
11. FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA DELLE DIVERSE ALTERNATIVE DI GESTIONE DEI FANGHI

Per valutare la fattibilità tecnico-economica delle diverse alternative di gestione dei fanghi, con particolare riferimento a quelle che consentono innanzitutto di minimizzarne la produzione e, in secondo luogo, di massimizzarne il recupero materiale o energetico, è necessario effettuare considerazioni riferite ad una realtà territoriale specifica. In questo caso, infatti, è possibile fare riferimento a vincoli di natura tecnico-economica reali, ipotizzando diversi scenari e simulando i relativi costi e benefici. Di seguito quindi si riportano i risultati di uno studio dal titolo “Sostenibilità ed evoluzione tecnologica nel sistema di depurazione lombardo: il riutilizzo delle acque reflue e dei fanghi di depurazione”⁸ affidata all’Istituto Regionale di Ricerca (IReR) nell’ambito del Piano di ricerche strategiche 2006 dalla Regione Lombardia - Direzioni Generali Reti, Servizi di Pubblica Utilità e Sviluppo Sostenibile e Agricoltura.

Questo studio, in cui la parte di competenza dell’Ingegneria Sanitaria-Ambientale, è stata curata e sviluppata dagli estensori del presente rapporto, rappresenta un interessante esempio di pianificazione a scala regionale e contiene considerazioni che possono essere (sia a livello metodologico, sia a livello tecnico-operativo) trasferite ad altre realtà territoriali.

La documentazione integrale relativa alla ricerca è disponibile sul sito Internet:
<http://www.irer.it/ricerche/territoriale/ambiente/2006B039>

11.1 PREMESSA

La problematica del trattamento e smaltimento dei fanghi prodotti dai processi di depurazione delle acque reflue urbane assume sempre più importanza sia a livello nazionale che internazionale. In Lombardia questa problematica trova un forte riscontro, sia per il notevole quantitativo di fanghi di depurazione prodotti, sia per il loro considerevole utilizzo in agricoltura, specie in provincia di Pavia. I trattamenti più avanzati e spinti previsti, per le acque reflue, dal PTUA (in particolare defosfatazione e filtrazione) per conseguire i restrittivi limiti agli scarichi in corpo idrico imposti dalla legge indurranno peraltro un consistente aumento dei quantitativi prodotti.

IReR ha promosso una ricerca su questo tema, con l’obiettivo finale di fornire alla Committenza regionale indicazioni di policy per il trattamento, la gestione e il riutilizzo razionale e sostenibile dei fanghi di depurazione.

La base conoscitiva è stata costituita attraverso l’acquisizione e l’analisi dei riferimenti di letteratura più recenti a livello internazionale. Sono stati inoltre individuati casi specifici nella realtà italiana con i quali sono stati avviati contatti in modo da acquisire informazioni e dati di-

⁸ “Sostenibilità ed evoluzione tecnologica nel sistema di depurazione lombardo: il riutilizzo delle acque reflue e dei fanghi di depurazione” (cod. IReR 2006B039), parte B.

Responsabile di progetto IReR: Alessandro Colombo

Gruppo di ricerca: Carlo Collivignarelli, Sergio Papiri, Giorgio Bertanza, Cristina Collivignarelli, Sabrina Zanaboni (Studio Ecotecno di Pavia, Università di Brescia, Università di Pavia); Pierluigi Genevini, Fulvia Tambone, Giorgio Provolo (Università degli Studi di Milano); Marina Riva (Referente di ricerca IReR).

rettamente presso impianti che già svolgono trattamenti “innovativi” e/o inviano i propri fanghi al riutilizzo agricolo e/o utilizzano i fanghi a fini energetici. Inoltre sono stati presi contatti con impianti centralizzati di trattamento fanghi al fine di acquisire direttamente informazioni circa i criteri gestionali adottati e le problematiche tecnico-economiche. L’analisi dei dati gestionali di questi impianti, unitamente alla discussione delle problematiche applicative ed economiche ha costituito la base per delineare il quadro dei fattori tecnico-economici e sociali coinvolti. Nell’ambito della ricerca è stata anche condotta una campagna analitica *ad hoc* finalizzata alla caratterizzazione quali-quantitativa dei fanghi prodotti in alcuni impianti lombardi.

