore e maggiore densità di capi, nelle quali risulterebbe maggiormente conveniente la localizzazione degli impianti collettivi di trattamento degli effluenti. Queste aree infatti, se da un lato presentano maggior difficoltà nel reperimento di ulteriori superfici agricole idonee allo spandimento, sono in grado dall’altro di assicurare costantemente un flusso di effluenti da avviare al trattamento, come evidenziato nelle Linee guida tecnico-scientifiche, nel capitolo “Criteri per localizzazione degli impianti”. All’attualità gli impianti di biomasse presenti nelle ZVNOA della Campania sono circa 40 (Fonte: Atlante delle fonti energetiche rinnovabili – BIOGAS), per una potenza installata di circa 28 MW. Tali impianti utilizzano fonti di approvvigionamento diversificate (biomasse vegetali, biogas da discariche ecc.), e un quantitativo stimato di effluenti zootecnici provenienti da una popolazione di circa 33.000 capi bufalini, che rappresentano meno del 10% della popolazione bufalina presente nelle ZVNOA.

1.5. Il quadro normativo e programmatico

Gli obblighi di adeguamento del comparto bufalino discendono dagli indirizzi di tutela ambientale dettati dalla Direttiva comunitaria 91/676/CEE (Direttiva Nitrati), per la protezione dei corpi idrici superficiali e profondi dall'inquinamento da nitrati da fonti agricole e zootecniche, in base alla quale la Regione Campania, tenuto conto delle determinazioni analitiche del contenuto di nitrati delle acque superficiali e profonde, ha approvato, con D.G.R. n. 762 del 5.12.2017, la nuova delimitazione delle Zone Vulnerabili ai nitrati di origine agricola.

A seguito dell'approvazione della nuova delimitazione si è reso necessario intraprendere l'aggiornamento del Programma d'azione per le zone vulnerabili ai nitrati (attualmente in fase di Valutazione Ambientale Strategica) che, una volta approvato, determinerà per le aziende zootecniche l'obbligo del rispetto dei vincoli più stringenti in esso contenuti riguardanti l'utilizzazione agronomica dei reflui.

Tale procedura di aggiornamento è avvenuta anche in considerazione della lettera da parte della Commissione europea di costituzione in mora dello Stato italiano, ai sensi dell'art. 258 del TFUE, relativamente all'attuazione della Direttiva nitrati, con particolare riferimento alla mancata delimitazione delle Zone Vulnerabili ai nitrati di origine agricola e alla mancanza di prescrizioni aggiuntive nell'ambito dei Programmi d'azione per limitare il rischio di inquinamento da nitrati di origine agricola.

Agli obblighi della Direttiva Nitrati si aggiungono quelli discendenti dalla Dir. (UE)2016/2284 14 dicembre 2016 (la cosiddetta "Direttiva NEC") per quanto in particolare riguarda il contenimento delle emissioni di ammoniaca da fonti agricole e zootecniche.

La strategia nazionale di recepimento della Direttiva NEC prevede un significativo rafforzamento della capacità di trattamento degli effluenti a fini di valorizzazione energetica ed agronomica, con un obiettivo al 2030 a scala nazionale del 60% di effluenti sottoposti a trattamento anaerobico. Nella strategia nazionale è evidenziato tra l'altro il significativo ritardo delle regioni centro-meridionali, rispetto alle regioni del bacino padano, nella dotazione di impianti per il trattamento dei reflui, rispetto agli obiettivi posti dalla strategia di assicurare al 2030 una capacità di trattamento del 70%, contro il 16% del Centro-Sud.

Un impulso all'adeguamento impiantistico per il trattamento dei reflui zootecnici è venuto dal Decreto Ministeriale n. 5046 del 25 febbraio 2016, recante "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 del digestato", che prevede all'art. 41 ("Strategie di gestione integrata di effluenti zootecnici"), la possibilità per le Regioni di prevedere, in accordo alla disciplina comunitaria di aiuti alle imprese, finanziamenti nell'ambito di accordi e contratti di programma da stipulare con i soggetti interessati per l'adozione di tecniche finalizzate al ripristino di un corretto equilibrio agricoltura-ambiente, promuovendo la costituzione di consorzi ovvero di altre forme di cooperazione interaziendale con lo scopo di garantire l'obbligo di conferimento dei reflui zootecnici presso impianti di trattamento nonché per la realizzazione degli impianti stessi che garantiscano il raggiungimento dell'obiettivo della valorizzazione agronomica dell'azoto e della riduzione delle emissioni in atmosfera. La realizzazione e l'adeguamento degli impianti può avvenire con il ricorso alle misure di cui agli Accordi di Programma Quadro (APQ), sottoscritti ai sensi dell'art. 2, comma 203, della legge 23 dicembre 1996, n. 662.

1.6. La strategia del programma

L'adeguamento delle aziende ricadenti nelle ZVNOA agli obblighi previsti dal Programma di azione concerne tra l'altro:

- il reperimento di più estese superfici agricole idonee allo spandimento, per il rispetto del limite di azoto apportato con la somministrazione al suolo degli effluenti, pari a 170 kg di azoto/ha/anno, così come previsto dalla Direttiva Nitrati;
- la necessità di prevedere conseguentemente un maggior numero di trasporti dei reflui;
- l'adeguamento/potenziamento della capacità di stoccaggio degli effluenti, tenuto conto dei più rigorosi standard ambientali previsti dalla normativa nazionale anche in termini di riduzione delle emissioni di ammoniaca (Direttiva NEC);
- accresciuti costi amministrativi/gestionali per la redazione dei Piani di Utilizzo Agronomico, la gestione e aggiornamento dei registri e delle comunicazioni alle Autorità competenti.

Tale adeguamento può risultare comunque problematico in aree nelle quali non si verifica un rapporto equilibrato tra carico di bestiame e superficie agraria disponibile per l'utilizzo agronomico, con impatti negativi sulla qualità delle acque. In tali aree la realizzazione di impianti di trattamento dei reflui rappresenta la soluzione per un ripristino di un corretto equilibrio agricoltura/ambiente. Infatti, il DM 5046/2016, all'art. 41 stabilisce che le Regioni "...possono prevedere, in accordo alla disciplina comunitaria in materia di aiuti alle imprese, finanziamenti nell'ambito di accordi e contratti di programma da stipulare con i soggetti interessati per l'adozione delle tecniche finalizzate al ripristino di un corretto equilibrio agricoltura-ambiente... promuovendo la costituzione di consorzi ovvero di altre forme di cooperazione interaziendale al cui interno sono realizzati gli impianti per i trattamenti di cui all'Allegato III, parte B ("Trattamenti consortili di liquami zootecnici").

La strada delineata dall'art 41 ora citato è alla base del presente programma, che si propone lo sviluppo impiantistico del comparto bufalino regionale per il trattamento dei reflui secondo le indicazioni illustrate nelle Linee guida tecnico-scientifiche, e di quanto previsto nella parte B dell'Allegato III del D.M. 5046/2016. L'obiettivo, in linea con la Strategia nazionale per la riduzione delle emissioni di ammoniaca in atmosfera, è quello di garantire una capacità di trattamento almeno pari al 30% del flusso totale di reflui bufalini prodotti annualmente in Campania. Come specificato nel paragrafo successivo ("Gli interventi previsti"), il potenziamento impiantistico sarà conseguito attraverso il finanziamento per la realizzazione, nelle Zone vulnerabili ai nitrati della Campania (DGR 762 del 5.12.2017), di impianti di varia dimensione, localizzati in funzione degli specifici fabbisogni e criticità locali (densità di capi e aziende, disponibilità di terreni agricoli).

1.7. Gli interventi previsti

In accordo con i dati analitici precedentemente riportati, è possibile stimare l'attuale consistenza della popolazione bufalina nelle ZVN in circa **241.500 capi**.

Obiettivo del programma straordinario, al fine di riequilibrare il rapporto agricoltura/ambiente in queste aree critiche del territorio regionale, è quello di realizzazione impianti in grado di garantire il trattamento di una quota di effluenti pari almeno al **30% del volume** di reflui bufalini complessivamente prodotto nelle ZVN.

Ciò equivale a dire una capacità impiantistica in grado di trattare i reflui di una popolazione di almeno **70.000 capi**.

La quantità di effluente da trattare è quindi stimabile in un intervallo di **2.800–4.200 mc/d**, a seconda delle diverse tipologie di stabulazione (gli estremi sono calcolati ipotizzando rispettivamente una produzione di reflui pari a 40 e 60 mc al giorno per capo bufalino).

Con tale portata di refluio è possibile produrre circa **8.75 MW** di potenza installata, o equivalentemente **2.200 mc** di metano/ora. Ipotizzando un funzionamento di **8.000 ore** anno per siffatti impianti la produzione di gas totale sarebbe di **17.6 milioni di mc di metano** (che incentivati equivalgono a circa **14 milioni di euro anno**).

La strategia del programma, per raggiungere l'obiettivo di trattamento del volume di reflui sopra indicato, ipotizza due scenari:

1° SCENARIO – Impianti di media dimensione

In questo scenario si ipotizza la realizzazione di impianti in grado di trattare un flusso di reflui di **70–100 mc/giorno**; al fine di conseguire l'obiettivo programmatico sarebbero necessari circa **40 impianti**, per ciascuno dei quali il costo stimato è pari a circa **1,2 Meuro** per la parte anaerobica e tra **1-2,2 Meuro**, a seconda della scelta impiantistica, per la parte aerobica.

2° SCENARIO – Impianti di grande dimensione.

In questo scenario si ipotizza la realizzazione di impianti in grado di trattare un flusso di reflui di **500-700 mc/giorno**; al fine di conseguire l'obiettivo programmatico sarebbero quindi necessari circa **6 impianti**, per ciascuno dei quali il costo stimato è pari a circa **5 Meuro** per la parte anaerobica e **5-10 Meuro**, a seconda della scelta impiantistica, per la parte aerobica.

Lo scenario che si verrebbe a creare attraverso la piena realizzazione del presente programma consentirebbe alla Regione Campania di disporre di una capacità di trattamento dei reflui provenienti da circa 100.000 capi bufalini (i reflui di 33.000 capi bufalini già trattati dagli impianti esistenti, cui si sommerebbero quelli provenienti da 70.000 capi, da trattarsi negli impianti di nuova realizzazione). In questo modo verrebbe raggiunto un obiettivo rilevante, con una capacità di trattamento dei reflui del 38% circa del patrimonio bufalino attualmente presente nelle ZVNOA della Campania.

1.8. Il fabbisogno finanziario

Con riferimento al primo dei due scenari prefigurati nel paragrafo precedente, il costo impiantistico per la realizzazione di **40 impianti di media dimensione** è compreso tra **88 e 136 Meuro**. Il costo impiantistico totale per la realizzazione di **6 impianti di grande dimensione** (scenario 2) è stimabile invece tra **60 e 90 Meuro**.

Il presente programma potrà essere attuato con il ricorso integrato ad ambedue le strategie impiantistiche, con l'obiettivo di garantire in ogni caso una capacità di trattamento di un flusso di effluenti prodotto da 70.000 capi bufalini presenti in ZVNOA.

Il costo totale massimo dell'investimento necessario per il conseguimento degli obiettivi di potenziamento impiantistico avanti definiti e degli scenari impiantistici avanti illustrati, è quindi stimabile in circa 100 Meuro.

Tale fabbisogno finanziario potrà essere soddisfatto con le risorse rese disponibili dall'APQ previsto dal DM 5046/2016, e l'eventuale impiego di risorse regionali.

1.9. Le procedure previste

Come indicato in precedenza, gli strumenti previsti per l'attuazione del presente Programma straordinario sono quelli previsti dal DM 5046/2016, che prevede finanziamenti nell'ambito di Accordi e Contratti di programma da stipulare con i soggetti interessati promuovendo la costituzione di consorzi ovvero di altre forme di cooperazione interaziendale al cui interno sono realizzati gli impianti per i trattamenti di cui all'Allegato III parte B del suddetto DM, e delle Linee guida tecnico-scientifiche di cui al presente programma.

La realizzazione e l'adeguamento degli impianti avverrà con il ricorso alle misure di cui agli Accordi di programma Quadro (APQ) sottoscritti ai sensi dell'art. 2, comma 203 della Legge 233/11/1996, n. 662.

Con riferimento alla strategia sintetizzata nel precedente paragrafo, ai fini della valutazione dell'effettivo fabbisogno finanziario per l'attuazione del programma, la regione Campania pubblicherà un avviso per la manifestazione di interesse, con la quale i soggetti collettivi aventi le caratteristiche di cui al citato art. 42, commi 2 e 3 del DM 5046/2016, potranno candidarsi per la realizzazione di

impianti di trattamento collettivi di reflui bufalini nelle ZVNOA della Campania, conformi alle specifiche del DM 5046/2016 Allegato III parte b), e delle Linee guida tecnico-scientifiche del presente Programma.

La Regione Campania si riserva di espletare successivamente apposita procedura di selezione delle candidature pervenute.

2. Linee guida tecnico-scientifiche per la realizzazione di impianti di trattamento collettivi dei reflui bufalini nelle ZVNOA della Campania – Introduzione

Le presenti Linee guida sono state redatte da esperti provenienti dal mondo scientifico ed accademico componenti del Gruppo di lavoro interdisciplinare costituito ai sensi della DGR n. 152/2019 con DDR n. 74 del 6.05.2019 e n. 84 del 21.05.2019.

Le Linee guida costituiscono il riferimento tecnico scientifico per la realizzazione degli impianti di trattamento dei reflui bufalini finanziabili nell'ambito del *Programma straordinario per l'adeguamento impiantistico-ambientale a supporto del comparto bufalino in Campania*, e sono articolate in quattro capitoli:

- nel capitolo 3 sono illustrate in maniera dettagliata le tipologie impiantistiche per il trattamento dei reflui bufalini da ricondursi al processo di digestione anaerobica, e sono descritti i sistemi utilizzabili per la riduzione del tenore di azoto nei digestati ottenuti come sottoprodotti di tale processo; sono inoltre riportati in una tabella riepilogativa i principali parametri tecnico economici per la realizzazione e gestione dei suddetti sistemi di trattamento di riduzione dell'azoto applicabili ai digestati;
- nel capitolo 4 sono considerati i diversi aspetti inerenti il compostaggio (aziendale, interaziendale ed industriale) per la valorizzazione agronomica dei digestati risultanti dal trattamento degli effluenti: il compostaggio contribuisce infatti in maniera determinante al riequilibrio del bilancio dell'azoto sottraendolo alle aree in cui è presente un surplus di tale nutriente per destinarlo ad esempio alle aree agricole deficitarie nelle quali le pratiche agronomiche di tipo intensivo determinano una carenza di sostanza organica.
- nel capitolo 5, in considerazione del fatto che obiettivo del presente *Programma straordinario* è quello di finanziare interventi che, oltre a garantire il rispetto delle normative e delle corrette pratiche in materia di protezione ambientale, siano anche rispettose delle norme di sicurezza igienico-sanitaria, sono illustrate le principali problematiche sanitarie di cui tener conto nella gestione dei reflui degli allevamenti bufalini e nel loro trattamento, in particolare per il rischio di trasmissione della brucellosi e della tubercolosi; a tale proposito, sono definite le strategie da attuare per il contenimento e la prevenzione di tali rischi;
- nel capitolo 6 sono affrontate le analisi in scala territoriale propedeutiche alla ottimale localizzazione degli impianti sulla base di un procedimento formalizzato che tiene conto di diversi criteri che devono supportare le scelte: in particolare vengono individuate le "aree critiche", ossia di maggiore concentrazione di allevamenti e capi bufalini, che esprimono quindi un maggiore fabbisogno depurativo ma anche un più diretto approvvigionamento dei reflui.

3. Tecnologie per il trattamento dei reflui zootecnici e l'abbattimento dell'azoto¹

3.1. Cenni sui problemi associati allo smaltimento sul suolo di sostanze contenenti elevati tenori di azoto

Lo spandimento dei reflui sui terreni può dar luogo a due grossi problemi ambientali: da un lato, si ha l'emissione in atmosfera di ammoniaca a seguito della sua evaporazione dalla frazione liquida del liquame e dall'altro, a causa del normale processo di degradazione delle molecole che contengono l'azoto organico, si ha il rilascio di nitrati nell'ambiente, i quali, essendo solubili, vanno ad inquinare le falde acquifere. Secondo il ciclo naturale infatti (Fig. 3.1), l'azoto contenuto nei reflui, una volta rilasciato mediante spandimento sui terreni, viene reso disponibile grazie alla degradazione delle macromolecole organiche. Nello specifico, le proteine gli amminoacidi e l'urea si degradano, rilasciando azoto in forma ammoniacale; a questo punto, alcuni ceppi batterici aerobici sono in grado di provvedere alla loro nitrificazione, con la formazione di nitrati (NO_3^-), che possono essere o assorbiti dalle piante oppure ulteriormente mineralizzati ad azoto molecolare (N_2) per effetto dell'azione di famiglie batteriche denitrificanti. A sua volta, l'azoto molecolare rilasciato in atmosfera può essere utilizzato dai batteri azoto fissatori e produrre le proteine vegetali, che peraltro sono l'alimentazione principale degli erbivori produttori dei liquami.

Il problema ambientale sorge quando grandi quantità di azoto vengono sversate, come è prassi nel caso di allevamenti zootecnici, su superfici ristrette. Tali sversamenti portano alla formazione di una grossa concentrazione di nitrati, altamente solubili. In tali condizioni le biomasse batteriche denitrificanti non riescono a svolgere completamente la propria azione, per cui i nitrati raggiungono la falda, inquinando le acque che la compongono, con conseguenze sia ambientali (eutrofizzazione) che sanitarie (elevati livelli di nitrati nelle acque potabili sono associati al rischio di metaemoglobinemia, pericolosa soprattutto per i neonati).

¹ Capitolo a cura di F.Pirozzi, F.Pepe, L.Frunzo, S. Pindozi, S.Faugno

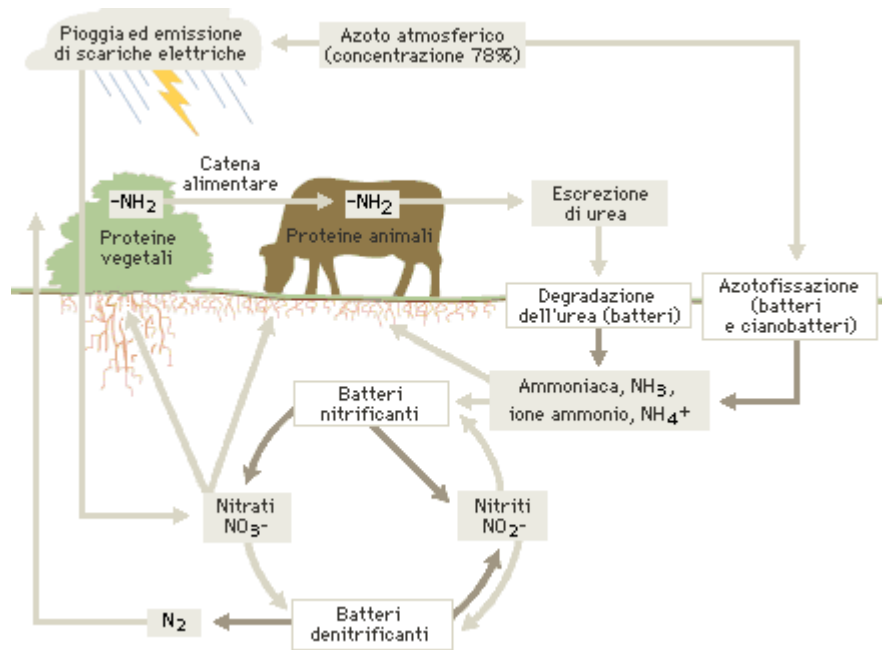


Figura 3.1. Ciclo naturale dell'azoto.

3.2. Sul trattamento degli effluenti zootecnici

È noto che i trattamenti anaerobici (in pratica: la digestione anaerobica) non contribuiscono alla riduzione del carico azotato dei liquami trattati. Se non per una piccola aliquota dovuta a sintesi batterica, l'azoto che entra nel digestore permane pressoché invariato rispetto all'uscita. Tuttavia, dall'applicazione di un processo anaerobico a tali reflui è possibile ottenere due significativi vantaggi: da un lato è infatti possibile conseguire un notevole recupero energetico, mediante la produzione di metano eventualmente commercializzabile in purezza con la denominazione di *biometano*; dall'altro si ottiene un effluente che è più facilmente trattabile ai fini della rimozione dell'azoto, sia perché si ottiene una riduzione della frazione carboniosa sia perché l'azoto si presenterebbe principalmente nella sua forma ridotta (Metcalf & Eddy, 2014). Quest'ultimo aspetto riveste un ruolo fondamentale nella scelta e nel dimensionamento del sistema di rimozione dell'azoto che si andrà ad applicare, ovvero:

- qualora si voglia applicare un sistema biologico, il dimensionamento di quest'ultimo risulterà notevolmente ridotto in quanto non saranno necessari gli stadi di rimozione della frazione carboniosa e di idrolisi delle macromolecole organiche contenenti azoto (proteine, amminoacidi, urea);
- nel caso in cui si voglia applicare un sistema chimico-fisico (strippaggio, precipitazione), l'azoto deve presentarsi nella sua forma ridotta, ovvero quella ammoniacale.

In entrambi i casi quindi, anche se la fase anaerobica non riduce direttamente i contenuti di azoto, i vantaggi che derivano dalla sua realizzazione, sia in termini di riduzione delle dimensioni degli impianti biologici che di applicabilità di altre tecnologie, sono notevoli. Inoltre pensando a un impianto di digestione anaerobica come una centrale che fornisce energia per il sostentamento di un impianto di trattamento biologico o chimico fisico a valle, il discorso assume contorni ben più rassicuranti (Bonazzi e Fabbri, 2007).