11.2 INQUADRAMENTO DELLA PROBLEMATICHE

Il problema della gestione dei fanghi può essere inquadrato, a livello generale, evidenziando i seguenti punti:

- per affrontare il problema dello smaltimento/recupero dei fanghi, che sta assumendo un peso sempre maggiore, è necessario agire simultaneamente in più direzioni, tutte ugualmente importanti ed efficaci;
- seguendo i principi alla base della normativa europea sui rifiuti, tali direzioni si possono identificare, in una scala prioritaria, in interventi volti alla minimizzazione della produzione del fango, interventi volti al recupero (prima di materia, poi di energia) e infine nello smaltimento in sicurezza;
- per quanto riguarda la minimizzazione della produzione, vi sono interessanti prospettive in campo tecnologico: alcuni processi sono già disponibili a livello commerciale e molti sistemi promettenti sono in fase di sperimentazione. L’affidabilità, la convenienza economica, gli svantaggi indiretti derivanti dall’applicazione di questi processi (es. modificazioni nelle caratteristiche qualitative dell’effluente, effetti indesiderati sulla biomassa ecc.) vanno valutati molto attentamente caso per caso. In particolare, appaiono interessanti e destinati ad essere applicati convenientemente nel prossimo futuro (ci sono già segnali in tal senso attraverso le prime applicazioni) alcune delle tecnologie (es.: termolisi, wet oxidation, etc...) che operano in “linea fanghi” in quanto appaiono più “sicure” (in quanto prive di rischi per il processo depurativo) di quelle che operano in “linea liquami”. Va peraltro segnalato che anche nell’ambito dei trattamenti già presenti sugli impianti esiste senz’altro un margine di miglioramento che può essere conseguito attraverso una attenta conduzione, che porterebbe ad una riduzione della produzione di fango;
- per quanto riguarda il recupero di materia si fa essenzialmente riferimento all’impiego dei fanghi in agricoltura (eventualmente previo compostaggio). In questo caso sono molte le iniziative, avviate principalmente da parte di Enti di Controllo o normazione, volte a verificare gli effetti di questa pratica e a “rinnovare” le norme esistenti, per far sì che il recupero della risorsa materiale possa essere condotto riducendo al minimo i rischi potenziali per l’uomo e per l’ambiente;
- in tema di trattamenti termici, interessanti sembrano le alternative che consentono un recupero energetico, in quanto da una parte assicurano il controllo delle emissioni nocive, dall’altro permettono lo sfruttamento della risorsa. Anche in questo settore, accanto ai processi convenzionali di incenerimento ed alle applicazioni che vedono l’uso dei fanghi essiccati come combustibile alternativo in forni industriali (ad es. i cementifici), continua lo studio di sistemi alternativi (gassificazione, pirolisi, termocatalisi ecc.) per alcuni dei quali esistono anche importanti applicazioni industriali;

– per quanto riguarda infine lo smaltimento in discarica, in questo scenario e anche nell’ottica delle recenti norme, esso sarà necessariamente limitato ai residui dal trattamento.

11.3 PRODUZIONE DI FANGHI IN LOMBARDIA

11.3.1 Situazione attuale

L’analisi dell’archivio depuratori fornito dalla Regione (aggiornamento gennaio 2007) ha permesso di stabilire numero e consistenza degli impianti di depurazione in Lombardia. La potenzialità complessiva nominale dei 410 impianti (sopra i 2.000 A.E.) di cui sono disponibili i dati risulta pari a 14.132.820 A.E., a fronte di una potenzialità effettiva di 11.725.410 A.E.. L’86 % degli impianti ha una potenzialità inferiore ai 50.000 A.E. Viceversa per quanto riguarda la potenzialità complessiva della Lombardia il 76% circa è attribuibile agli impianti con potenzialità maggiore di 50.000 A.E..

La produzione di fango degli impianti lombardi, in termini di sostanza secca, è stata stimata (mediante una procedura di calcolo che prende in considerazione la tipologia di trattamento adottato) in poco più di 200.000 tSS/anno.

Per quanto concerne le caratteristiche qualitative dei fanghi, si è svolta una campagna analitica *ad hoc*, con la possibilità di ricercare, seppur su un numero limitato di impianti, un notevole numero di parametri, che sono stati analizzati nei fanghi freschi, in quelli digeriti/disidratati e nelle acque di scarico. Sono stati considerati 3 impianti ubicati in Lombardia. Le analisi hanno evidenziato che i fanghi dei tre impianti rispettano i vincoli normativi per il riuso diretto in agricoltura (ex D.lgs 99/92) per quanto riguarda il contenuto di carbonio organico, nutrienti e salmonella. Essi rispettano inoltre tutti i limiti vigenti a livello nazionale e i limiti proposti nella bozza di direttiva comunitaria (DRAFT, 2000), anche per gli inquinanti organici. C’è solo da segnalare che il nichel supera, in due casi, il limite proposto a lungo termine a livello europeo (bozza di direttiva), così come il rame, anche se di molto poco, in un unico impianto. È stato anche condotto, presso il Di.Pro.Ve. dell’Università degli Studi di Milano, un *test di fitotossicità* sui tre differenti campioni di fango. I fanghi esaminati non hanno indotto, alle dosi testate, effetti avversi sulla crescita delle piante e si ritengono quindi idonei all’utilizzo agricolo.