In quest'ottica un ciclo di trattamento per un refluo zootecnico non potrà prescindere da una fase anaerobica a monte, spostando così il problema, dal trattamento del refluo tal quale, al trattamento dell'effluente della fase di digestione anaerobica ovvero sul trattamento del digestato. Il digestato è il frutto di una serie molto complessa di reazioni che, seppur, come anticipato in precedenza, non determina variazioni significative del quantitativo totale di azoto inizialmente contenuto nei reflui grezzi, ne modifica sensibilmente la composizione chimica. Infatti, durante il processo biologico anaerobico le molecole contenenti azoto organico vengono demolite per produrre biogas dalla parte carboniosa, mentre il gruppo amminico viene liberato in soluzione sotto forma di azoto ammoniacale.

Le aliquote di azoto organico e di azoto ammoniacale che si ritrovano nel digestato dipendono fortemente dalle caratteristiche dell'influente, che può essere costituito da soli reflui di origine zootecnica (come è nel caso in esame), ma che potrebbe anche essere costituito da colture dedicate o da sottoprodotti agroalimentari. Nel primo caso l'azoto in arrivo alla fase di digestione è, come detto, in forma già parzialmente ammoniacale, mentre nel secondo caso l'azoto è presente in forma prevalentemente organica. Ne consegue che dalla digestione di soli effluenti zootecnici si produce un digestato con un'aliquota prevalente di azoto ammoniacale (anche fino al 70-75 % dell'azoto totale se i tempi di ritenzione nel digestore sono sufficientemente elevati). Se, invece, il digestato deriva da colture dedicate o da miscele di sottoprodotti agroalimentari, la percentuale di azoto ammoniacale al suo interno dipende soprattutto dall'efficienza del processo: ad esempio, con colture quali mais, sorgo, e triticale, la percentuale di azoto ammoniacale nel digestato può anche raggiungere il 45-55% dell'azoto totale. Quindi, in generale, i digestati ottenuti dagli effluenti zootecnici presentano una potenziale maggiore efficienza d'uso dell'azoto in essi contenuto, grazie alla mineralizzazione avvenuta ed alla conseguente maggiore disponibilità per le colture.

Nel caso specifico di digestato derivante prevalentemente da reflui bufalini con l'aggiunta di biomasse residuali agroindustriali, è possibile fare riferimento ad una concentrazione di azoto totale (Kjeldahl) dell'ordine di 2000–3000 mgN/L con una percentuale di circa il 55% di azoto ammoniacale, e la restante aliquota costituita da azoto organico (in particolare azoto ureico, amminoacidi e proteine). Per completare le caratteristiche del digestato, si possono considerare un valore del COD di 50000 mg/l ed un tenore di Solidi Totali (ST) del 4%.

3.3. Generalità sui sistemi per la riduzione del tenore di azoto nel digestato

La rimozione dell'azoto dal digestato ottenuto dal trattamento di reflui zootecnici rappresenta un problema di non semplice soluzione. Tali difficoltà sono intrinsecamente connesse alle peculiarità del refluo da trattare, che si caratterizza sia per l'elevata concentrazione di solidi totali e di altre sostanze disciolte (che inevitabilmente costituiscono degli interferenti nel corso del processo di trattamento), che per gli elevati valori di concentrazione dell'azoto che, come detto, si attestano nell'intervallo di 2000-3000 mgN-NH₄/L (con valori anche più bassi o più alti a seconda del contributo di ulteriori biomasse). Tali concentrazioni, se da un lato risultano essere di circa due ordini di grandezza superiori a quelle che si hanno nei reflui urbani, o anche produttivi, più comunemente trattati per via biologica (e.g. 10 – 100 mgN/L), dall'altro sono, all'incirca, di un ordine di grandezza inferiori rispetto a quelle che si riscontrano nei casi in cui si opta per l'applicazione di processi fisici di strippaggio (e.g. 7000-20000 mgN/L).

Nel seguito del presente paragrafo sono descritte, come detto, le principali soluzioni tecniche adottabili per la rimozione dei composti azotati dal digestato di effluenti zootecnici, valutando i relativi

vantaggi e svantaggi, analizzandone i costi e le prospettive di sviluppo. A riguardo, si segnala preliminarmente che tali sistemi possono essere distinti in due categorie principali, vale a dire quelli basati sull'applicazione di processi biologici o e quelli basati su processi chimico-fisici. Alla prima categoria appartengono tutti i sistemi che assicurano la mineralizzazione delle molecole organiche ed azotate mediante reazioni bio-catalizzate da specifiche famiglie batteriche, con il risultato finale di trasformare l'azoto ammoniacale in azoto molecolare N_2 , che torna all'atmosfera. La seconda categoria si distingue per l'utilizzo di processi chimici e/o fisici che, tipicamente, consentono la separazione dal refluo dell'azoto ammoniacale con la sua successiva concentrazione in forma solida, liquida o gassosa all'interno di altri flussi, che, a loro volta, possono essere ulteriormente trattati per recuperare i sali di ammonio e eventuali altri elementi, quale ad esempio il fosforo.

3.4. Sistemi biologici

Diverse sono le configurazioni impiantistiche idonee per l'attuazione dei processi biologici che consentono di ottenere l'azoto in forma molecolare, restituendolo all'atmosfera. Nel seguito, esse sono distinte tra configurazioni tradizionali, in quanto basate su processi biologici maggiormente consolidati ed utilizzati, e configurazioni innovative. Inoltre, tra le configurazioni tradizionali si considerano sia quelle a colture sospese che quelle a colture adese. A riguardo, si segnala che nel seguito sono descritte solo quelle per le quali si è a conoscenza di qualche applicazione per il trattamento del digestato di reflui zootecnici.

3.4.1. Sistemi biologici tradizionali

I processi biologici tradizionali, oltre che per la depurazione di reflui civili ed industriali, sono da tempo utilizzati anche per la depurazione di liquami zootecnici (ad es. Tilche *et al.*, 2001; Obaja *et al.*, 2005), in particolare se preventivamente digeriti, per cui l'azoto proteico è stato già in massima parte trasformato in forma ammoniacale per opera di batteri eterotrofi anaerobici (processo di "ammonificazione", grazie al quale viene trasformata in forma ammoniacale una buona parte dell'azoto organico disciolto e associato alle frazioni più fini). La trasformazione dell'azoto ammoniacale solubile in azoto molecolare avviene in due fasi, ad opera di due diverse tipologie di batteri:

- la prima, di ossidazione dell'ammoniaca a nitrato (nitrificazione), operata da batteri autotrofi aerobici, che avviene in ambiente ricco di ossigeno disciolto e che richiede un sistema di aerazione forzata;
- la seconda, di trasformazione dei nitrati ad azoto molecolare (denitrificazione), operata da batteri eterotrofi facoltativi, che avviene in assenza di ossigeno disciolto, ma che necessita di una adeguata disponibilità di sostanze organiche ai microrganismi.

Le due fasi possono avvenire in vasche diverse, con opportuni ricircoli, oppure nella stessa vasca, operando con aerazione intermittente. Un indubbio vantaggio dell'applicazione del processo di nitrificazione- denitrificazione consiste nel riuscire a trattare tutta la frazione azotata presente nel refluo, e non solo quella ammoniacale, come invece avviene per i processi di strippaggio.

3.4.2. Sistema a fanghi attivi con ciclo nitro-denitro

I sistemi che sfruttano l'azione di colonie batteriche di densità maggiore dell'acqua (fiocchi), mantenuti in sospensione all'interno di vasche mediante agitazione meccanica e/o insufflazione d'aria, sono denominati a biomassa sospesa o a fanghi attivi. I fiocchi vengono poi separati per sedimentazione a gravità. In questo modo si ottengono due scopi: trattenere nel sistema la biomassa attiva, che viene ricircolata nelle vasche biologiche; produrre un refluo finale chiarificato, cioè povero di

sostanze in sospensione. Il sistema viene mantenuto allo stato stazionario estraendo fanghi (detti di supero) in modo da assicurare la pressoché costante concentrazione di solidi totali nei reattori biologici.

Nel caso di influente rappresentato da digestato ben digerito, il sistema a fanghi attivi viene configurato secondo il ciclo cosiddetto di pre-denitrificazione costituito, in successione, dalle fasi di denitrificazione, nitrificazione e sedimentazione, in presenza sia di un ricircolo in denitrificazione operato a partire dalla sedimentazione, che di un ricircolo in denitrificazione a partire dalla nitrificazione (cfr. Fig. 3.2). E' peraltro da rilevare che, nel caso in cui l'influente sia caratterizzato da scarse concentrazioni di carbonio organico biodegradabile, in quanto precedentemente convertito a biogas nella fase di digestione, l'adozione del ciclo in esame potrebbe richiedere il dosaggio di composti organici biodegradabili (quali, ad esempio, etanolo, metanolo, melasse o acido acetico).

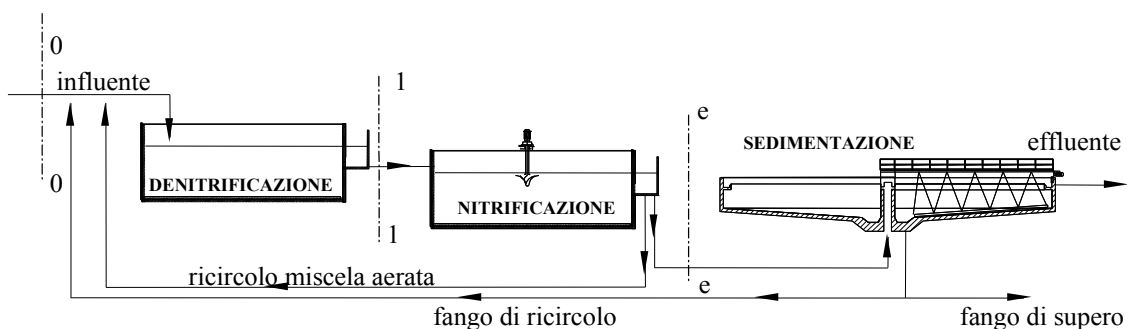


Figura 3.2. Ciclo di pre-denitrificazione.

3.4.3. Sistema a fanghi attivi SBR

I sistemi a fanghi attivi cosiddetti SBR (*Sequencing Batch Reactors*) prevedono gli stessi processi del sistema descritto nel paragrafo precedente, che però sono condotti all'interno della stessa unità, secondo una successione che da spaziale si trasforma in temporale, seguendo un andamento ciclico. In particolare, all'interno della vasca, al variare del tempo si susseguono ciclicamente le fasi di: carico; miscelazione; reazione aerobica; reazione anossica; sedimentazione; scarico (cfr. Fig. 3.3). I vantaggi di questa soluzione sono la compattezza, la semplicità impiantistica (tutte le fasi sono infatti condotte nella stessa vasca, e non serve né un sedimentatore né un circuito di riciclo fanghi) e la flessibilità, dal momento che è possibile adattare alle specifiche esigenze sia i tempi e le modalità di reazione che i tempi di alimentazione e scarico. D'altro canto, va però considerato che si rende necessaria l'installazione di sistemi di monitoraggio e controllo più sofisticati, ed inoltre la manutenzione delle apparecchiature elettro-meccaniche deve necessariamente essere più frequente; inoltre, in assenza di una vasca di accumulo, può presentarsi la necessità di dover realizzare più unità operanti in parallelo.



Figura 3.3. Rappresentazione schematica delle fasi di un processo SBR.

3.4.4. Sistema a fanghi attivi MBR

I sistemi a fanghi attivi SBR (basati cioè su bioreattori a membrana) si distinguono da quelli convenzionali in quanto la separazione dei fiocchi dalla corrente idrica in trattamento (separazione solido/liquido) è attuata grazie ad una membrana microfiltrante, con diametro nominale dei pori compreso tra 50 e 400 nm, che può essere esterna o sommersa (cfr. Fig. 3.4). Il vantaggio principale di tali sistemi è rappresentato dalla possibilità di mantenere concentrazioni di solidi sospesi totali (SST) in vasca maggiori rispetto ai sistemi precedenti (fino a 10000 mg/l di SST contro i 3000-5000 mg/l dei sistemi convenzionali e 7000-8000 mg/l degli SBR), con la conseguente drastica riduzione delle volumetrie da assegnare alle vasche ove si compiono le reazioni biologiche. Ulteriori vantaggi sono connessi all'assenza della fase di sedimentazione e alla possibilità di ottenere effluenti depurati con caratteristiche di qualità decisamente migliori rispetto a quelle che è possibile ottenere con i sistemi precedenti.

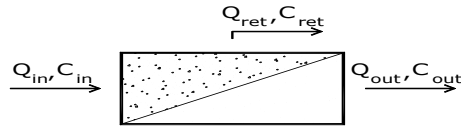


Figura 3.4. Principio di funzionamento di una membrana.

D'altra parte i sistemi MBR sono più onerosi a causa degli elevati costi delle membrane, a causa dei consumi energetici necessari per ottenere il passaggio dell'acqua depurata attraverso le membrane (va però osservato che la regolazione dell'aerazione sulla base dell'effettivo fabbisogno, insieme all'adozione di sistemi di aerazione ad alto rendimento consentono significativi risparmi), nonché a causa dei costi connessi all'uso dei reagenti chimici utilizzati per il lavaggio delle membrane e di quelli associati alla maggiore complessità di manutenzione e controllo di tali sistemi rispetto a quelli convenzionali. I sistemi MBR hanno trovato applicazione in alcuni allevamenti ubicati in aree dove la morfologia e le caratteristiche del luogo non consentono lo spandimento, fornendo ottimi risultati di abbattimento dell'azoto (Rozzi & Malpei, 2003, www.stabulum.it). La membrana può essere sia immersa nel reattore biologico (Fig. 3.5) che disposta esternamente ad esso (Fig. 3.6).

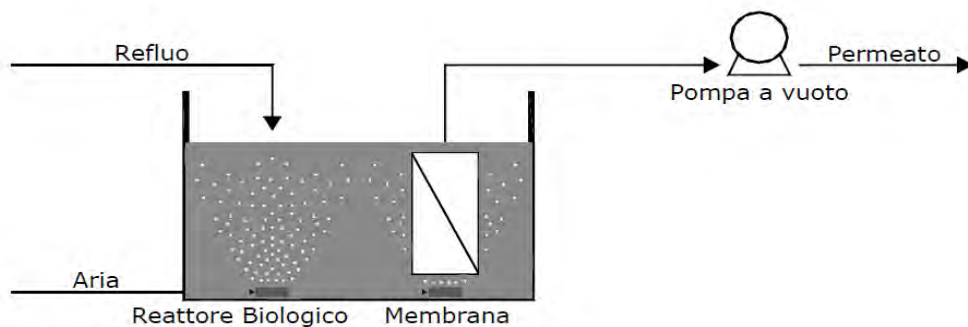


Figure 3.5. Schema di un sistema MBR con membrana sommersa.

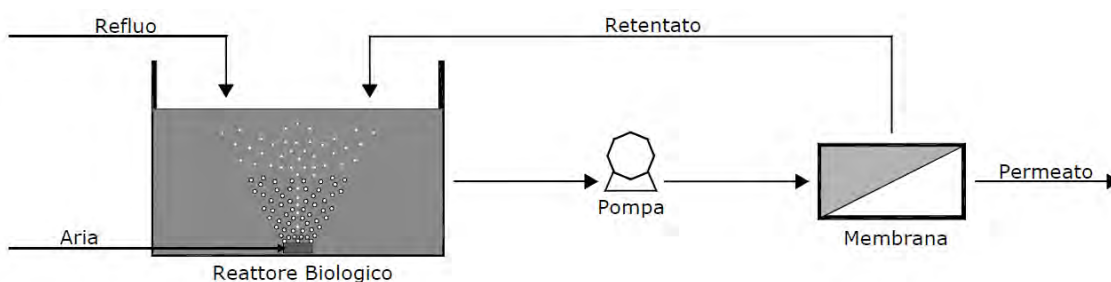


Figure 3.6. Schema di un sistema MBR con membrana esterna.

3.4.5. Considerazioni generali sui sistemi a fanghi attivi

Con i sistemi a fanghi attivi l'efficienza di rimozione massima conseguibile per i composti dell'azoto varia tra l'80 e il 90%, in funzione del contenuto di carbonio organico nel digestato, della temperatura (a 10°C la velocità di nitrificazione è meno della metà di quella a 20°C) e della concentrazione di ossigeno disciolto (da mantenere sempre superiore a 1 mg/l). Elevata può essere anche l'efficienza di separazione dell'azoto associato al materiale particolato in sospensione, in funzione della resa del sistema di separazione solido/liquido adottato. L'azoto così separato tuttavia viene concentrato nel fango di supero e quindi non gassificato, e può essere conteggiato nella rimozione complessiva solo se il fango di supero viene ceduto a terzi e smaltito al di fuori dei confini aziendali. Tutti i sistemi sono sensibili a repentine variazioni di qualità/quantità del refluo alimentato, che vanno opportunamente gestite, prevedendo, se necessario, vasche di accumulo ed equalizzazione a monte. Va anche sottolineata la possibilità che il refluo contenga sostanze biocide (quali medicinali, disinfettanti e anche residui di pesticidi), nei confronti dei quali i sistemi sono non pienamente efficaci.

3.4.6. Sistemi a colture adese: biodischi

I rotori biologici rotanti (anche detti *biodischi*) sono tra i sistemi a colture adese più spesso utilizzati (cfr. Fig. 3.7). Essi assicurano la possibilità di ottenere la nitrificazione dell'azoto, mentre non sono adeguati per la denitrificazione. Tali sistemi sono costituiti da una vasca semicilindrica orizzontale, all'interno della quale un albero centrale sostiene una serie di dischi sui quali si sviluppa la pellicola biologica. L'albero è posto in lenta rotazione, cosicché le aliquote della superficie dei dischi immerse

nel liquame o esposte all'atmosfera vanno continuamente variando, in modo da garantire l'ossigenazione e il nutrimento necessari per la sopravvivenza dei microrganismi.

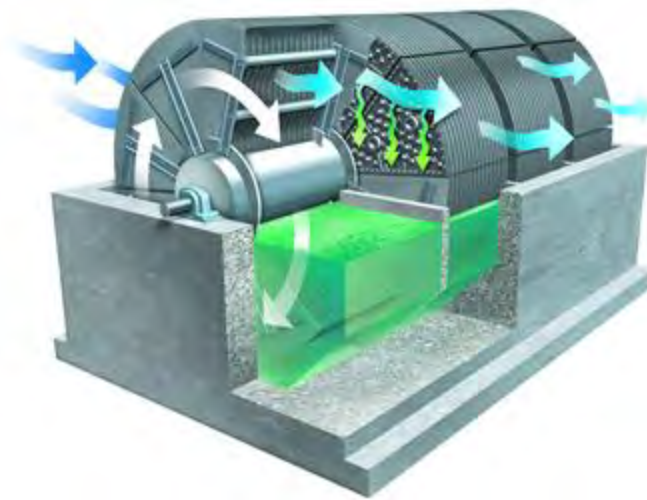


Figura 3.7. Schema funzionale di una vasca con biodisco.

Quando lo strato di pellicola biologica assume valori eccessivamente elevati, insorgono processi fermentativi che provocano il suo distacco. Questo sistema non consente di avere una buona flessibilità alle variazioni di carico. Infatti, affinché i dischi possano funzionare, il carico inquinante applicato deve essere entro la capacità di trasferimento dell'ossigeno del sistema biodischi, o meglio, la domanda di ossigeno dovuta al carico di COD, di BOD₅ e/o di ammoniaca non deve superare la sua capacità di trasferimento, per evitare che le rese di abbattimento crollino sensibilmente. Nonostante i bassi costi gestionali, dovuti principalmente all'assenza di sistemi di insufflazione dell'aria, i biodischi hanno visto una scarsa applicazione; ciò è probabilmente ascrivibile all'elevato costo impiantistico dovuto alla presenza di costosi brevetti tecnologici.

3.4.7. Sistemi a colture adese a letto mobile: MBBR

I reattori biologici a letto mobile (MBBR - *Moving Bed BioReactors*) rientrano tra i processi di depurazione biologica a colture adese, basati su colonie di microrganismi che crescono in colonie aderenti a supporti inerti, formando la cosiddetta pellicola biologica (Fig. 3.8). La tecnologia MBBR è stata introdotta in Norvegia alla fine degli anni '80 del XX secolo dalla Società Kaldnes Miljiteknologi (KMT), che l'ha sviluppata in collaborazione con l'istituto norvegese di ricerca SINTEF (Ødegaard et al., 1994; Ødegaard et al., 1999; Rodgers & Zhan, 2003) con l'obiettivo di combinare i vantaggi dei sistemi a fanghi attivi con quelli delle colture adese, eliminando gli svantaggi di entrambi (Ødegaard, 2006).

Gli MBBR sono reattori biologici riempiti con materiali plastici, la cui superficie viene colonizzata da microrganismi che formano una pellicola biologica deputata allo svolgimento dei processi di degradazione dei substrati contenuti nelle acque reflue influenti. A differenza degli altri sistemi a colture adese, gli MBBR utilizzano l'intero volume del reattore biologico con gli elementi plastici di supporto mantenuti in continuo movimento, in una configurazione simile a quella degli impianti a fanghi attivi. Tuttavia, diversamente dai sistemi a fanghi attivi, non è necessario alcun ricircolo dei fanghi,

poiché gli aggregati microbici non sono sospesi nella massa liquida ma adesi agli elementi di supporto, che sono mantenuti all'interno del reattore da griglie o stacci appositamente predisposti, attraverso i quali avviene l'uscita del refluo trattato. Per assicurare il mescolamento degli elementi di supporto nel reattore, gli stessi devono occupare un volume non superiore al 70% del volume complessivo della vasca. In tali reattori, l'insufflazione di aria ne garantisce anche la completa miscelazione e, quindi, il movimento e il mantenimento in sospensione dei materiali plastici, mentre nel caso dei reattori anossici e anaerobici sono necessari dei miscelatori sommersi.

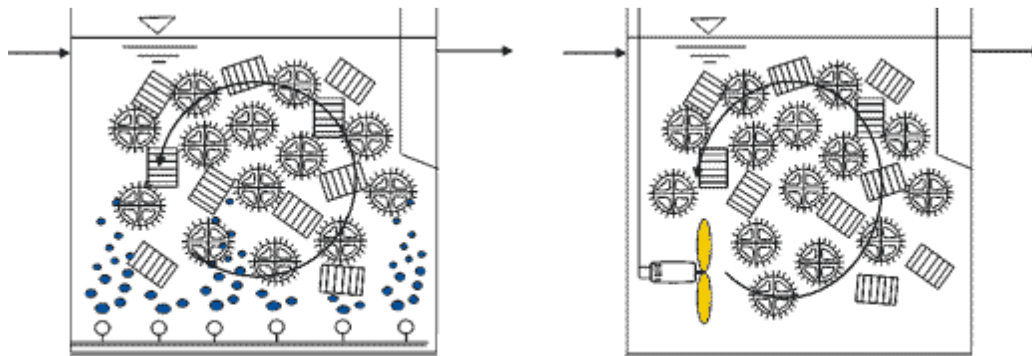


Figura 3.8. Schema di funzionamento dei reattori MBBR aerobici (a sinistra) e anossici o anaerobici (a destra).

L'ispessimento della pellicola favorisce il distacco parziale della stessa dai supporti a causa delle forze di taglio esercitate dal flusso idrico, degli urti tra gli elementi plastici sui quali la pellicola è adesa e della ridotta penetrazione dei substrati negli strati di pellicola più prossimi al supporto. Le parti di pellicola che si distaccano dai materiali di supporto sono trascinate dalla corrente idrica effluente attraverso la griglia di uscita e sono separate dalla fase liquida nel comparto di sedimentazione posto a valle del processo biologico (Figura 5.8). Il fango sedimentato è, quindi, inviato alla linea fanghi dell'impianto di depurazione. I principali vantaggi dei sistemi MBBR rispetto ai tradizionali sistemi a fanghi attivi sono quelli tipici dei sistemi innovativi a colture adese, vale a dire maggiore efficienza depurativa, ridotti ingombri volumetrici e superficiali, assenza della corrente di ricircolo del fango e maggiore elasticità nei confronti dei sovraccarichi inquinanti.

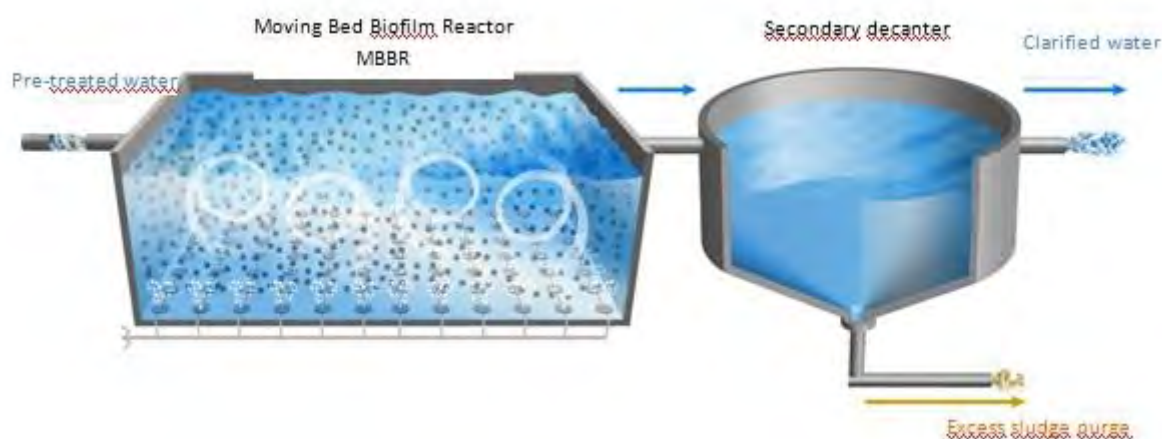


Figura 3.9. Schema di funzionamento di sistema costituito da un reattore MBBR e un sedimentatore.

3.5. Sistemi biologici innovativi

In aggiunta ai sistemi citati in precedenza, negli ultimi tempi ne sono stati proposti molti altri che, sebbene ancora poco applicati, e quindi poco noti, in particolare per il trattamento del digestato, sembrano avere buone prospettive applicative, una volta che saranno state superate le difficoltà legate alla delicatezza dei processi biologici su cui si fondano. Nel seguito si fa cenno a due di questi sistemi, mettendone in evidenza solo gli aspetti essenziali, dal momento che non sono ancora definiti al punto da renderli proponibili per le applicazioni di interesse nell'ambito della convenzione in esame.

3.5.1. Nitrosazione parziale seguita da de-nitrosazione

La possibilità di operare su reflui caldi, in quanto derivanti da processi di digestione mesofila (35°C) o termofila (55°C), rende potenzialmente interessante l'applicazione del processo di nitrificazione arrestata a nitrito (detta anche nitrosazione), condotta da parte di batteri autotrofi ammonio-ossidanti (AOB), operanti in condizioni di processo inadatte alla crescita dei batteri ossidanti di nitriti (NOB). I due vantaggi principali di questo sistema, se confrontato con quello a fanghi attivi convenzionale, sono costituiti dal risparmio nel rifornimento di ossigeno, dell'ordine al 25%, e dal risparmio di carbonio organico necessario per la denitrificazione, fino al 40%. Lo svantaggio principale consiste nella difficoltà nel mantenere condizioni operative idonee ad evitare lo sviluppo degli NOB, che rende necessaria l'attuazione di delicate strategie di controllo sia dei tempi di residenza che dei fattori ambientali (quali pH, ossigeno disciolto e temperatura), per cui risulta, allo stato, un processo obiettivamente poco proponibile per le applicazioni del tipo di quelle in esame. Tuttavia, si è preferito descriverlo brevemente per introdurre più semplicemente il sistema successivo, detto di Nitrosazione parziale seguita da ossidazione anaerobica dell'azoto (Anammox).

3.5.2. Nitrosazione parziale seguita da ossidazione anaerobica dell'azoto (*Anammox*)

Con questa configurazione l'obiettivo è quello di sfruttare l'azione di specifici microrganismi in grado di trasformare l'azoto dalla forma ammoniacale alla forma molecolare gassosa (N₂), rilasciata in atmosfera. Si tratta quindi di un trattamento adatto a situazioni in cui i reflui, precedentemente sottoposti a digestione anaerobica seguita da una efficace fase di separazione solido/liquido, sono

caratterizzati da concentrazione di N generalmente superiore a qualche migliaio di mg/l e da bassi rapporti di COD/N, per i quali i costi specifici di dosaggio di una fonte esterna di carbonio associati ai processi biologici convenzionali di nitrificazione/denitrificazione sarebbero molto rilevanti.

In pratica si tratta di un processo che prevede una fase di nitrosazione parziale, che comporta l'ossidazione di circa metà dell'azoto ammoniacale a nitrito, seguita dal processo cosiddetto *Anammox* (*ANoxic AMMonium OXidation*), con il quale l'ammonio viene ossidato anaerobicamente con contestuale riduzione del nitrito: in tal modo, l'azoto disciolto è trasformato in azoto molecolare. Rispetto al processo convenzionale di nitrificazione/denitrificazione, il processo combinato nitrosazione/*Anammox* consente di azzerare la richiesta di carbonio esterno, ridurre il fabbisogno di ossigeno del 60% e contenere la produzione di fanghi a meno di un decimo. Ne consegue una significativa riduzione dei costi di gestione, che, per grandi installazioni, può risultare anche dell'ordine di 1,5 volte rispetto a quelli che competono al sistema convenzionale a fanghi attivi (Fux, 2002). Approfondendo un po' la descrizione, va ribadito che per ottenere una nitrosazione stabile è necessario impedire lo sviluppo dei batteri nitrito-ossidanti attuando opportune strategie gestionali. Nel caso in esame il raggiungimento di tale risultato è ancora più complesso, in quanto la nitrosazione deve essere solo parziale (dell'ordine del 50%), in modo da produrre una miscela di ammonio/nitrito ottimale per il successivo processo *Anammox*. A sua volta, quest'ultimo sfrutta il metabolismo di batteri autotrofi anaerobi, scoperti negli '90 del secolo scorso, in grado di ossidare l'azoto ammoniacale riducendo l'azoto nitroso e producendo azoto gassoso e acqua. Si tratta di microrganismi a lenta crescita con tempi di duplicazione dell'ordine di 10-14 giorni a 37°C (e quindi di un ordine di grandezza maggiori di quelli che competono ai già lenti batteri nitrificanti), la cui azione può inoltre essere inibita sia dalla presenza di ossigeno (sebbene in modo reversibile), che dalla presenza, in concentrazioni anche relativamente basse, del loro stesso substrato, vale a dire di nitriti.

Il processo può essere implementato con diverse configurazioni reattoristiche, le più comuni delle quali sono lo Sharon (senza ricircolo di solidi, per cui il tempo di residenza idraulico coincide con il tempo di residenza dei solidi) e i reattori a sequenza di fase (Fux *et al.*, 2004). In realtà, l'applicabilità della nitrosazione parziale agli effluenti zootecnici e alla frazione liquida dei digestati è ancora alla fase di verifica di fattibilità alla scala di laboratorio (Vanotti *et al.* 2006; Yamamoto *et al.* 2008; Yamamoto *et al.* 2010), mentre esistono già impianti a piena scala operanti su reflui di digestori di fanghi di depurazione o provenienti da trattamenti industriali specifici (Van Dongen, 2010). I lunghi tempi di crescita e la accertata sensibilità dell'ossigeno disciolto, all'azoto nitroso e anche al fosfato rendono delicato sia l'avviamento che la conduzione stabile del processo, che richiedono un attento e puntuale monitoraggio dei parametri di processo (pH, Temperatura, potenziale redox, concentrazione dei composti dell'azoto e del fosforo). Non sono ancora da considerarsi trattamenti consolidati, in particolare per il digestato da reflui agro-zootecnici, ma esistono esperienze di ricerca in Italia sul tema (Caffaz *et al.*, 2008; Scaglione *et al.*, 2010).

3.6. Sistemi chimico-fisici

Tutti i processi chimico fisici hanno la caratteristica di separare e concentrare l'azoto ammoniacale presente nel refluo in una frazione separata, in forma solida o liquida. Nel caso di trattamento del digestato, per i processi chimico-fisici che richiedono energia termica (strippaggio, essiccamento ed evaporazione) è possibile ricorrere al calore residuo della cogenerazione, valorizzandolo laddove non possa essere impiegato altrimenti. Solitamente, si può utilizzare il calore dei fumi dei motori a biogas. La frazione salina concentrata deve comunque essere conferita all'esterno dell'azienda e smaltita o eventualmente recuperata e venduta sul mercato sotto forma di sali di ammonio o di

ammendanti organo-minerali, se di qualità idonea e rispondente alle specifiche o normative in vigore. I trattamenti chimico-fisici di evaporazione ed essiccamento consentono inoltre di

- ridurre il volume del digestato e dello stoccaggio necessario;
- produrre un solido essiccato con notevoli qualità ammendanti, ricco di fosforo, potassio e della quota a più lento rilascio di azoto;
- diminuire le emissioni ammoniacali della gestione del digestato (stoccaggio e distribuzione agronomica);
- ridurre le emissioni di metano residuo dallo stoccaggio del digestato.

3.6.1. Strippaggio dell'ammoniaca

La tecnica dello strippaggio (o desorbimento) prevede, in primo luogo, il passaggio di fase dell'ammoniaca dalla fase liquida, in cui è disciolta, alla fase gassosa costituita da un flusso di aria o di vapore (Fig. 3.10). Successivamente, il flusso gassoso deve essere trattato con una soluzione acida, per convertire l'ammoniaca in sale di ammonio concentrato. Lo strippaggio dell'ammoniaca in combinazione con la cattura in soluzione acida è considerata una buona tecnica per il trattamento di diversi tipi di effluenti, quali, ad esempio, la frazione liquida dei fanghi disidratati, i percolati di discarica e diversi reflui agroindustriali. In tutti questi casi, tuttavia, per ragioni di praticità e di economia sotto il profilo energetico, il processo è condotto con flusso d'aria, a temperatura ambiente e $\text{pH} > 10$.

Nel caso di digestato ottenuto a partire da reflui zootecnici, risulta più opportuna l'applicazione dello strippaggio a caldo, effettuato utilizzando vapore d'acqua, prodotto grazie alla disponibilità dell'energia termica ottenuta dal cogeneratore alimentato a biogas. Infatti, la quantità di azoto ammoniacale che può essere strippato dal liquame dipende da due equilibri termodinamici: l'equilibrio di dissociazione dello ione ammonio in soluzione acquosa e l'equilibrio di transizione di fase acqua/aria dell'ammoniaca. Relativamente al primo equilibrio, più alti sono il pH e la temperatura, maggiore è la frazione di ammoniaca libera disciolta nel liquido; il secondo equilibrio è invece governato dalla Legge di Henry, secondo la quale la concentrazione a saturazione di un gas in un liquido è proporzionale alla pressione parziale del gas, con un andamento della solubilità decrescente con la temperatura. L'elevata temperatura del digestato favorisce quindi il desorbimento dell'ammoniaca, ed inoltre consente anche di limitare il dosaggio di alcali (calce o soda caustica). Infatti il desorbimento condotto a temperatura ambiente è efficace solo con pH dell'ordine di 10, valore che, in virtù dell'elevato potere tampone del refluo, può essere raggiunto solo additivando massicce dosi di composti alcalini. Viceversa, operando invece a temperature comprese tra i 50°C e gli 80°C si possono ottenere buoni rendimenti con pH decisamente inferiori: a 80°C, è addirittura possibile operare con il pH proprio del digestato, solitamente intorno a 8.



Figura 3.10. Colonna di stripping con annesso scrubber chimico.

Ulteriori fattori che influenzano il rendimento dello stripping sono il tempo di permanenza nel reattore e il rapporto aria/liquame, che è opportuno che siano sufficientemente elevati. Infine, l'efficienza di stripping dell'ammoniaca è inversamente proporzionale al tenore di sostanza secca della corrente idrica influente nell'impianto. La sostanza solida sospesa, oltre che creare rischi di intasamento, può, infatti, adsorbire e legare nella sua matrice l'azoto ammoniacale, riducendo l'efficienza.

3.6.2. Precipitazione chimica dell'ammoniaca

I processi di precipitazione chimica per la rimozione dell'ammonio dai reflui si basano fondamentalmente sulla precipitazione dello ione ammonio in forma di fosfato di ammonio e magnesio esaidrato ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), noto anche come *struvite*; la struvite può essere considerata come un fertilizzante a lento rilascio, anche se attualmente non è ancora iscritta nel registro europeo dei fertilizzanti. La reazione di precipitazione di questo composto è ben nota in chimica analitica, dove viene sfruttata per rivelare la presenza dello ione magnesio; la formazione di struvite è inoltre alla base di alcuni processi di recupero del fosforo dalle acque reflue. Tuttavia, la rimozione del contenuto di azoto ammoniacale da digestati anaerobici mediante precipitazione di struvite non è mai stata sperimentata alla scala reale, ma solo in alcuni progetti di ricerca, che hanno anche portato alla realizzazione di qualche brevetto industriale.

Il processo consiste fondamentalmente nell'aggiunta di ioni magnesio e fosfato in opportune concentrazioni rispetto allo ione ammonio già presente nel liquame, portando alla precipitazione di

quest'ultimo sotto forma di struvite. Mediante tale processo sembrerebbe potenzialmente possibile ottenere un'efficienza di abbattimento dello ione ammonio di circa l'80%. Grossi dubbi rimangono in merito nell'applicazione di tale processo al digestato, in quanto la presenza di solidi sospesi e materiale colloidale può fortemente interferire con la precipitazione del sale di struvite andando se non ad inficiare la corretta riuscita del processo quantomeno ad influire fortemente sulle rese di processo.

3.7. Tabelle e figure riepilogative dei processi esaminati, con stime dei costi di impianto e di gestione

Si riportano alcune informazioni sintetiche, incluse le stime dei costi di impianto e di esercizio, per le principali tipologie impiantistiche esaminate nella presente sezione.

TABELLA COMPARATIVA DEI PRINCIPALI SISTEMI DI TRATTAMENTO APPLICABILI AL DIGESTATO

Sistema di trattamento	Costo impiantistico ^a	Costo gestionale ^b	Stadio di maturazione tecnologica	Grado di complessità gestionale	Vita utile dell'impianto	Superficie necessaria	Note
Sistema a fanghi attivi	<i>Elevato</i> (~9 k€*d/mc)	<i>Molto Elevato</i> (~4.5 k€*d/mc*y)	Consolidato	Elevato	10-15 Anni	~2000 m ²	Elevata complessità gestionale; Problematiche legate allo smaltimento dei fanghi; Rendimenti fino al 95%
SBR	<i>Elevato</i> 6.7 Keuro*d/mc	<i>Molto Elevato</i> 4 Keuro*d/mc*y	Consolidato	Elevato	10-15 Anni	~1250 m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Elevata complessità gestionale - Problematiche legate allo smaltimento dei fanghi - Rendimenti fino al 95%
Sistema MBR	<i>Molto elevato</i> 9.5 Keuro*d/mc	<i>Elevato</i> 3.2 Keuro*d/mc*y	Consolidato	Molto Elevato	10-15 Anni	~2000 m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Riduzione dei volumi rispetto al sistema a fanghi attivi convenzionale. - Elevata complessità gestionale legata soprattutto alla pulizia delle membrane. - Seppur la vita utile è di 10-15 anni occorre considerare che le membrane vanno sostituite ogni 5.

								<ul style="list-style-type: none"> - Rendimenti fino al 95%
Biodischi rotanti	<i>Molto Elevati</i> 20 Keuro*d/mc	<i>Basso</i> 0.5 Keuro*d/mc*y	Non dato	consoli-	Basso	6-8 Anni	~800 m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Elevatissimi costi impiantistici. - La vita utile è molto breve. - Rendimenti fino al 95%
Sistemi MBBR	<i>Elevato</i> 8.5 Keuro*d/mc	<i>Molto Elevato</i> 6 Keuro*d/mc*y	Consolidato		Modesto	10-15 Anni	~800 m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Molto simile al sistema a fanghi attivi seppur con una minore complessità gestionale - Rendimenti fino al 95%
Strippaggio	<i>Medio-Basso</i> 4.5 Keuro*d/mc	<i>Medio</i> 0.5 Keuro*d/mc*y	Consolidato		Elevato	10 Anni	~400 m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Problematiche connesse al trattamento dei fumi e alle efficienze termiche del sistema - Vantaggi nella riduzione della quantità da smaltire. - Rendimenti massimi di rimozione del 50-60% - Rendimenti fino al 95%
Precipitazione Struvite	<i>Basso</i> 5 Keuro*d/mc	<i>Medio-Elevato</i> 1 Keuro*d/mc*y	Non dato	Consoli-	Elevato	15-20 Anni	~800 m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Problematiche nell'applicazione del processo ai digestati - Problemi nell'utilizzo finale della struvite

							<ul style="list-style-type: none"> - Possibilità di utilizzo su unità mobili. - Rendimenti fino al 95%
Fitodepurazione	<i>NV</i> - Non Valutabile, dipende dal costo del terreno -	<i>NV</i> - Non Valutabile, dipende dal mancato reddito del terreno	Consolidato	Basso	15-20 Anni	~400'000 m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Richiesta di elevate superfici. - Il costo gestionale seppur basso dovrebbe tenere conto del mancato reddito della superficie destinata all'impianto, e quindi privata alle coltivazioni. - Rendimenti fino al 95%

^a Costo valutato come k€ per metro cubo di refluo prodotto giornalmente da un'azienda di 600 UBA (produzione totale di reflui stimata pari a 45mc/giorno.)

^b Costo valutato come k€ per metro cubo di refluo prodotto giornalmente da un'azienda di 600 UBA (produzione totale di reflui stimata pari a 45mc/giorno) in un anno.

Esempio:

Azienda con produzione giornaliera di liquame pari a 60 mc/d.

Costo impianto con sistema a fanghi attivi

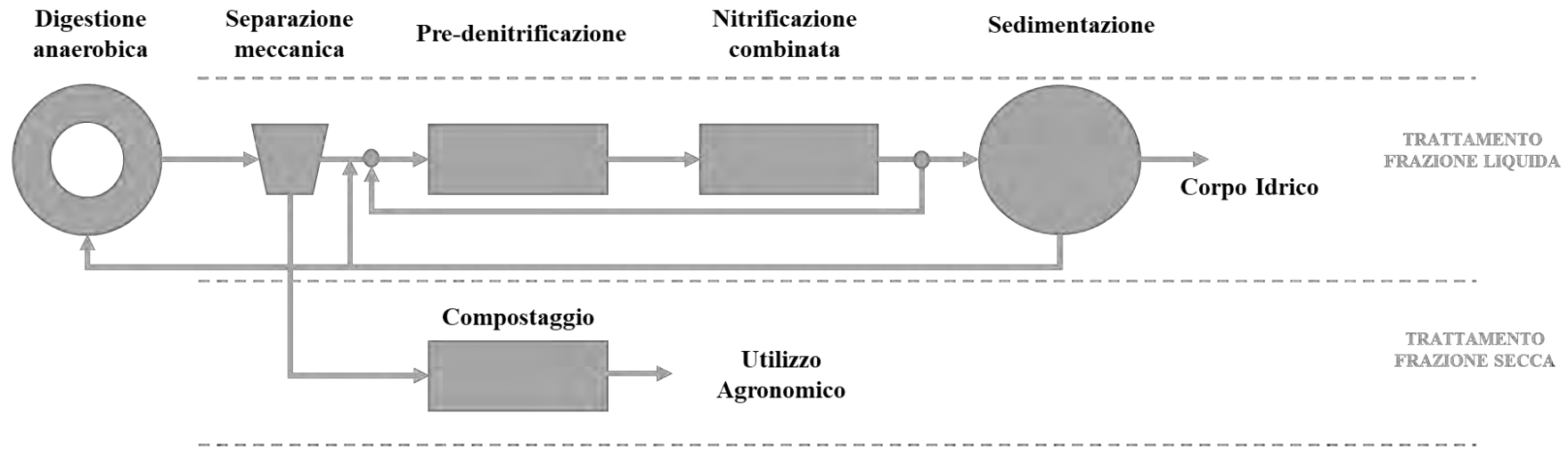
Costo impiantistico

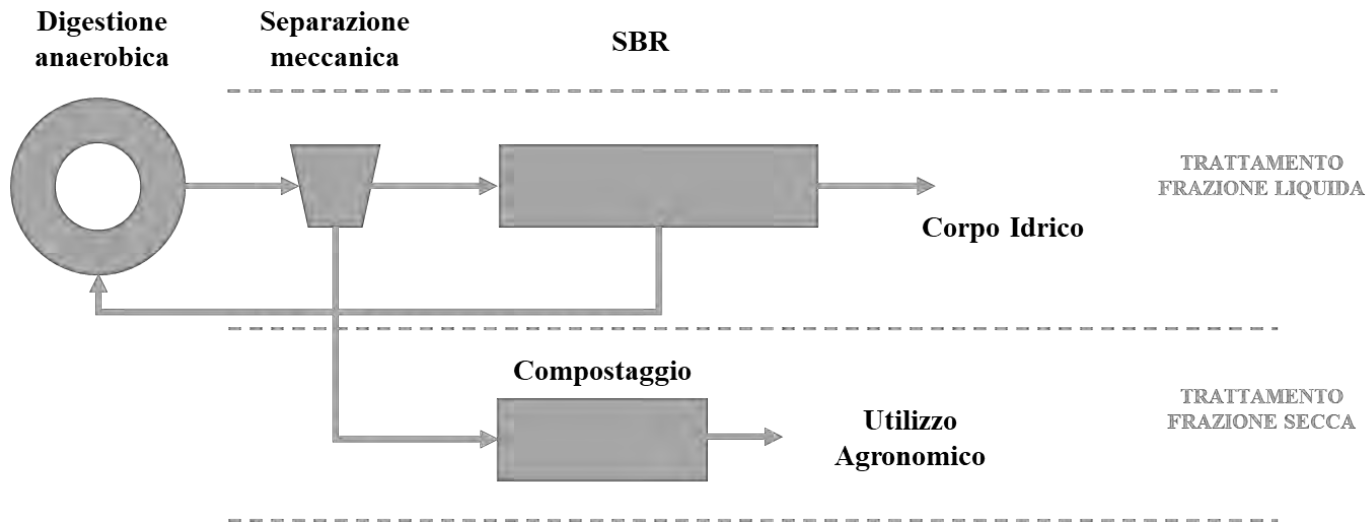
$$9000 \left[\frac{\text{euro} * d}{m^3} \right] * 60 \left[\frac{m^3}{d} \right] = 540000 \text{ euro}$$

Costo gestionale

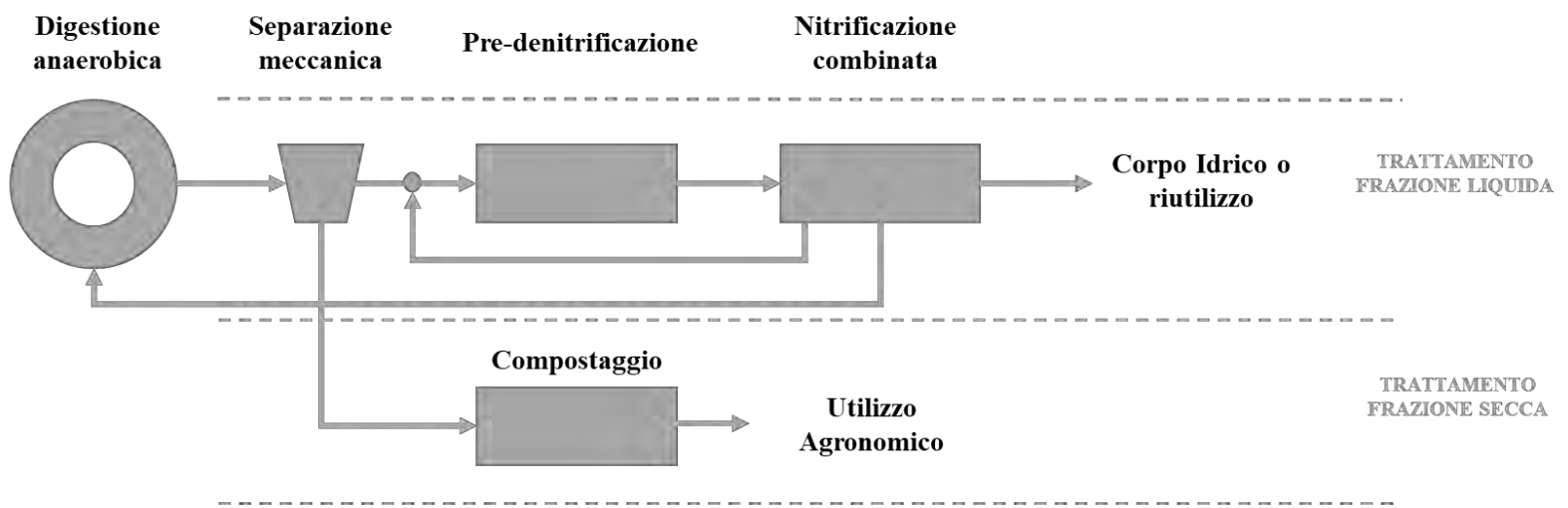
$$4500 \left[\frac{\text{euro} * d}{m^3 * \text{anno}} \right] * 60 \left[\frac{m^3}{d} \right] = 540000 \left[\frac{\text{euro}}{\text{anno}} \right]$$

SISTEMA A FANGHI ATTIVI CON CICLO PRE-DENTRO NITRO

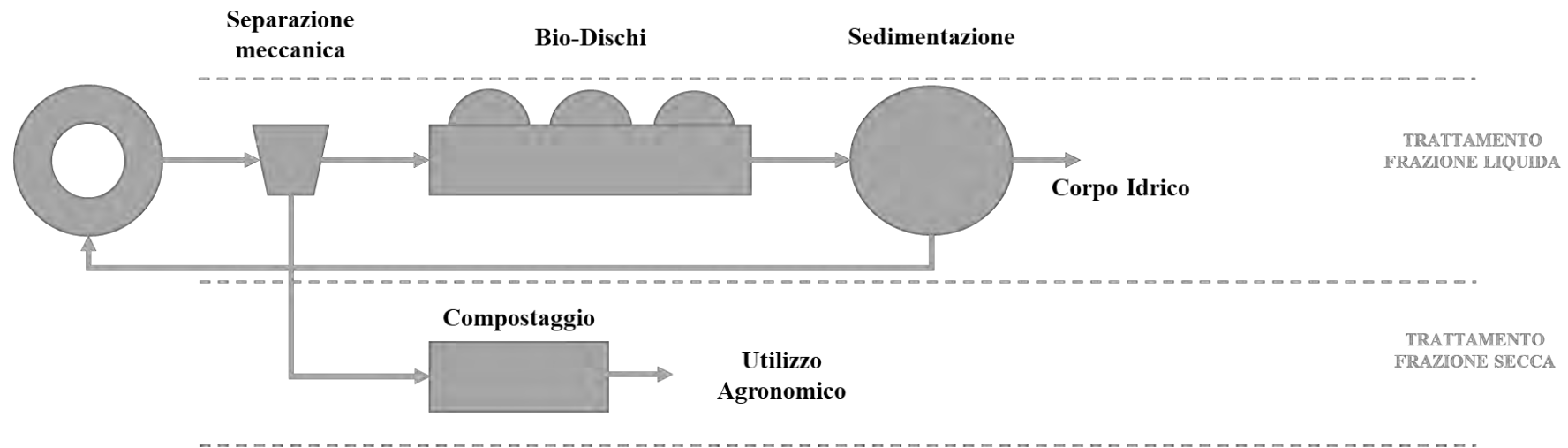




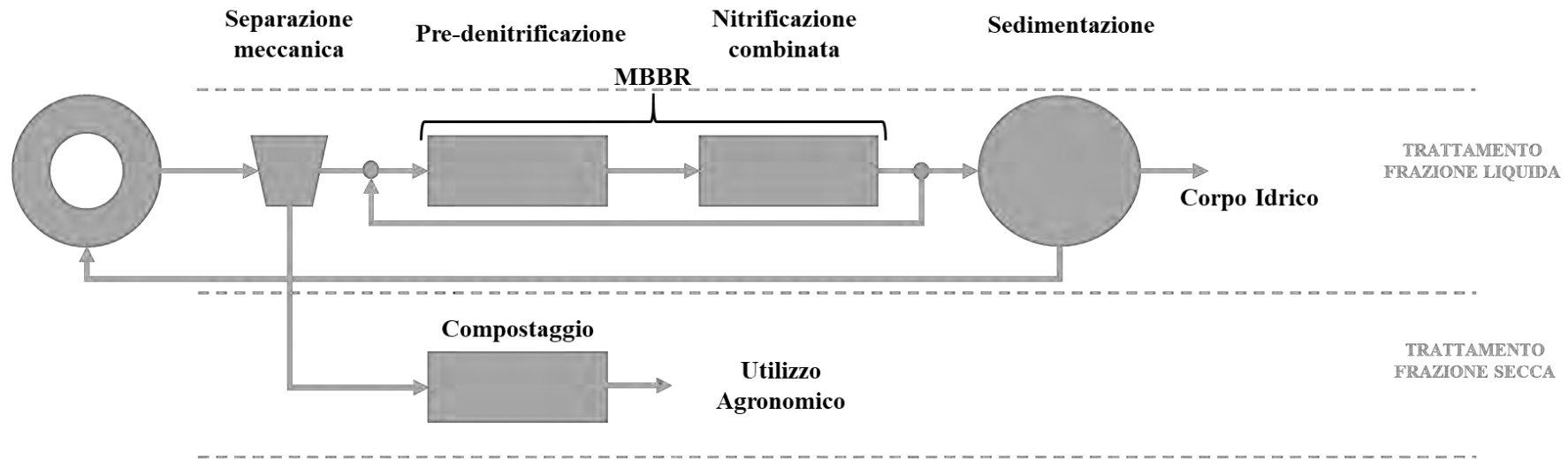
SISTEMA A FANGHI ATTIVI CON MEMBRANE



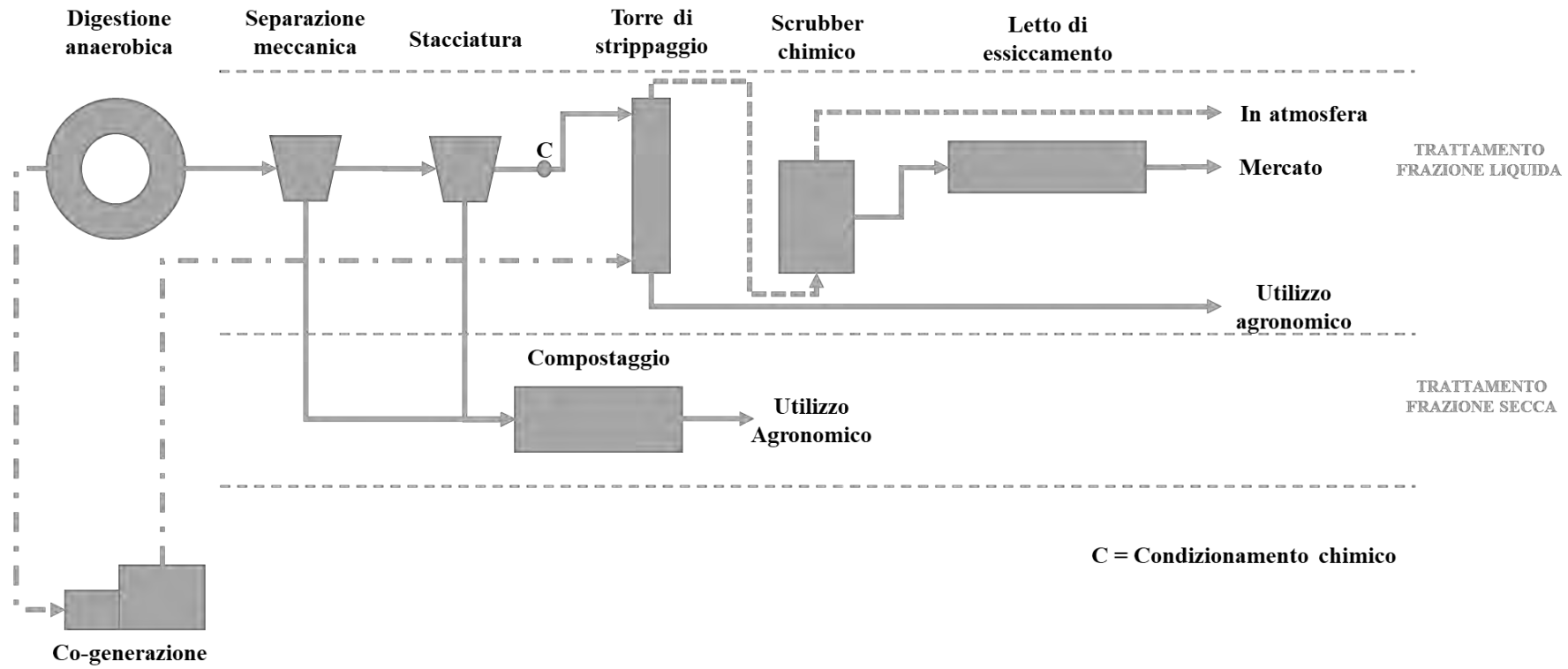
SISTEMA A BIODISCHI ROTANTI



SISTEMA MBBR CON CICLO PRE-DENTRO NITRO



STRIPPAGGIO CHIMICO DELL'AMMONIACA



4. Valorizzazione agronomica dei prodotti palabili risultanti dai trattamenti²

4.1 Premessa

I suoli agricoli dell'area Mediterranea sono caratterizzati spesso da bassi livelli di sostanza organica, soprattutto se intensamente coltivati, a causa della veloce biodegradazione dovuta alle condizioni climatiche ed all'ossigenazione determinata dalle lavorazioni del terreno.

Per poter favorire l'accumulo di sostanza organica ed i conseguenti servizi ecosistemici (stoccaggio del carbonio, immobilizzazione dell'azoto e protezione delle falde dai nitrati, miglioramento della biodiversità del suolo, maggiori produzioni agricole dovute ad una porosità più equilibrata ed a una maggiore biodisponibilità dei nutrienti, miglioramento della stabilità della struttura e difesa del suolo dall'erosione) è necessario fertilizzare il terreno con sostanza organica stabilizzata.

Queste caratteristiche di stabilità si possono ottenere solo grazie ad un corretto processo di compostaggio durante il quale si formano sostanze humificate e quindi meno degradabili grazie a meccanismi di protezione idrofobica. Inoltre il processo di compostaggio grazie alla sua fase termofila garantisce la sanificazione del materiale da eventuali microrganismi patogeni e la disattivazione dei semi delle piante infestanti.

Il compostaggio però è un processo aerobico e quindi risulta necessario garantire la circolazione dell'aria nella massa che è impossibile da realizzare su matrici organiche liquide o fangose come i liquami zootecnici. Pertanto per rendere compostabili le deiezioni zootecniche è assolutamente necessaria una preventiva separazione solido-liquido in modo da ottenere una frazione liquida ed una frazione palabile che presenta le caratteristiche fisiche adatte a garantire la circolazione dell'aria e quindi le condizioni aerobiche necessarie per un corretto processo di compostaggio. La separazione consente anche di eliminare insieme alla frazione solida una quota di azoto dei liquami, quindi riducendo il carico di azoto nel caso dell'uso della frazione liquida per la fertirrigazione.

La circolazione dell'aria potrebbe essere ulteriormente favorita stratificando il separato solido del liquame con altri sottoprodotti aziendali ricchi di lignina, come scarti di potatura, fieno andato a male, paglie.

4.2 Separazione solido-liquido

Per massimizzare l'efficienza agronomica ed ambientale, i liquami o il digestato devono essere trattati con un separatore solido-liquido. Sono disponibili sul mercato separatori di diversa grandezza

² Capitolo a cura di M. Fagnano.

e di costi molto variabili, che nell'insieme rendono questa tecnologia adattabile alle differenti dimensioni aziendali. Le tipologie più diffuse nelle aziende zootecniche sono essenzialmente due: a compressione elicoidale ed a controrulli (cfr. Fig. 4.1).

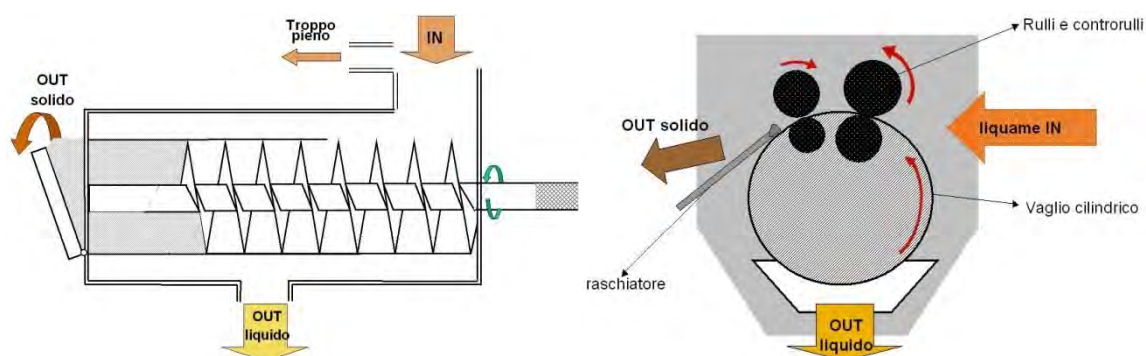


Figura 4.1. Rappresentazione schematica di un separatore a compressione elicoidale (a sinistra) e di un separatore a controrulli (a destra).

Il separatore “a compressione elicoidale” opera una compressione del refluo su un vaglio cilindrico attraverso una coclea interna: la frazione liquida passa attraverso le fessure, mentre quella solida viene pressata contro un regolatore di portata che sgronda ulteriormente il separato solido e che va regolato in base al tipo di liquame da trattare. L'efficienza varia a seconda del liquame impiegato, ed è solitamente possibile raggiungere il 50% per quanto riguarda i solidi totali, il 15% per quanto riguarda l'azoto e il 70% per il fosforo.

Il separatore cilindrico “con controrulli” è invece costituito da un vaglio cilindrico in acciaio sul quale i rulli e i controrulli in materiale plastico pressano il liquame immesso nel separatore. A seconda del liquame che si intende trattare, varia la dimensione delle maglie del vaglio (0,8–1,5 mm). L'efficienza di separazione può raggiungere il 30-35% per quanto riguarda i solidi totali, il 2-12% per quanto riguarda l'azoto e il 40% per il fosforo.

I più efficienti, ma anche i più costosi e quindi i meno adattabili ad aziende di dimensioni medio-piccole sono i separatori “a centrifuga” (cfr. Fig. 4.2), costituiti da un tamburo cilindro-conico nel quale è inserito il tamburo a coclea che gira ad un regime inferiore rispetto al tamburo. La separazione avviene grazie alla forza centrifuga generata dalla rotazione e alla velocità differenziale tra coclea e tamburo che opera lo smistamento del separato solido verso la sezione conica del tamburo. Qui il prodotto subisce una ulteriore sgrondatura e poi fuoriesce attraverso lo scarico. L'efficienza può raggiungere il 75% per quanto riguarda i solidi totali, il 20-35% per quanto riguarda l'azoto e fino al 60-80% per il fosforo.

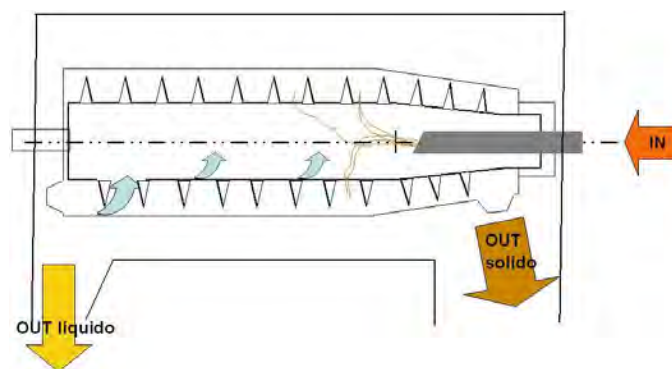


Figura 4.2. Rappresentazione schematica di un separatore centrifugo.

4.3 Sanificazione per essiccazione diretta

Il separato solido dei liquami o del digestato dovrà essere trattato con tecniche che ne garantiscono la sanificazione, in particolare sterilizzandolo per eliminare completamente qualsiasi rischio sanitario e per poterlo utilizzare come fertilizzante o direttamente dalle stesse aziende produttrici, o ad opera di terzi, dopo commercializzazione del materiale "pellettizzato". L'essiccazione e la conseguente sanificazione può essere fatta con una centralina termica per la produzione di aria calda oppure con serre solari. Nel primo caso l'energia necessaria può essere ottenuta dal cascame termico di un cogeneratore annesso all'impianto di digestione anaerobica "tradizionale" con valorizzazione del biogas mediante produzione in energia elettrica, oppure utilizzando in una apposita centralina termica parte del biogas prodotto nel caso di un sistema di digestione anaerobica orientato alla produzione di biometano.

Le serre solari (cfr. Fig. 4.3), anche se necessitano di investimenti alti, sono una soluzione economicamente efficiente ed ambientalmente sostenibile che, tramite l'essiccamento solare, riduce il contenuto di acqua presente nei fanghi fino a raggiungere una percentuale di secco anche del 90%, riducendo così la quantità di fanghi da rimuovere e abbattendo i costi di trasporto, ma garantendo al tempo stesso la sicurezza igienico-sanitaria. La struttura della serra è costituita da travi in acciaio e di tralicci reticolari, ed è adeguatamente controventata. Essa inoltre è costituita da tutti i supporti necessari per il sostegno dei ventilatori, delle prese d'aria, le sottostrutture per il sostegno dei portoni e i supporti delle passerelle, i sensori, eccetera. Per le pareti e la copertura della serra viene preferibilmente impiegato il vetro di sicurezza a singoli pannelli modulari, particolarmente resistente e ad alta trasparenza (lastre aventi spessore di 4 mm). Rispetto ai rivestimenti in plastica alternativi, si ottiene una trasparenza più elevata e costante. Inoltre i rivestimenti in vetro hanno una tendenza molto più ridotta alla formazione di cariche elettrostatiche e quindi all'opacizzazione dovuta al particolato. La scelta del vetro massimizza la permeabilità della radiazione solare e di conseguenza le prestazioni energetiche del sistema. Una valida alternativa al vetro di sicurezza, è data dal policarbonato di tipo compatto, che riduce la permeabilità alla radiazione del 5-7%, ma consente una struttura più leggera e di minor costo. La soluzione di maggior risparmio prevede l'utilizzo di policarbonato di tipo alveolare: in tal caso, è necessario verificare attentamente la possibilità di ottenere i risultati voluti in termini di efficienza.

ClimaControl

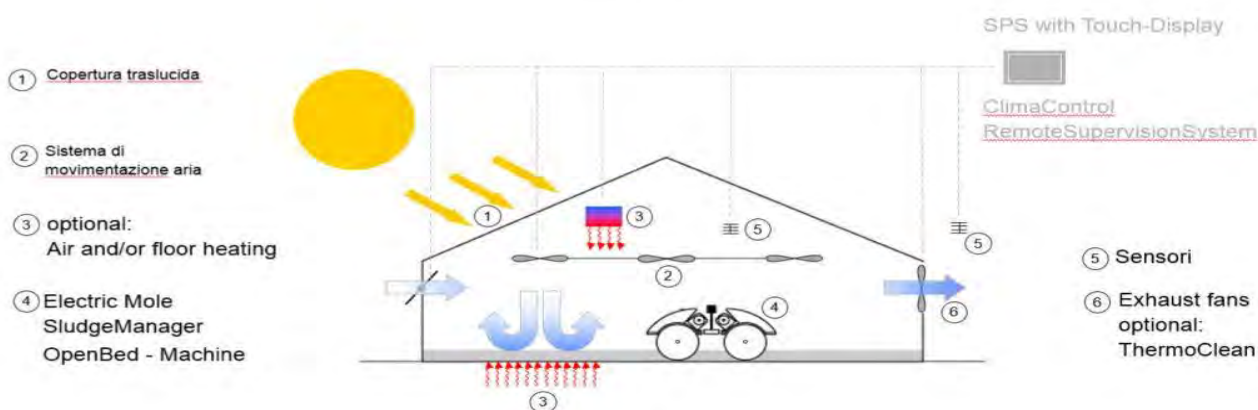


Figura 4.3. Schema di serra solare per essiccazione e sanificazione del separato solido.

4.4 Compostaggio

In questo caso il separato solido (anche miscelato/stratificato con materiali vegetali come ad es. scarti di potatura) dovrà essere stoccato in condizioni aerobiche per garantire la fase iniziale esotermica che garantisce la sanificazione e la stabilizzazione del materiale. Il processo dovrà durare non meno di 6 mesi. Per aumentare l'efficienza e ridurre i tempi del processo si potrà valutare l'opportunità di inserire nel sistema qualche impianto di compostaggio industriale (insufflazione di aria eventualmente preriscaldata). Il compost ottenuto dal processo potrà essere utilizzato come ammendante anche dalle stesse aziende foraggero-zootecniche, dalle aziende florovivaistiche oppure dalle imprese che sui occupano di ripristini ambientali (*capping* delle discariche, rinaturalizzazione delle cave).

Le fasi del processo di compostaggio sono 4:

- **Fase iniziale** - Ha una durata che varia da pochi giorni ad una-due settimane; è attivata dall'attività di decomposizione della sostanza organica da parte di batteri eterotrofi aerobi mesofili (18-45°C). In questa fase gran parte delle sostanze organiche più semplici come carboidrati, lipidi, proteine vengono trasformate in acqua, calore e CO₂. L'innalzamento progressivo della temperatura determina la disattivazione dei batteri mesofili stessi, stimolando lo sviluppo delle specie termofile.
- **Fase termofila** - Ha una durata di 1-2 mesi, in cui si sviluppano batteri eterotrofi, autotrofi e autotrofi facoltativi termofili (come il *Bacillus stearothermophilus*) e termofili estremi (50-70°C fino a 90°C). L'elevata temperatura determina la sanificazione e l'igienizzazione del prodotto, ma anche un'elevata evaporazione di acqua che porta ad una rapida scomparsa dei batteri e quindi al termine della fase stessa.
- **Fase di maturazione** - Ha una durata di 1-2 mesi, durante i quali la riduzione dell'umidità favorisce la crescita di funghi (es. attinomiceti) che si erano propagati temporalmente per sporulazione al momento dell'innalzamento della temperatura. Questi funghi attueranno una progressiva degradazione delle sostanze più complesse come la cellulosa, la lignina e le emicellulose.

- Fase di sanificazione - Al fine di garantire l'assoluta sicurezza igienico-sanitaria del compost prodotto è possibile utilizzare parte del metano prodotto in una centralina termica per produrre il calore necessario a essiccare il compost e ad eliminare tutti gli eventuali patogeni.

Le tecnologie consigliabili sono essenzialmente due: cumuli statici areati e bioreattori. I cumuli statici areati (cfr. Fig. 4.4) richiedono impianti completi di sistemi di insufflazione, ventilazione, diffusione dell'aria e controllo di processo, dotati griglie sul fondo per il recupero ed il ricircolo del percolato. La ventilazione deve essere preferibilmente effettuata in aspirazione, per permettere la captazione e il trattamento dell'aria di processo al fine di ridurre le emissioni maleodoranti ed il disagio per gli operatori e gli abitanti circostanti l'impianto. Particolare attenzione deve essere posta alla corretta circolazione dell'ossigeno per garantire l'evoluzione della fase termofila ed il raggiungimento di temperature sufficienti a garantire l'igienizzazione del separato solido. I bioreattori (cfr. Fig. 4.5) d'altra parte possono essere utilizzati per accelerare le fasi iniziali del processo, caratterizzate da una più intensa attività fermentativa. In particolare possono essere utilizzati reattori chiusi (p.es. cilindri rotanti, silos o biocelle, o reattori aperti (p.es. trincee dinamiche). Terminata la prima fase, la fase di stabilizzazione/maturazione viene condotta all'esterno del reattore, in cumuli statici.



Figura 4.4. Impianto di compostaggio con cumuli statici areati.

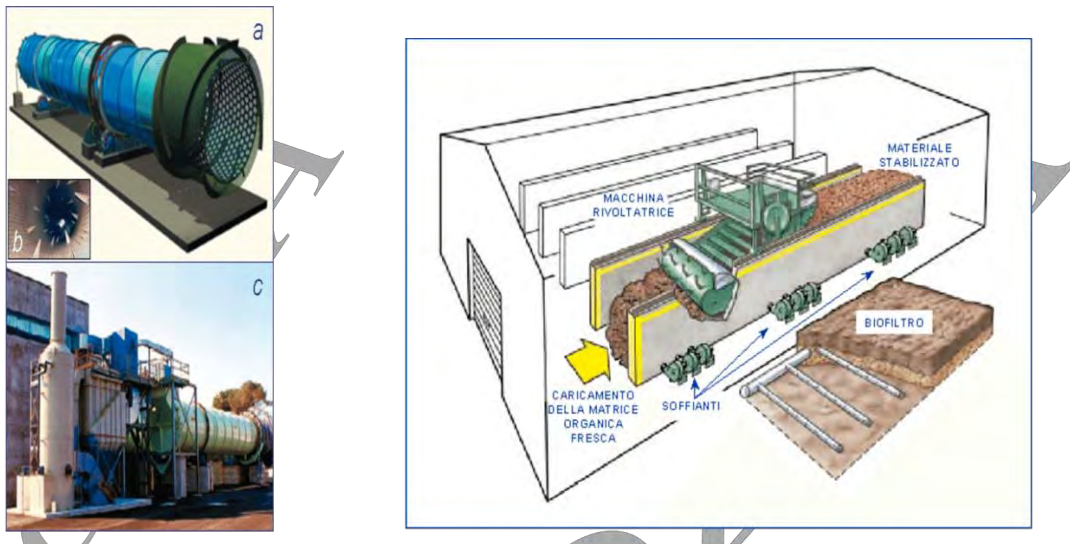


Figura 4.5. Bioreattori chiusi (cilindri rotanti, a sinistra) e aperti (trincee dinamiche, a destra).

5. Messa in sicurezza igienico sanitaria³

La principale problematica nella gestione dei reflui zootecnici in aree non indenni da zoonosi è rappresentata dalla messa in sicurezza igienico-sanitaria. È infatti risaputo che gli animali da reddito producono quantità abbondanti di “concime”, costituito da escrementi di animali (feci e urina) misti a lettiera, acque di scarico che si producono all’interno dell’azienda, secrezioni (nasali, vaginali, salivari, sangue, ecc.), alimenti non digeriti, sostanze nutritive e finanche antibiotici e altri farmaci che vengono metabolizzati ed escreti. Inoltre, le deiezioni animali sono note per ospitare una grande varietà di microrganismi, sia patogeni che non patogeni: tali germi possono rappresentare un’importante e significativa fonte di infezione sia per gli animali che, soprattutto, per l’uomo, dal momento che sono a volte identificati come agenti responsabili di zoonosi.

Chiaramente, sia la concentrazione che la tipologia di agenti microbici che possono essere presenti nelle deiezioni sono molto variabili in relazione ad innumerevoli fattori, quali la specie animale, lo stato salute degli animali, le condizioni dell’ambiente di allevamento, la localizzazione geografica, ecc. È tuttavia indubbio che un ruolo fondamentale nella riduzione della carica patogena sia svolto dai trattamenti che vengono effettuati sulle deiezioni, nonché dal cosiddetto “tempo di stoccaggio”, ossia dalla maturazione delle deiezioni per un periodo di tempo più o meno lungo, durante il quale si verificano una serie di trasformazioni a carico della sostanza organica, cui segue anche una diminuzione del potenziale patogeno ascritto alle deiezioni. A tal proposito, alcuni autori (Spiehs & Goyal, 2007) hanno raccomandato, al fine di ridurre gli agenti patogeni nelle deiezioni animali, il ricorso a tre tipologie di approcci:

- miglioramento delle tecniche di allevamento;
- ottimizzazione delle tecniche di raccolta e stoccaggio delle deiezioni;
- ottimizzazione dello spandimento dei reflui.

A questi punti è fondamentale aggiungere la riduzione della movimentazione di reflui non preventivamente trattati, in modo da eliminare la carica microbica patogena responsabile delle zoonosi. Infatti, i reflui non trattati e/o trattati in modo improprio, possono rappresentare una fonte di inquinamento del suolo, dell’aria e dell’acqua, che a sua volta si tradurrà in problemi di salute pubblica.

Al fine quindi di evitare una drastica riduzione del patrimonio zootecnico campano a seguito dell’ampliamento delle aree identificate come “vulnerabili ai nitrati di origine agricola” (cfr. il Capitolo 1 della presente relazione), è indispensabile avviare una serie di strategie che consentano la riduzione dell’impatto ambientale degli allevamenti zootecnici. Tra queste, la creazione di impianti consortili di trattamento delle deiezioni rappresenta senza dubbio un’ottima soluzione, che va in ogni caso adeguatamente ponderata per evitare i rischi sanitari cui si accennava in precedenza. È evidente che il rischio di trasmissione di agenti patogeni attraverso i reflui è variabile, sia in base alle caratteristiche dell’agente (concentrazione, capacità di sopravvivere nell’ambiente esterno, ecc.), sia in relazione al trattamento effettuato sulle deiezioni (Manyi-Loh *et al.*, 2016). In questa sede saranno presi in considerazione i principali agenti patogeni che possono essere riscontrati nelle deiezioni e che rappresentano un pericolo per la salute pubblica, con particolare riferimento a due patologie molto diffuse in Regione Campania: brucellosi e tubercolosi.

³ Capitolo a cura di G. Campanile e G. Neglia.

- ***E. Coli***: si tratta di germi fisiologicamente presenti nel tratto gastroenterico di uomini ed animali, sia sani che ammalati. Sono spesso considerati come un valido indice di contaminazione fecale. Tuttavia, alcuni ceppi ed in particolare, *E. coli* O157:H7 (anche chiamato verocitotossico (VTEC) o enteroemmoragico (EHEC) o produttore di shigatossina (STEC)), riscontrato nelle deiezioni bovine, è considerato uno dei più pericolosi patogeni responsabile di tossinfezione nell'uomo ed il bovino può fungere da *reservoir* (Callaway *et al.*, 2009).
- ***Salmonella spp***: sono patogeni ampiamente conosciuti come responsabili di gravissime infezioni sia nell'uomo che negli animali (You *et al.*, 2006). A ciò si aggiunga che molti ceppi di *Salmonella* hanno acquisito antibiotico-resistenza verso diverse molecole, incrementando quindi la loro sopravvivenza nell'ambiente.
- ***Campylobacter spp***: anche in questo caso si tratta di germi comunemente presenti nel tratto gastroenterico sia di uomini che animali e responsabili di gravi infezioni soprattutto in seguito all'ingestione di acqua o alimenti contaminati (Baserisalehi *et al.*, 2007).
- ***Listeria monocytogenes***: agente responsabile di una gravissima tossinfezione nell'uomo, nonché di una grave patologia negli animali (listeriosi) che si manifesta con aborto, encefalite, meningite e setticemia. Pur essendo un germe non sporigeno, presenta una notevole resistenza all'ambiente esterno ed a varie condizioni di pH e temperatura (Uzeh & Adepoju, 2013).
- ***Yersinia enterocolitica***: si ritrova nella flora intestinale di uomini ed animali. Provoca la yersiniosi che si manifesta con linfadenite, enterocolite acuta, setticemia, poliartrite e persino morte (Tirzui *et al.*, 2011). La specie enterocolitica si presenta con diversi sierotipi, tuttavia, *Y. enterocolitica* O:9 presenta cross reattività brucella, provocando delle false reazioni positive al test della SAR (Chenais *et al.*, 2012).
- ***Enterococcus spp***: sono i germi in assoluto più presenti nelle deiezioni degli animali, in quanto presenti come commensali nel tratto gastroenterico. Sono in genere considerati apatogeni, ma in taluni casi possono rappresentare degli importanti batteri opportunisti (Morrison *et al.*, 1997).
- ***Bacillus* (*B. anthracis*, *B. cereus*, *B. subtilis*) & *Clostridium* (*C. chauvoei*, *C. septicum*, *C. haemolyticum*, *C. sordellii*, *C. perfringens*, *C. difficile*, *C. spiroforme*)**: si tratta di due famiglie di batteri appartenenti allo stesso phylum (*Firmicutes*), che hanno la capacità di sopravvivere nell'ambiente esterno anche in condizioni estreme formando spore, che sono in grado di resistere a lungo, finché le condizioni non tornano favorevoli alla germinazione (Girija *et al.*, 2013). Come spore, sono insensibili al calore, all'essiccazione e a molti disinfettanti, per cui sono stati rilevati nel letame bovino anche se in numero ridotto, dopo la pastorizzazione a 70°C per ore (Marañón *et al.*, 2006).
- ***Mycobacterium* (*M. bovis*, *M. tuberculosis*, *M. paratuberculosis*, ecc.)**: pur non essendo sporigeni, sono germi in grado di sopravvivere all'ambiente esterno e nelle deiezioni per molto tempo, poiché possono sopportare fluttuazioni di temperatura e pH, disidratazione ed esposizione alla luce solare, probabilmente per l'elevato contenuto lipidico e ceroso della parete cellulare (Manyi-Loh *et al.*, 2016). Questo, tra l'altro, spiega anche la resistenza dei micobatteri a molti disinfettanti (Russell, 1996). Alcuni studi hanno dimostrato che *M. bovis* è stato rilevato nelle feci bovine da 32 fino a 178 giorni e la sua sopravvivenza nelle deiezioni va da diverse settimane fino a sei mesi o addirittura 17 mesi, a seconda della temperatura di stoccaggio: 30 giorni a 54°C e 17 mesi a 40-45 ° C (Phillips *et al.*, 2003). A dimostrazione della sua resistenza nell'ambiente esterno, si consideri che è stato rilevato nell'acqua fino a 400 giorni (Phillips *et al.*, 2003). Anche gli Insieme alla brucellosi, la tubercolosi è una delle patologie soggette a profilassi di Stato obbligatoria in Italia e la sua incidenza in Regione Campania è alquanto elevata.

- **Brucellosi** (*B. abortus*, *B. melitensis*, *B. suis*, ecc.): si tratta di una delle principali patologie zoonotiche presenti attualmente in Regione Campania. È responsabile della brucellosi, patologia che determina negli animali principalmente aborto e negli uomini linfadenomegalia, febbre altalenante e sterilità. Pur essendo un patogeno responsabile di una malattia molto grave, la sua resistenza nell'ambiente esterno è alquanto limitata: è stato dimostrato che in scoli vaginali e organi (placenta e feto) lasciati sul terreno resiste rispettivamente 10 e 135 giorni, mentre nel letame a circa 70°C resiste non più di 4 ore e nel liquame circa 7 settimane [Hagan & Bruner].

Da quanto esposto è evidente che le deiezioni possono rappresentare un importante fonte di contaminazione ambientale ed un rischio sanitario elevato. Vanno in primo luogo esposti alcuni concetti di ordine generale:

- [1] Gli studi di laboratorio eseguiti in condizioni controllate hanno generato risultati che differiscono da quelli degli studi di campo, che sono esposti ad influenze esterne dall'ambiente. Va quindi considerato che gli studi di laboratorio non sempre sono applicabili in campo (Soupir *et al.*, 2008).
- [2] Diversi studi sono stati effettuati sulla miriade di fattori che sono in grado di influenzare l'inattivazione degli agenti patogeni nelle deiezioni, tra cui temperatura, pH, umidità, disponibilità di nutrienti/contenuto organico, interazioni biologiche, tempo e densità dei microrganismi (Himathongkham *et al.*, 1999; Pachepsky *et al.*, 2006; Soupir *et al.*, 2008): ciò in linea di massima non rende semplice comparare le ricerche e non sempre fornisce risultati univoci.
- [3] Diversi patogeni possono sopravvivere nei reflui a causa dell'elevato contenuto in umidità e nutrienti, ma sono molto sensibili a variazioni di pH e temperatura: in particolare, la maggior parte dei batteri vive più favorevolmente in un range di pH compreso tra 6 e 7,5, ma sopravvive più difficilmente e per un periodo più breve in condizioni di acidità (Manyi-Loh *et al.*, 2016). Allo stesso modo, la maggior parte dei patogeni viene inattivata con le temperature di pastorizzazione.
- [4] La maggior parte degli enterobatteri, tra cui ad es. i coliformi, risulta termolabile, per cui la sopravvivenza all'interno delle deiezioni è decisamente limitata e possono essere inattivati durante lo stoccaggio dei reflui per azione delle radiazioni UV solari (Maule, 2000).
- [5] Maggiore è la temperatura e più lungo è il tempo di stoccaggio o di trattamento delle deiezioni, meno probabile è la sopravvivenza degli agenti patogeni.

Il controllo e la distruzione dei microrganismi nei reflui possono avvenire tramite mezzi fisici, chimici e biologici. In base alle indicazioni del Gruppo di Lavoro DGR 152/2019 l'associazione dei metodi di digestione anaerobica e compostaggio, oltre a rappresentare una buona metodica per la gestione delle deiezioni, potrebbe consentire una drastica riduzione della concentrazione di patogeni, oltre a garantire un trasporto e un utilizzo più idoneo ad evitare la disseminazione di patogeni. Ciò è dovuto principalmente alla fase di compostaggio: infatti, sebbene il processo di digestione anaerobica consenta una valorizzazione degli effluenti di allevamento con la produzione di biogas e quindi metano, l'inattivazione dei batteri in questa fase è alquanto limitata (Manyi-Loh *et al.*, 2013). Al contrario, durante il processo aerobico di compostaggio, la biomassa, oltre a raggiungere temperature più elevate, incrementa la biodisponibilità dei nutrienti solubili per l'assorbimento delle piante convertendoli in forme organiche più stabili. Durante il processo di compostaggio è previsto per legge il raggiungimento di una temperatura di almeno 55°C per 3 giorni, anche se spesso tale temperatura viene mantenuta per un tempo maggiore (circa 15 giorni): ciò riduce notevolmente la carica patogena della biomassa. Alcuni microrganismi sono più resistenti di altri e le temperature devono essere regolarmente monitorate per garantire che le temperature appropriate siano mantenute. Ciò passa inevitabilmente attraverso un corretto livello di umidità (50% -60%), un ottimale

rapporto C: N (25: 1-30: 1) ed un'adeguata aerazione. Un esempio piuttosto significativo è riportato in Tabella 5.1.

Materiale	T (°C)	Cryptosporidium	Salmonella	Campylobacter	E. coli 0157:H7
Letame bovino	Frozen	> 1 anno	>6 mes	2–8 sett	>100 gg
	Cold (5°C)	8 sett	12–28 sett	1–3 sett	>100 gg
	Warm (30°C)	4 sett	4 sett	1 sett	10 gg
Liquame		>1 anno	13–75 gg	>112 gg	10-100 gg
Deiezioni compostate		4 sett	7–14 gg	7 gg	7 gg

Tabella 5.1. Sopravvivenza di alcuni enterobatteri nel letame, nel liquame e nel compost bovino (da: *Human and Animal Pathogens in Manure*, Olsen, M. E.)

Come accennato in precedenza, le principali problematiche sanitarie di cui tener conto sono rappresentate dalla brucellosi e dalla tubercolosi. Le caratteristiche del primo patogeno lasciano presupporre una completa distruzione all'interno delle deiezioni destinate al compostaggio, proprio per la scarsa resistenza nell'ambiente esterno. Al contrario, qualche dubbio rimane sul micobatterio tubercolare: quest'ultimo è distrutto con la pasteurizzazione (70°C per 30 minuti), ma tali temperature non sono raggiunte con il processo di compostaggio, sebbene temperature più basse (circa 55°C) siano mantenute per un tempo decisamente superiore. La messa in sicurezza igienico-sanitaria delle deiezioni, quindi, passa attraverso il raggiungimento di idonee condizioni di temperatura ed umidità in tutte le zone della biomassa, sebbene ciò non consenta di garantire totalmente la distruzione del micobatterio tubercolare.

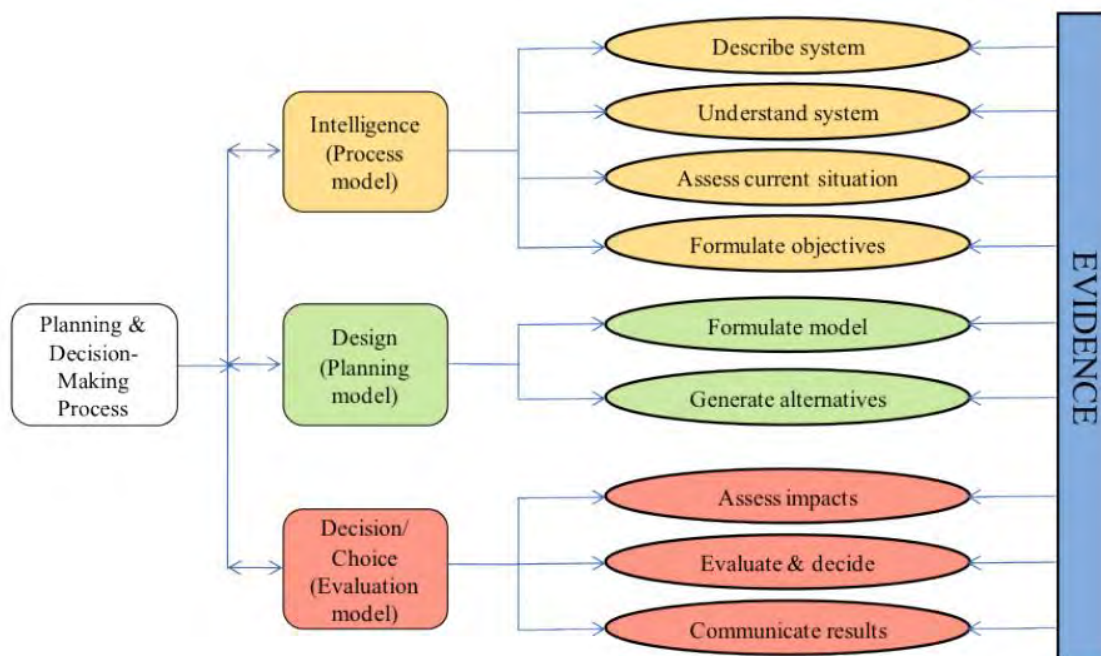
6. Criteri per la localizzazione degli impianti collettivi di trattamento⁴

6.1 OBIETTIVI DI LAVORO

L'obiettivo generale delle attività presentate è la definizione di una **metodologia**, basata su approccio scientifico, **di orientamento e supporto alle decisioni** per l'**individuazione di AMBITI IDONEI per SITING di IMPIANTI di trattamento dei reflui zootecnici, in regione Campania**; il lavoro presentato non intende pertanto essere esaustivo in merito alle analisi ed aspetti territoriali considerati, o con carattere prescrittivo in merito ai risultati ottenuti.

L'obiettivo è stato affrontato mediante approccio multicriteriale, derivante dai Multicriteria Spatial Decision Support Systems (MC-SDSS, Malczewski J., 1999) della famiglia dei Decision Support Systems (DSS; Burstein & Holsapple, 2008). Tale approccio presenta il vantaggio di integrare Geographic Information Systems (GIS) e Multicriteria Analysis (MCA) ed è in grado di fornire una base razionale per l'analisi sistematica delle opzioni alternative, restituendo parte della complessità del sistema territoriale. Il ricorso alla Spatial-MCDA presenta inoltre il vantaggio di facilitare la comunicazione tra decisori (Decision-Makers) e comunità (Stakeholders), attraverso processi sistematici, trasparenti e documentati, strutturati sulla costruzione e comparazione di alternative (Cervelli et al., 2017), che trasformano dati geografici (input) in decisioni (output) attraverso procedure che includono le preferenze del decisore ed il supporto di esperti.

Fig. 1: Modello di costruzione di un processo di decision-making a supporto della pianificazione (Fonte: V. Ferretti, 2012)



⁴ Capitolo a cura di S. Pindozi, E. Cervelli

L'approccio multicriteriale si articola in un processo o flusso di attività, costituito sostanzialmente da una fase di "intelligence", una fase di "design" e una fase di "choice".

Con la fase di "intelligence", nello specifico, si perviene alla strutturazione del problema, mediante la descrizione del sistema e l'individuazione degli obiettivi da perseguire. Momento fondamentale è pertanto la selezione dei criteri, o attributi, utili al fine di descrivere il grado di raggiungimento di ciascun obiettivo (Ferretti & Pomarico, 2012; Keeney, 1992).

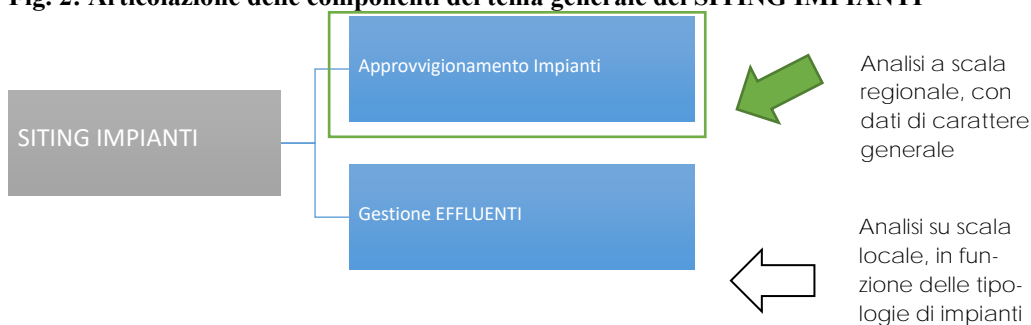
Mediante la fase di "design" si provvede alla raccolta ed elaborazione dei dati, in funzione delle relazioni tra gli obiettivi, degli attributi e delle preferenze del Decision Maker (Malczewski, 1999; 2006). Momento fondamentale è costituito dalle operazioni di standardizzazione dei valori e ponderazione dei fattori considerati, al fine di rendere i dati e le informazioni confrontabili e di riconoscerne l'importanza relativa.

Infine, la fase di "choice" prevede la valutazione delle possibili alternative (partendo dall'ipotesi di non cambiamento). Il confronto tra alternative, alla base dell'analisi di sensitività, garantisce la robustezza del processo e consente di ricavare osservazioni e valutazioni a supporto del processo decisionale. Le diverse fasi descritte comportano il contributo metodologico sia dei sistemi GIS, sia delle tecniche di Analisi Multicriteri.

Nel presente lavoro, l'obiettivo generale del SITING IMPIANTI, inquadrato nella tematica più generale della gestione dei reflui zootecnici in Regione Campania, è stato considerato funzione di due sub-componenti:

- L'APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI, in cui si studiano le condizioni che possono essere a supporto o di ostacolo per la localizzazione di impianti consortili in funzione di fattori che condizionano l'approvvigionamento dei reflui in ingresso, dalle aziende agli impianti (distribuzione delle aziende, caratteristiche del territorio, consistenza degli allevamenti, ...);
- La GESTIONE EFFLUENTI, in cui si studiano le condizioni che supportano o limitano gli spandimenti degli effluenti, contribuendo alle valutazioni per il siting impianti in funzione della destinazione finale dei sottoprodotti.

Fig. 2: Articolazione delle componenti del tema generale del SITING IMPIANTI



L'attuale avanzamento di lavoro ha permesso di approfondire in questa sede, gli aspetti di Siting connessi al solo APPROVVIGIONAMENTO DEGLI IMPIANTI, rinviando ad eventuali analisi successive, mirate alle diverse tipologie di impianti di trattamento possibili e a scale di dettaglio più appropriate, le analisi ed implicazioni connesse alla gestione degli effluenti e alle destinazioni finali dei sottoprodotti.

Questa fase del lavoro è stata denominata analisi di PRE-SITING Impianti.

6.2 I CRITERI

Come sottolineato in precedenza, nella fase di “intelligence”, momento fondamentale è costituito dalla definizione dei criteri, significativi rispetto agli obiettivi di lavoro. A tale scopo, con il contributo del panel di esperti, i criteri, sono stati organizzati in un “albero di criteri”, suddivisi in (Tegou et al., 2010):

- vincoli, basati sul rapporto true/false e che limitano l'area di studio a particolari siti (escludendo da tutte le operazioni successive di valutazione specifici ambiti del territorio),
- fattori di valutazione, che definiscono un grado continuo di rispondenza/idoneità di ogni cella all'obiettivo generale.

L'attività di analisi territoriale così impostata consente di organizzare un inventario di informazioni e strati GIS, che potrà essere aggiornato in qualsiasi momento e potrà costituire un supporto per ulteriori studi e applicazioni, come ricaduta della Direttiva Inspire (D.L. 27 gennaio 2010 n°32).

Nello specifico delle attività sviluppate nel presente lavoro, partendo dalla conoscenza mirata del territorio e da un approccio olistico, è stato articolato un sistema di indicatori e indici che ha costituito la piattaforma comune e flessibile di informazioni, interrogata, di volta in volta in funzione dell'obiettivo specifico.

Ciascun indicatore è stato tematizzato attraverso una propria elaborazione grafica. Le Mappe sono state calcolate mediante operazioni GIS di base (carta di sovrapposizione, buffering, mappatura distanza, query spaziali, ecc.). Ogni criterio è stato rappresentato mediante mappe di classificazione (coperture del suolo, ecc) o mediante mappe di valore (pendenza, elevazione, ecc). Le mappe, in formato raster TIFF o GRID, sono state georiferite rispetto al medesimo sistema di riferimento (UTM33N ETRS89), cell size 100*100m.

Sul modello della struttura descritta, l'analisi di PRE-SITING IMPIANTI, è stata articolata in due macro-analisi: VINCOLI e FATTORI.

Nei **VINCOLI** sono stati considerati quelli di natura ricognitiva e conformativa, che derivano cioè dalla presenza di determinati elementi o condizioni sul territorio: quelli legati all'antropico e quelli legati a condizioni di pregio naturalistico/culturale. Nel presente lavoro, che, come già dichiarato, ha funzione puramente di orientamento e di costruzione di una metodologia di supporto al SITING IMPIANTI, basata su approccio scientifico, non sono stati volutamente riportati i diversi vincoli di natura normativa ed edilizio-urbanistica, per i quali si rinvia alla documentazione di settore e specialistica. Tali vincoli, di natura strettamente prescrittiva, richiedono infatti un livello di analisi e di dettaglio elevato, non compatibili con le indagini a scala regionale o sub-regionale condotte nella presente sede.

Nell'ambito dei vincoli connessi all'antropizzazione, sono stati considerati:

- Antropizzato. L'elaborato, di natura binaria, riporta l'articolazione del territorio in: aree interessate dall'edificato e dalle principali infrastrutture viarie, con il relativo buffer a 100m, e le rimanenti porzioni di territorio regionale. Base dati: Strato Consumo di suolo ISPRA (download 07/2019).
- Impianti esistenti. L'elaborato, di natura binaria, riporta l'articolazione del territorio in: aree interessate dagli impianti a biogas, con il relativo buffer a 1000m, e le rimanenti porzioni di territorio regionale. Base dati: Strato AtlaESE FER BIOGAS (elaborazione 07/2019).

Nell'ambito dei vincoli connessi a condizioni di pregio naturalistico/culturale, sono stati considerati:

- Riserve integrali. L'elaborato, di natura binaria, riporta l'articolazione del territorio in: aree classificate come “zona A” Riserva Integrale (all'interno dei Parchi Nazionali e dei Parchi Regionali), e le rimanenti

- porzioni di territorio regionale. Base dati: Parchi Nazionali – Parchi Regionali - Zonizzazione (download <https://www.minambiente.it/pagina/parchi-nazionali> - 07/2019).
- Rete idrografica principale. L'elaborato, di natura binaria, riporta l'articolazione del territorio in: reticolo idrografico principale (con buffer 150m), le coste e bacini idrici (con buffer 300m), e le rimanenti porzioni di territorio regionale. Base dati: Strato Idrologia superficiale (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/> download 07/2019).
 - Sistema dei beni culturali extra-urbani. L'elaborato, di natura binaria, riporta l'articolazione del territorio in: aree interessate da beni culturali extraurbani e siti archeologici (con buffer 100m), e le rimanenti porzioni di territorio regionale. Base dati: Strato Carta delle strutture Storiche e Archeologiche – PTR Regione Campania (download <https://sit2.regione.campania.it/node> - 07/2019).

Nell'ambito della valutazione multicriteriale, i **FATTORI** costituiscono i criteri che esprimono e condizionano il grado di "vocazione" finale del territorio, rispetto agli obiettivi prefissati.

Nella categoria dei FATTORI si è operato mediante un primo raggruppamento che evidenziasse la natura degli attributi rispetto agli obiettivi di lavoro, ovvero: Supporto (condizioni che sottolineano l'idoneità del territorio rispetto all'obiettivo) o Limite (non vincolo; ovvero condizioni che creano svantaggio in termini di idoneità del territorio rispetto all'obiettivo).

Nell'ambito dei Fattori di supporto alla localizzazione degli impianti, sono stati considerati, quelli più strettamente connessi alle Aziende e quelli connessi al Territorio.

Nello specifico i Fattori a supporto, connessi alle aziende, considerati sono stati:

- Nuclei di attenzione per concentrazione bufalini (localizzazione). L'elaborato riporta le aree presumibilmente a maggiore concentrazione di azoto al campo. La perimetrazione dei nuclei di attenzione è stata effettuata mediante elaborazioni di analisi spaziali in ambiente GIS, mediante Kernel Density spatial analyst tool, su cell size 100m e con raggio analisi pari a 3000m, in funzione del parametro di azoto al campo (N al campo). Tale valore è stato calcolato sulla base di specifici algoritmi sviluppati (DIA-STPA) tenendo conto della composizione delle mandrie, del peso ed età dei capi. Base dati: Banca dati nazionale Teramo sulle consistenze dei capi (download 07/2019).
- Nuclei di Attenzione (Vicinanza). L'elaborato riporta la distanza, espressa in metri, dai nuclei di attenzione, di ogni pixel del territorio regionale. L'elaborazione è stata effettuata mediante Euclidean Distance, spatial analyst tool, in GIS environment. Elaborazioni derivate.

I Fattori a supporto, connessi al territorio, considerati sono stati:

- Zone vulnerabili ai nitrati (localizzazione). L'elaborato, di natura binaria, riporta l'articolazione del territorio in: aree interne alle Zone Vulnerabili ai Nitrati di origine agricola (2017), e le rimanenti porzioni di territorio regionale (download <https://sit2.regione.campania.it/node> - 07/2019).
- Impianti a biogas esistenti (distanza). L'elaborato di tipo progressivo numerico, riporta le distanze, espresse in metri, di ciascun pixel rispetto alla distribuzione degli impianti a biogas già operanti sul territorio regionale. Per ciascun impianto è stato considerato un buffer proporzionale alla potenza (da 1,5 a 5km, per impianti di potenza da 250 a 4.300KW). Dai vari buffer costruiti è stata calcolata l'Euclidean Distance. Base dati: Strato ATLAimpianti (<https://www.gse.it/dati-e-scenari/atlaimpiantidownload> 07/2019).
- Viabilità locale (densità). L'elaborato riporta la densità di infrastrutture stradali locali, quale condizione a supporto dell'obiettivo di siting; l'elaborato è stato calcolato mediante Line Density, cell size 100m, con raggio 3km, in funzione della lunghezza delle aste stradali presenti. Base dati: Strato: Regione Campania – dati base - Strade (download <https://sit2.regione.campania.it/node> - 07/2019).
- Principali corsi d'acqua (distanza). L'elaborato di tipo progressivo numerico, riporta le distanze, espresse in metri, di ciascun pixel rispetto alla distribuzione della rete idrografica principale; l'elaborato è stato calcolato mediante Euclidean Distance, dallo shape lineare. Base dati: Base dati: Strato Idrologia superficiale (<http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/> download 07/2019).

I fattori limitanti considerati, sono stati articolati in: fattori connessi presenza di elementi o condizioni connesse all'antropico/storico/culturale e fattori connessi al patrimonio paesaggistico/naturale.

Nello specifico i Fattori limitanti, connessi all'antropico, considerati sono stati:

- Edificato/Urbano (distanze). L'elaborato di tipo progressivo numerico, riporta le distanze, espresse in metri, di ciascun pixel rispetto alla distribuzione di manufatti edilizi e infrastrutture stradarie principali; l'elaborato è stato calcolato mediante Euclidean Distance. Base dati: Strato Consumo di suolo ISPRA (download 07/2019).
- Popolazione (densità). L'elaborato riporta la kernel Density della popolazione residente, calcolata sui dati comunali, riferita alle sole aree urbane, con raggio 500m, cell size 100m (elaborazione 07/2019, Dati ISTAT, Censimento della popolazione 2011).
- Emergenze culturali extraurbane (distanze). L'elaborato di tipo progressivo numerico, riporta le distanze, espresse in metri, di ciascun pixel rispetto alla distribuzione delle principali emergenze storico culturali presenti sul territorio regionale extraurbano; l'elaborato è stato calcolato mediante Euclidean Distance, partendo dai layer contenenti i "siti archeologici" e "beni storici extraurbani", come da Piano Territoriale Regionale, "Carta delle Strutture Storiche e Archeologiche". Base dati: Base dati: Strato Carta delle strutture Storiche e Archeologiche – PTR Regione Campania (download [https://sit2.regione.campania.it/node - 07/2019](https://sit2.regione.campania.it/node-07/2019)).
- Valore turistico-Recreation InVEST (valore). L'elaborato riporta un valore a-dimensionale quale indice dell'interesse turistico/ricreativo del territorio regionale, calcolato mediante il modulo Recreation del software InVEST, che combina la diffusione dei giorni/persona destinati ad attività di ricreazione e le posizioni degli habitat naturali (Sharp et al 2018), mediante una regressione lineare (Elaborazione 07/2019).

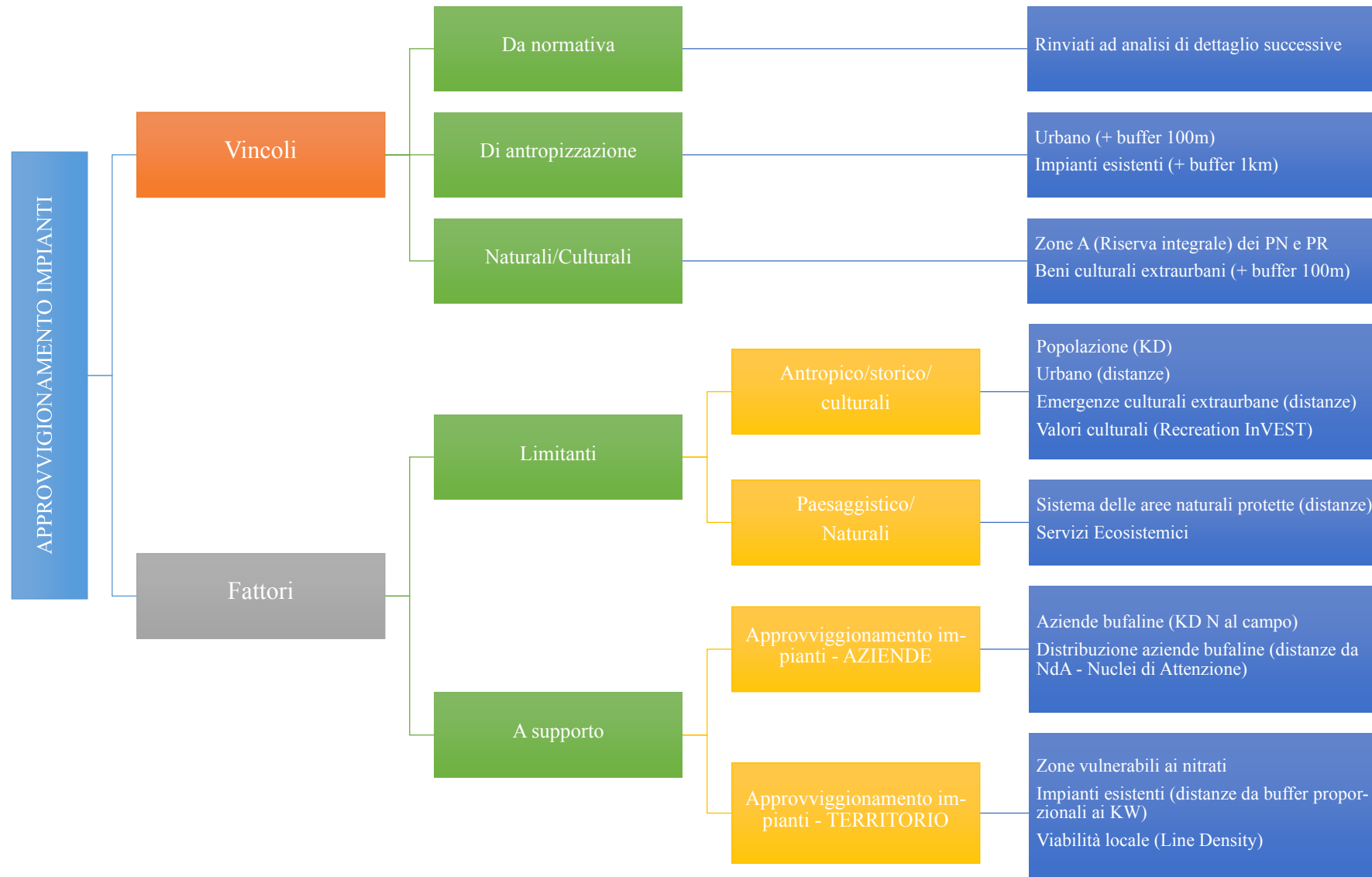
I Fattori limitanti, connessi alle condizioni paesaggistico/naturali, considerati sono stati:

- Sistema delle aree naturali protette (distanza). L'elaborato di tipo progressivo numerico, riporta le distanze, espresse in metri, di ciascun pixel rispetto alla distribuzione del sistema delle aree naturali protette presenti in Regione Campania (Parchi Nazionali, Parchi regionali, Riserve statali, Riserve Naturali regionali, Sic e ZPS, zone umide e aree Ramsar); l'elaborato è stato calcolato mediante Euclidean Distance. Base dati: Parchi Nazionali – Parchi Regionali – Zonizzazione; SIC – ZPS Regione Campania (download <https://www.minambiente.it/pagina/parchi-nazionali> - 07/2019; <http://www.regione.campania.it/regione/it/tematiche/autorita-ambientale/>).
- Servizi Ecosistemici (valore). L'elaborato riporta il valore monetario (€/ha/anno) teorico di ciascun pixel, in funzione della specifica classe di uso del suolo di appartenenza. I valori teorici, o base, sono stati desunti da letteratura (Koschke et al., 2012; Cervelli, 2014), aggiornati e contestualizzati al territorio campano (Elaborazione 07/2019).

6.3 COSTRUZIONE DEI CRITERIA TREE - PRE-SITING di IMPIANTI - APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI

L'articolazione dei criteri/attributi e dei cluster, secondo struttura gerarchica, è riportata nel grafico seguente.

Fig. 3: Criteria tree – APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI

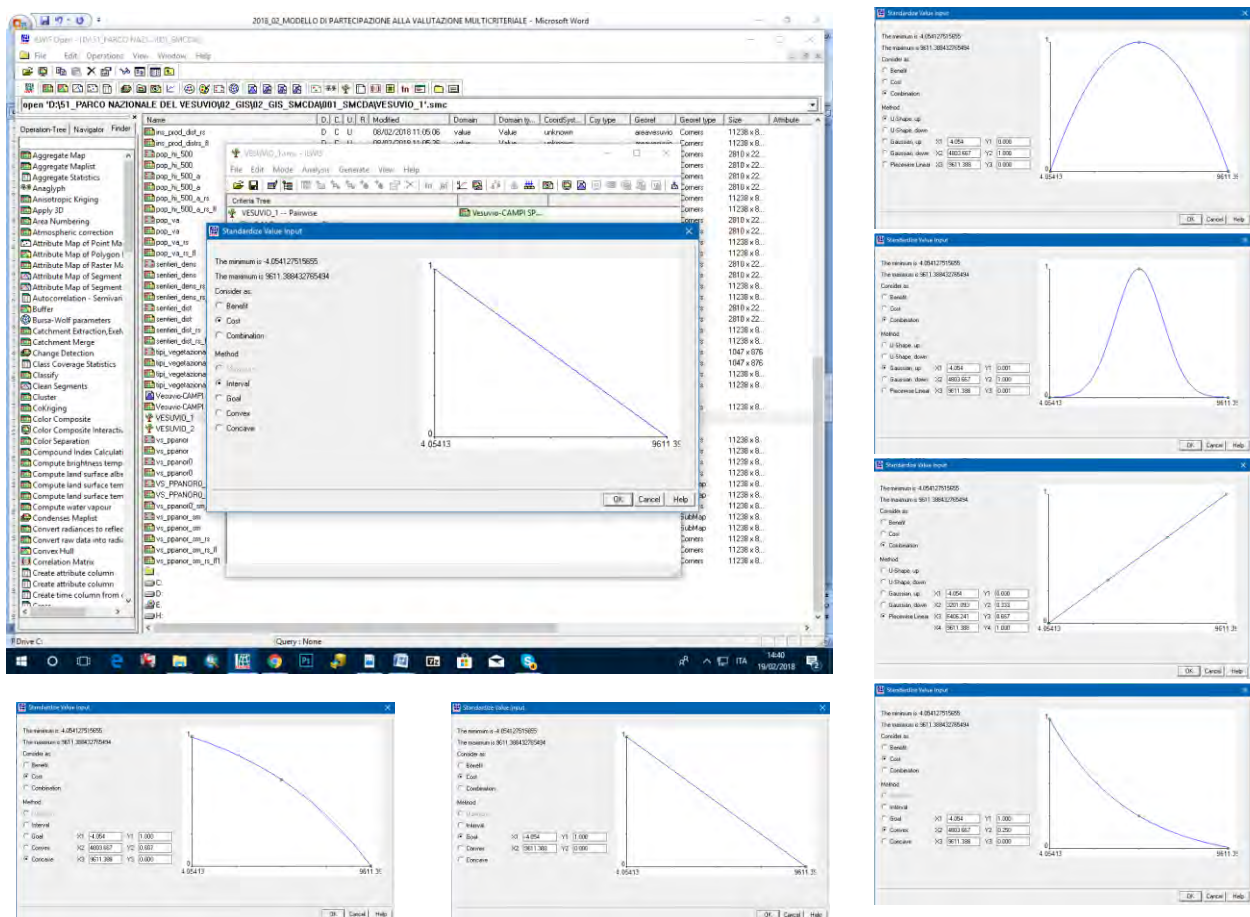


6.4 STANDARDIZZAZIONE DEI VALORI

Nella fase di “design”, per ciascun criterio/attributo, elaborato in formato raster, si è proceduto alla standardizzazione dei valori, ovvero alla omogenizzazione dei valori in una comune scala (da 0 a 1), che esprima il grado di rispondenza di ciascun attributo/criterio/strato agli obiettivi di progetto. Tale operazione è essenziale in un processo di valutazione multicriteriale in quanto consente di confrontare attributi di natura diversa (espressi per attributi, classi, o valori numerici) o con scale e/o unità di grandezza differenti.

Con software specifico si è proceduto a tale operazione, riconoscendo il valore massimo (1) alle aree maggiormente idonee all’obiettivo: l’identificazione degli ambiti idonei per siting di impianti. Nello specifico, come concordato con il panel di esperti, si è operato mediante standardizzazione di tipo lineare, in considerazione del rapporto costi/benefici dell’attributo rispetto agli obiettivi di lavoro. Nella Tabella 1 sono riportati i singoli attributi e per ciascuno è indicato se sia stato considerato mediante funzione lineare di costo (-) o beneficio (+).

Fig. 4: Esempi di possibili funzioni di standardizzazione



6.5 PONDERAZIONE DEI CRITERI

Ottenute tutte le mappe con lo stesso intervallo di valori, mediante ponderazione vengono assegnati i corrispondenti pesi a ciascun criterio, riconoscendo un ordine di importanza tra tutte le alternative possibili (Malczewski, 1999).

In funzione del numero consistente di criteri e attributi considerati e di esperti consultati, in questa sede, con il supporto del panel, si è optato per operare mediante la tecnica del rating. Tale tecnica consiste nell’assegnare un valore numerico (il peso) ai singoli criteri appartenenti a ciascun cluster e, quindi, ai vari cluster (per livello), in

funzione della struttura gerarchica del criteria tree e dell'importanza riconosciuta, normalizzando i risultati rispetto alla somma dei punteggi.

Nello specifico i pesi sono stati assegnati in un intervallo tra 0 e 10, assegnando il punteggio massimo agli elementi ritenuti maggiormente significativi per gli obiettivi di lavoro. Il software utilizzato (ILWIS) ha successivamente normalizzato tutti i pesi, per livelli successivi, in una scala tra 0 e 1.

Di seguito, si riportano i pesi assegnato a ciascun criterio.

Tab. 1: PRE-SITING IMPIANTI - APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI: pesi e criteri di standardizzazione

OBIETTIVO	CRITERI			
	TIPO	CLUSTER		ATTRIBUTI
		N		
APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI	Vincoli	Da normativa		Rinviati ad analisi di dettaglio successive
		Di antropizzazione		Urbano (+ buffer 100m) Impianti esistenti (+ buffer 1km)
		Naturali/Culturali		Zone A (Riserva integrale) dei PN e PR Corsi idrici principali (+ buffer 150m) bacini idrografici e coste (+ buffer 300m) Emergenze culturali extraurbane (+ buffer 100m)

OBIETTIVO	CRITERI						COSTI/ BENEFICI	
	TIPO	CLUSTER		SUB-CLUSTER		ATTRIBUTI		
		W	N	W	N	W		N
APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI	Fattori	0.33	Limitanti	0.71	Antropico/storico/culturali	0.17	Edificato/Urbano (distanze)	+
						0.33	Popolazione (KD)	-
						0.17	Emergenze culturali extraurbane (distanze)	-
						0.33	Valori culturali (Recreation InVEST)	-
						0.29	Paesaggistico/Naturali	0.71
		0.67	A supporto	0.50	AZIENDE	0.29	Sistema delle aree naturali protette (distanze)	+
						0.56	Nuclei di Attenzione Az Bufaline (NdA - vicinanza)	-
						0.44	Aziende bufaline (KD N al campo)	+
						0.48	Zone vulnerabili ai nitrati (binaria)	+
						0.50	TERRITORIO	0.14
				0.38	Viabilità secondaria (densità)	+		

6.6 I RISULTATI

Una volta predisposti tutti gli strati raster corrispondenti agli attributi, per ogni singolo pixel del territorio è possibile integrare i valori di tutte le variabili in un unico raster, con l'ausilio del Map Algebra. L'integrazione dei raster può avvenire tramite varie tecniche, in questa sede si è utilizzata la combinazione lineare pesata o WLC (Weighted Linear Combination):

$$P_i = \sum_{j=1}^n w_j x_{ij}$$

dove “n” è il numero delle variabili in input, “i” è l’indice del pixel, “x_{ij}” indica il valore che la variabile j-esima assume nel pixel i-esimo, P_i il valore risultante nel pixel i-esimo e w_j sono i pesi della combinazione lineare, normalizzati in modo che la somma sia pari a 1. Nel linguaggio della Map Algebra questa tecnica rientra nella classe degli operatori locali (Di Zio, 2009).

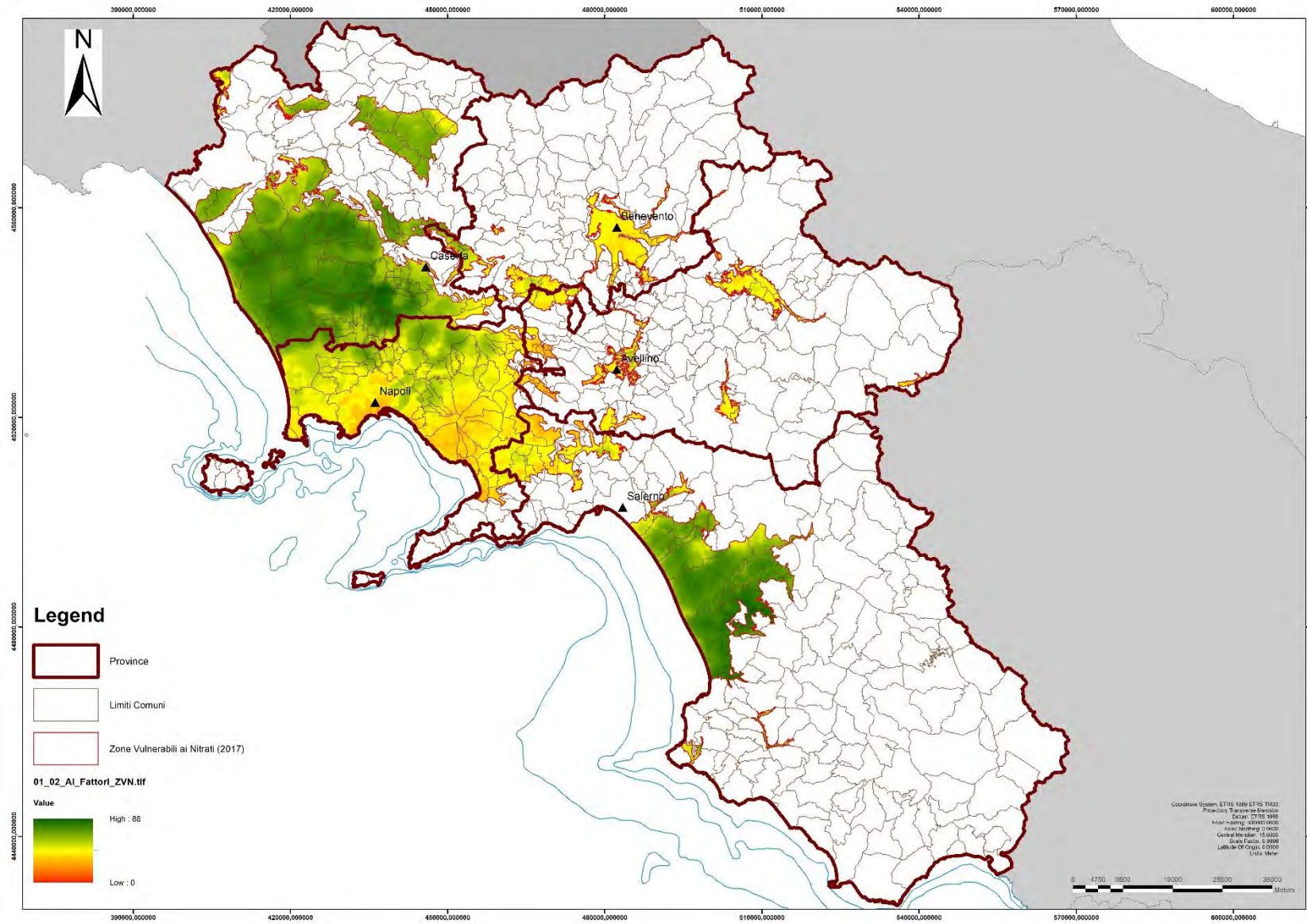
Il risultato delle operazioni descritte è l’elaborazione della “Suitability Map”, un elaborato grafico che fornisce il “grado di idoneità” del territorio rispetto all’obiettivo prefissato, in funzione dei parametri scelti e su una scala condivisa (ad esempio da 1 a 100). I valori più alti esprimono le aree con maggiore interesse.

Con la tecnica del Natural Breaks, la scala di valori è stata categorizzata in 5 classi che restituiscono il grado di idoneità territorio al SITING IMPIANTI: nullo; medio-basso; medio; medio-alto; alto.

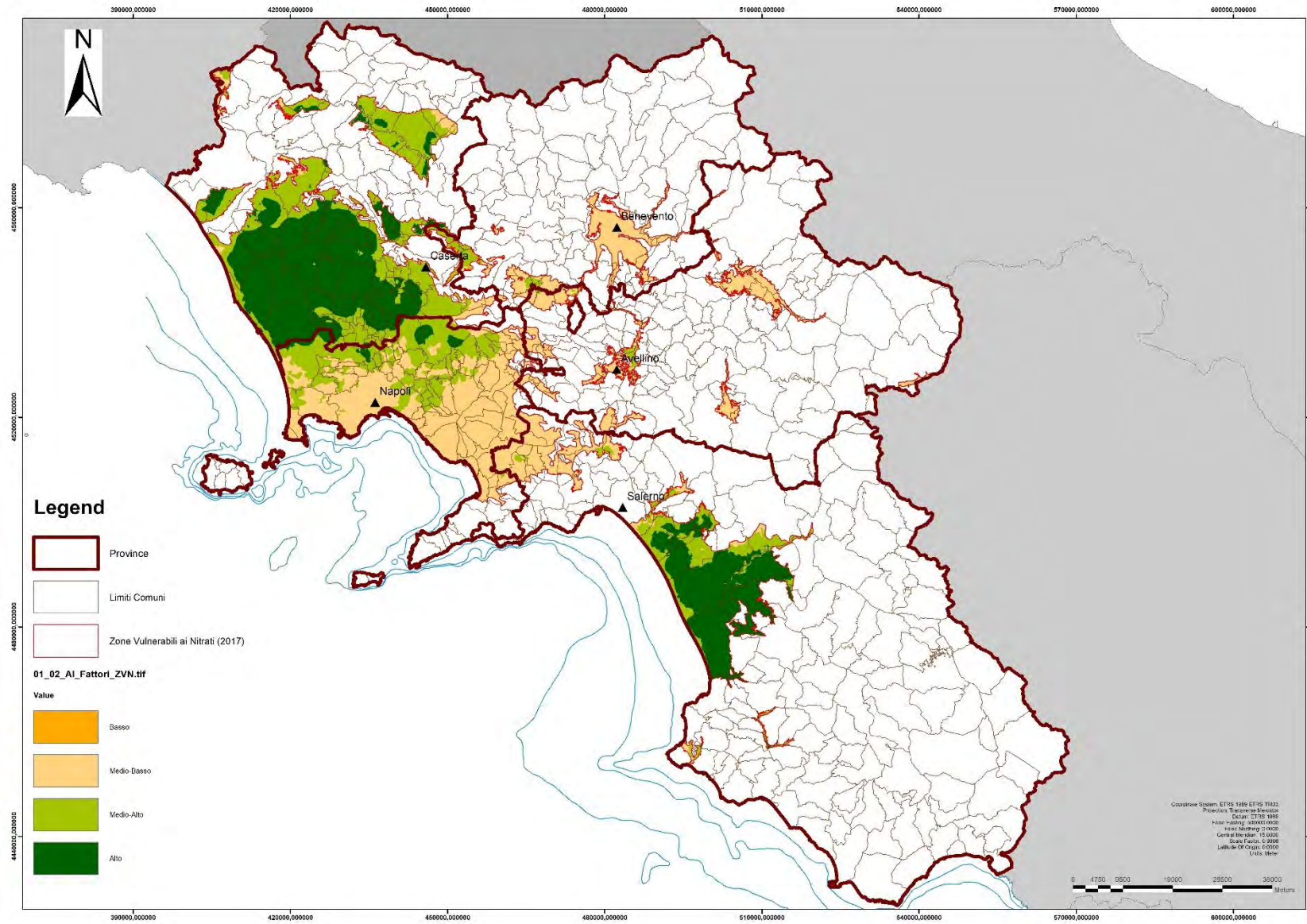
Il processo di costruzione della Suitability map è stato effettuato tenendo presente le condizioni dell’intero territorio regionale, in modo da non correre il rischio di non considerare condizioni di interesse limitrofe o esterne alle aree di interesse.

La Suitability map è invece stata ritagliata esclusivamente per le Zone Vulnerabili ai Nitrati (ZVNOA 2017), ambito di indagine del presente lavoro.

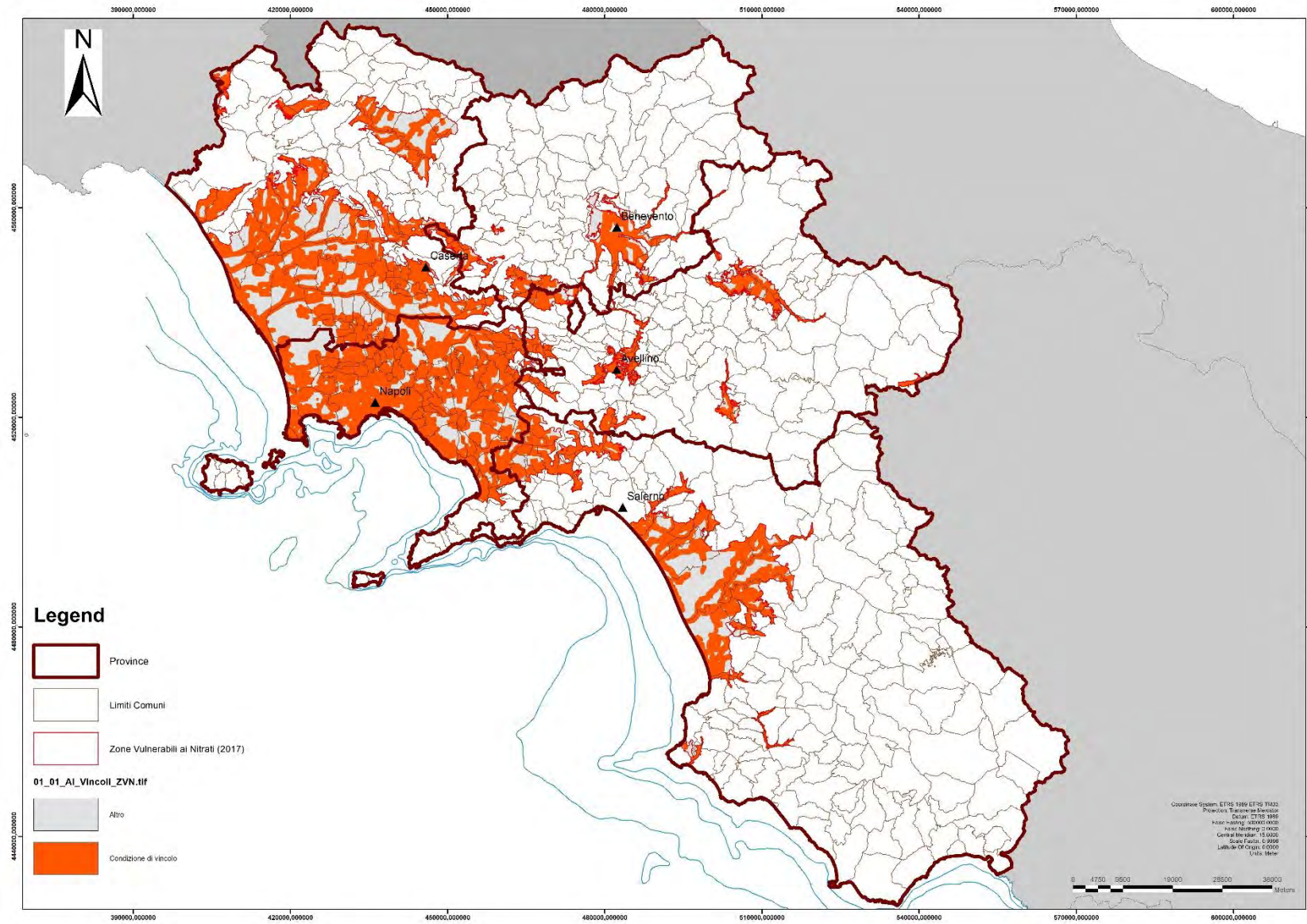
PRE-SITING IMPIANTI - APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI – Fattori (Stretched)



PRE-SITING IMPIANTI - APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI – Fattori (Classified)



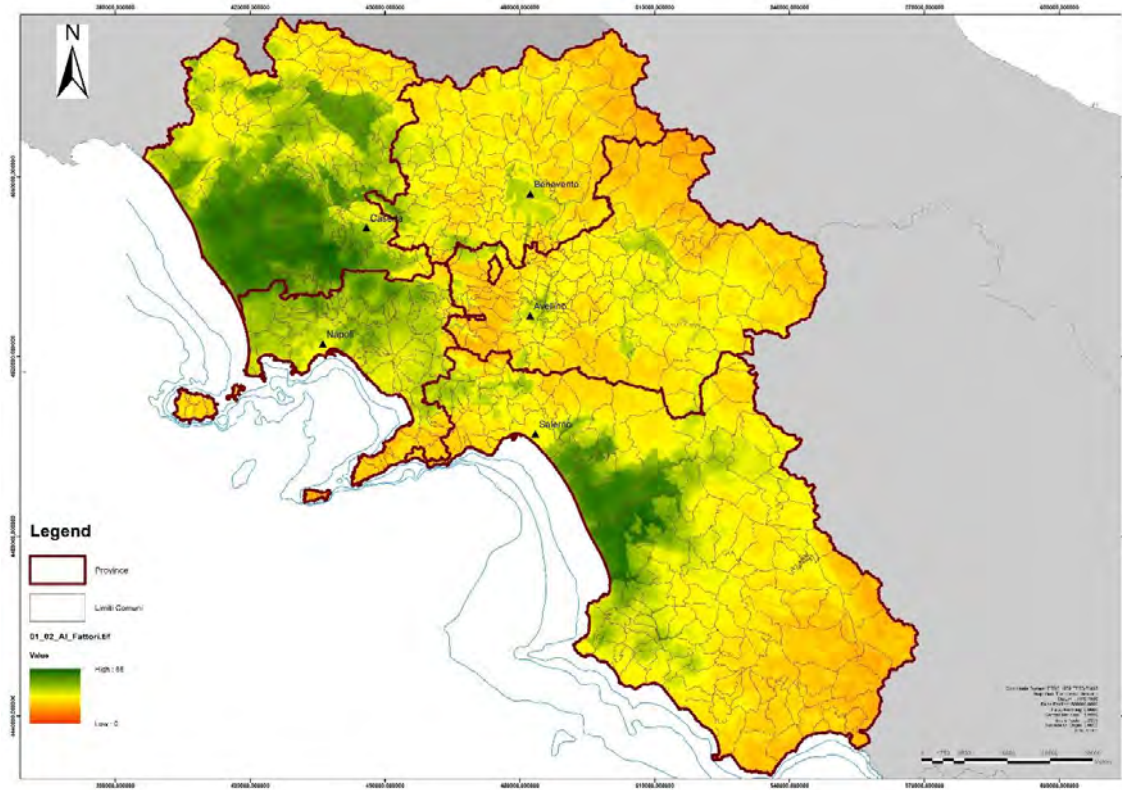
PRE-SITING IMPIANTI - APPROVVIGIONAMENTO IMPIANTI – Vincoli



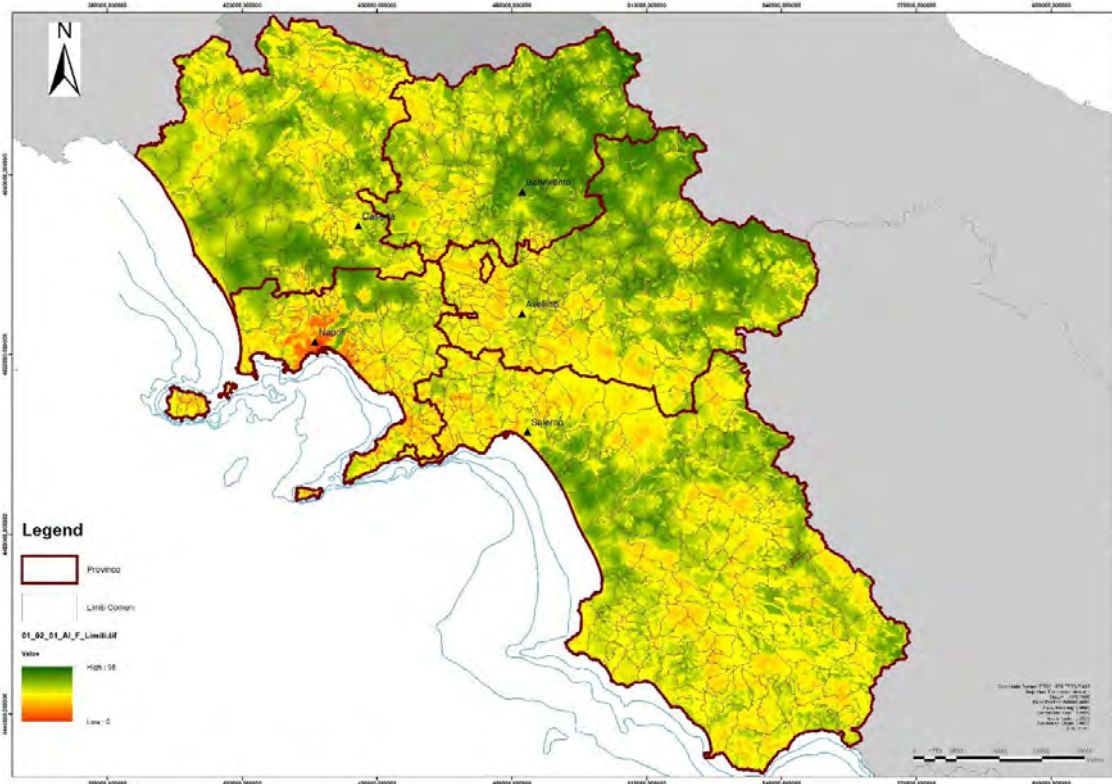
ANALISI



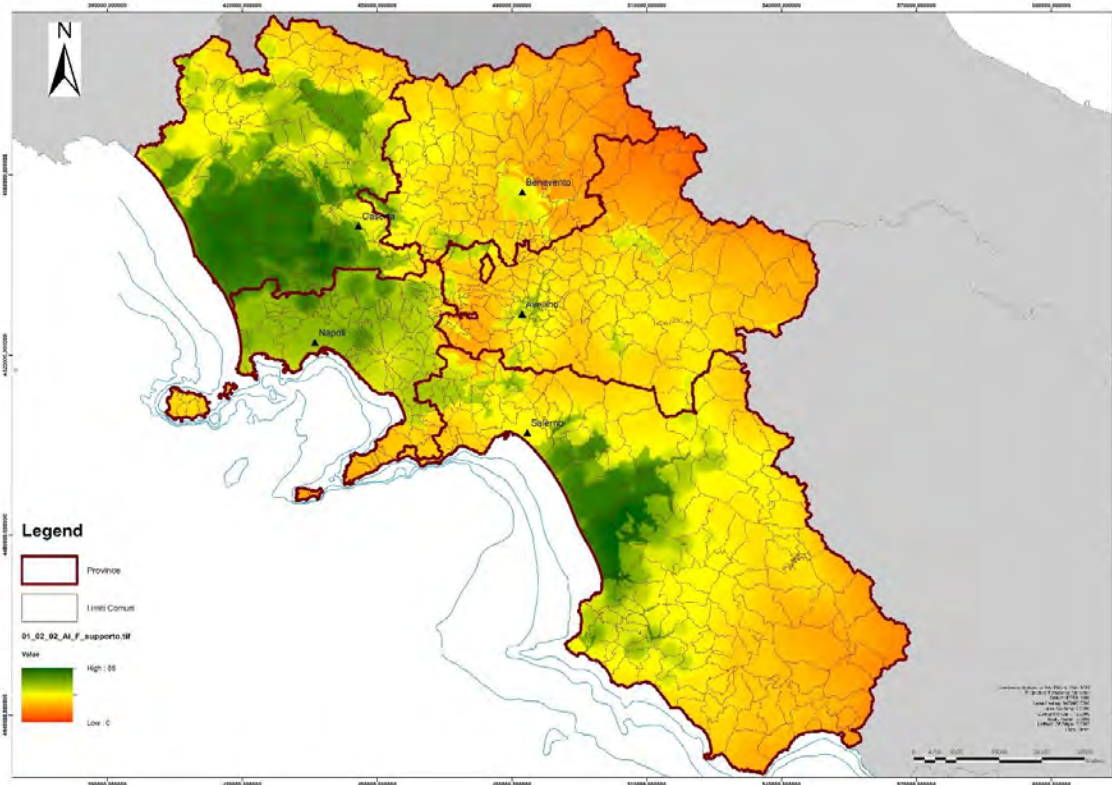
Vincoli



Fattori



Fattori Limitanti



Fattori a supporto

Bibliografia

1. Burstein, F., & Holsapple, C. W. (Eds.). (2008). *Handbook on decision support systems 2: variations*. Springer Science & Business Media.
2. Cervelli, E., Pindozi, S., Sacchi, M., Capolupo, A., Cialdea, D., Rigillo, M., & Boccia, L. (2017). Supporting land use change assessment through Ecosystem Services and Wildlife Indexes. *Land Use Policy*, *65*, 249-265.
3. Di Zio, S., & Bernabei, D. (2009). Un modello GIS multicriterio per la costruzione di mappe di plausibilità per la localizzazione di siti archeologici: il caso della costa teramana. *Archeologia e Calcolatori*, *20*, 309-329.
4. Ferretti, V., & Pomarico, S. (2012). Integrated sustainability assessments: a spatial multicriteria evaluation for siting a waste incinerator plant in the Province of Torino (Italy). *Environment, development and sustainability*, *14*(5), 843-867.
5. Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. John Wiley & Sons, New York (1999).
6. Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International journal of geographical information science*, *20*(7), 703-726.
7. Tegou L, Polatidis H, Haralambopoulos DA. 2010. Environmental management framework for wind farm siting: methodology and case study. *Journal of Environmental Management* *91*(11): 2134– 2147.
8. Keeney, R. L., & McDaniels, T. L. (1992). Value-focused thinking about strategic decisions at BC Hydro. *Interfaces*, *22*(6), 94-109.



ALLEGATO 1

Schema di “Manifestazione di interesse per la realizzazione di impianti collettivi di trattamento dei reflui bufalini nelle ZVNOA della Regione Campania delimitate con DRG n. 762 del 05/12/2017”.

PREMESSO CHE

- a) con D.G.R n. 152 del 17/04/2019 la Giunta Regionale ha dato mandato alla Direzione Generale Politiche Agricole Alimentari e Forestali di costituire un gruppo di lavoro interdisciplinare per la redazione di un documento programmatico denominato “*Programma straordinario per l’adeguamento impiantistico-ambientale a supporto del comparto bufalino in Campania*”;
- b) la necessità di tale *Programma straordinario* trova motivazione dalla rilevanza economica, sociale e territoriale della filiera della mozzarella di bufala campana che, negli ultimi decenni, ha determinato una notevole espansione del comparto bufalino;
- c) gli allevamenti bufalini campani ricadono attualmente per il 98% circa nella recente ripermimetrazione delle ZVNOA della Regione Campania in cui sussistono obblighi molto stringenti per le aziende bufaline, per tutelare la qualità delle acque dall’inquinamento da nitrati di origine agricola, nella gestione degli effluenti zootecnici prodotti nei loro allevamenti;
- d) la Regione Campania con D.G.R n. pubblicata sul BURC n. In attuazione della DGR n. 152 del 17/04/2017, ha approvato il “*Programma straordinario per l’adeguamento impiantistico-ambientale a supporto del comparto bufalino in Campania*”
- e) il *Programma straordinario*, in sintonia con le normative e gli obblighi comunitari, nazionali e regionali, ha come obiettivo prioritario il trattamento, in impianti collettivi, dei reflui zootecnici degli allevamenti bufalini ricadenti nelle suddette Zone Vulnerabili ai Nitrati di Origine Agricola della Regione Campania, approvate con DGR n. 762 del 5.12.2017;
- f) gli strumenti previsti per l’attuazione del *Programma straordinario* sono quelli previsti dal DM 5046/2016, art. 41 “*Strategie di gestione integrata degli effluenti zootecnici*”.

TANTO PREMESSO

la Regione Campania, al fine di promuovere la realizzazione degli impianti di trattamento dei reflui bufalini nelle ZVNOA della regione Campania (DGR n. 762 del 5.12.2017) intende avviare le attività propedeutiche per la presentazione dei relativi progetti da parte dei soggetti interessati, in conformità a quanto previsto dal DM 5046/2016 e dalle *Linee guida tecnico scientifiche* di cui al *Programma straordinario*. Per tale motivo

RENDE NOTO CHE

questa Direzione Generale intende acquisire manifestazioni di interesse da parte dei soggetti interessati, di cui al comma 3, art. 41 del DM 5046/2016, per realizzare nel territorio ricadente nella recente ripermetrazione delle ZVNOA della regione Campania, ai sensi del comma 2 del predetto art. 41, impianti collettivi di trattamento dei reflui bufalini conformi alle specifiche di cui all'Allegato III, parte B del DM 5046/2016 e delle *Linee guida tecnico scientifiche* avanti citate.

DESCRIZIONE DEGLI IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEI REFLUI BUFALINI

Per la definizione delle tipologie impiantistiche oggetto del presente avviso il riferimento tecnico è costituito dalle *“Linee guida tecnico-scientifiche per la realizzazione di impianti di trattamento collettivi dei reflui bufalini nelle ZVNOA della Campania”* di cui al *“Programma straordinario per l'adeguamento impiantistico-ambientale a supporto del comparto bufalino in Campania”*.

CRITERI DI LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI TRATTAMENTO DEI REFLUI BUFALINI

Gli impianti dovranno essere localizzati nelle ZVNOA della Regione Campania approvate con DGR n. 762 del 5.12.2017, pubblicate sul Bollettino Ufficiale della Regione Campania numero 89 del 11.12.2017.

SOGGETTI DESTINATARI DELL'AVVISO PUBBLICO

Possono presentare la propria manifestazione di interesse consorzi o altre forme di cooperazione ai sensi del DM 5046/2016, con la partecipazione di soggetti pubblici e/o soggetti privati, che si candidano per la realizzazione di impianti di trattamento dei reflui bufalini con le caratteristiche indicate nelle *“Linee guida tecnico-scientifiche per la realizzazione di impianti di trattamento collettivi dei reflui bufalini nelle ZVNOA della Campania”*

MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DELLE CANDIDATURE

I soggetti interessati, dovranno inoltrare apposita istanza redatta secondo la Scheda allegata alla presente manifestazione di interesse (Allegato “Scheda Progetto”)

L'istanza di candidatura, contenente tutte le informazioni di cui alla Scheda Progetto, dovrà essere trasmessa entro XXX (.....) giorni dalla data di pubblicazione del presente avviso sul sito istituzionale della Regione Campania, al seguente indirizzo di posta certificata: staff.500791@pec.regione.campania.it.

La Regione Campania si riserva di espletare apposita procedura di selezione delle candidature pervenute.

La risposta al presente avviso non comporta l'assunzione di alcun obbligo specifico da parte del soggetto proponente né da parte della Regione Campania.

I dati raccolti saranno trattati, ai sensi del D.L. gs. 196/03 e s.m.i., esclusivamente nell'ambito del presente avviso e, pertanto, i concorrenti, con la sottoscrizione della comunicazione, esprimono il loro assenso al predetto trattamento.

Il responsabile del procedimento èDirigente dell'UOD.....

Contatto per eventuali informazioni:@regione.campania.it

Ulteriori informazioni

Tale avviso sarà pubblicato sul BURC e sul sito istituzionale della Regione Campania, sezione “News”, sottosezione “Regione Informa” e

Il Direttore Generale

Dott. Filippo Diasco

ALLEGATO 1

Scheda progetto per la partecipazione alla “Manifestazione di interesse per la realizzazione di impianti collettivi di trattamento dei reflui bufalini nelle ZVNOA della Regione Campania delimitate con DRG n. 762 del 05/12/2017”

SEZIONE I - INFORMAZIONI GENERALI

I.A) Denominazione del progetto

I.B) ACRONIMO DEL PROGETTO

I.C) SINTESI DEL PROGETTO E OBIETTIVI *(Max 2500 caratteri)*

I.D) COSTO TOTALE DEL PROGETTO

COSTO TOTALE (EURO)	
---------------------	--

I.F) NUMERO TOTALE DI PARTNER

--

I.G) REFERENTE DEL PROGETTO

Nome Cognome	_____
Qualifica	_____
Telefono	_____
Fax	_____
Mail	_____
PEC	_____
Codice Fiscale	_____

SCHEDA DI SINTESI DEL PROGETTO

(inserire righe e sottorighe secondo le necessità)

INDICATORE		DESCRIZIONE
1. Localizzazione dell'impianto		
2. Numero e localizzazione delle aziende bufaline servite dall'impianto		

3. Numero di capi serviti dall'impianto		
4. Flusso di effluenti zootecnici trattati		
5. (metri cubi o tonnellate/giorno)		
6. Soggetti del partenariato diversi dalle imprese agricole e/o forestali	numero totale di soggetti	
7. Imprenditori agricoli e/o forestali, singoli o associati aderenti al partenariato	numero totale di soggetti	
8. Impresa agricola	Nominativo dell'impresa	
	comune di ubicazione	
	la distanza della sede operativa aziendale dall'impianto di trasformazione delle biomasse	
	coordinate gps dell'impresa	

SEZIONE II – PARTENARIATO

Nelle apposite sottosezioni devono essere inseriti i dati relativi a ciascun componente con riferimento alla categoria di appartenenza ed alle funzioni svolte. Al soggetto Capofila va assegnata la lettera A; ogni ulteriore componente va inserito nella sottosezione della categoria di appartenenza con lettera progressiva:

A.1 SOGGETTO CAPOFILA (COD. A)

A.1.1 Anagrafica

Denominazione

Codice ATECO (nel caso di impresa)

Codice CUA (nel caso di impresa agricola)

Codice iscrizione CCA (nel caso di altra impresa)

Indirizzo

Città

CAP

Provincia

Telefono

Fax

PEC

Codice Fiscale

Partita IVA

A.1.2 Legale rappresentante

Nome Cognome

Telefono

Fax

Mail

PEC

Codice Fiscale

A.1.3 REFERENTE PER IL PROGETTO

Nome Cognome

Qualifica

Telefono

Mail

PEC _____

A.1.4 BREVE PRESENTAZIONE DEL SOGGETTO CAPOFILA E RUOLO NEL PROGETTO.

Indicare le caratteristiche di coerenza, pertinenza, competenza rispetto al PF.
(Max 2500 caratteri)

B.1 SOGGETTI PARTECIPANTI (DA RIPETERSI PER CIASCUN SOGGETTO)

B.1.1 Anagrafica

Denominazione _____

Codice ATECO _____

Codice CUA _____

Indirizzo _____

Città _____
CAP _____
Provincia _____
Telefono _____
Fax _____
Mail _____
PEC _____
Codice Fiscale _____
Partita IVA _____

B.1.3 REFERENTE PER IL PROGETTO

Nome Cognome _____
Qualifica _____
Telefono _____
Mail _____
PEC _____

B.1.4 BREVE PRESENTAZIONE DEL SOGGETTO E RUOLO NEL PROGETTO

Indicare le caratteristiche di coerenza, pertinenza, competenza rispetto al progetto.
(MAX 1000 CARATTERI).

SEZIONE III – CARATTERISTICHE DEL PROGETTO

1) **AMBITO TERRITORIALE DI REALIZZAZIONE DEL PROGETTO**

Descrivere in maniera dettagliata: il problema specifico da affrontare o dell'opportunità da sfruttare, la rilevanza del problema e/o opportunità, lo scenario di riferimento settoriale e territoriale

(Max 3.000 caratteri)

2) **ELABORATO CARTOGRAFICO**

Allegare e descrivere l'elaborato cartografico, con indicazione dei limiti comunali, riportante:

- la localizzazione dell'impianto di trattamento dei reflui;
- l'ubicazione delle aziende zootecniche servite dall'impianto
- la distanza in km delle aziende zootecniche rispetto l'impianto di trattamento

(Max 2500 caratteri)

3) DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI ALLEVAMENTI BUFALINI SERVITI DALL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO

BREVE DESCRIZIONE DELLE AZIENDE ZOOTECHNICHE SERVITE DALL'IMPIANTO

(MAX 2500 CARATTERI)

4) DESCRIZIONE SINTETICA DEI BILANCI DI MASSA, ENERGETICO E AMBIENTALE
(TABELLE E/O FLUSSI, GRAFICI)

(Max 2500 caratteri)

4.a) **BILANCIO DI MASSA** (DELLE SOSTANZE IN INGRESSO ED IN USCITA).

4.b) **BILANCIO ENERGETICO** (CONSIDERATA L'INTERA FILIERA DEL PROCESSO, DALLA RACCOLTA DELLA BIOMASSA ALL'UTILIZZO DEI PRODOTTI IN USCITA).

4.c) **BILANCIO AMBIENTALE** (CON RIFERIMENTO ALLE EMISSIONI DI GAS CLIMA-ALTERNATI E CONSIDERATA L'INTERA FILIERA DEL PROCESSO, DALLA RACCOLTA DELLA BIOMASSA ALL'UTILIZZO DEI PRODOTTI IN USCITA).

5) DESCRIZIONE SINTETICA DEL MODELLO TECNICO ORGANIZZATIVO

Descrizione sintetica della filiera di trattamento, con particolare riferimento a:

- modalità di conferimento degli effluenti all'impianto;
- processi di trattamento e riduzione del tenore di azoto;
- processi di trattamento, compostaggio, utilizzo agronomico dei digestati;
- sostenibilità economico-gestionale
- sostenibilità paesaggistica e ambientale.

(Max 2500 caratteri)