11.3.2 Situazione al 2016

Dall’archivio depuratori della Regione è stato inoltre possibile ricavare il quadro del numero e potenzialità degli impianti di depurazione previsti al 2016 (in totale 448, sopra i 2.000 A.E., per una potenzialità complessiva di circa 20.000.000 A.E.).

Per la stima del quantitativo di fango prodotto, sono stati considerati i seguenti elementi: potenzialità; limiti allo scarico (ai sensi del Regolamento regionale n. 3 del 24 marzo 2006); schema impiantistico, in relazione ai limiti da rispettare allo scarico; presenza o meno della fase di sedimentazione primaria.

Nel caso di impianti dotati di sedimentazione primaria, sono state individuate due possibili alternative: fanghi primari e secondari trattati insieme (alternativa A) oppure separatamente (alternativa B), tenendoli, in quest’ultimo caso, distinti per consentirne uno smaltimento differenziato. Nella tabella 11.3.2/1 è riportata, per ogni ATO, la produzione complessiva di sostanza secca così calcolata.

Tab. 11.3.2/1 – *Produzione complessiva di fango (sostanza secca) degli impianti di depurazione appartenenti ai diversi ATO della Lombardia (stima al 2016).*

ATO	N° impianti	A.E. TOT	Impianti senza sedimentaz. primaria	kgSS/anno		
				Impianti con sedimentazione primaria		
				Alternativa A	Alternativa B	
			Primario+Secondario	Primario	Secondario	
BG	65	2.400.282	20.746.744	21.948.161	16.089.212	6.242.745
BS	81	2.333.732	29.928.754	11.268.113	8.265.859	3.188.299
CO	23	1.386.757	11.285.921	13.719.860	10.068.702	3.881.773
CR	30	623.503	7.458.701	3.445.056	2.523.887	972.678
LC	21	610.600	6.040.404	4.616.501	3.385.631	1.334.947
LO	28	305.808	5.016.317	78.840	55.203	23.637
MN	46	724.747	9.381.892	2.764.484	2.019.909	816.757
MI-pro	42	5.457.210	14.589.958	84.351.503	62.275.757	23.375.378
PV	58	1.222.825	11.068.911	10.152.752	7.441.047	2.886.793
SO	19	489.491	6.291.851	2.240.838	1.642.836	658.512
VA	33	2.152.456	12.011.844	26.997.545	19.804.048	7.623.348
MI	2	2.300.000	41.545.176	-	-	-
TOT	448	20.007.411	175.366.373	181.583.653	133.572.096	51.004.798

11.4 ALTERNATIVE DI GESTIONE DEI FANGHI E POSSIBILI SCENARI DI INTERVENTO

11.4.1 Applicabilità delle diverse strategie di intervento

La fase successiva del lavoro ha riguardato una serie di valutazioni (discusse anche con vari soggetti coinvolti nella gestione dei fanghi) per individuare l'applicabilità, in Lombardia, delle diverse possibili strategie di intervento. Sono stati presi in considerazione tre ambiti di azione: la minimizzazione della produzione di fanghi; il riutilizzo in agricoltura; il recupero energetico in varie forme. Altri importanti aspetti considerati sono la gestione dei fanghi prodotti dagli impianti di medio-piccola taglia e il ruolo della discarica. È importante precisare che le valutazioni svolte si basano sul principio dell'autosufficienza del bacino lombardo. In altre parole, sono state valutate le alternative di gestione dei fanghi nell'ipotesi che la produzione lombarda trovi "collocazione" in ambito regionale e che, in analogia, non si verifichi "importazione" di fanghi dall'esterno.

Per quanto riguarda le tecniche di minimizzazione della produzione di fanghi, si possono effettuare alcune ipotesi (cautelative) sul possibile grado di applicazione di sistemi di minimizzazione della produzione di fanghi sulla base delle seguenti considerazioni: taglia minima di applicazione: 100.000 A.E.; percentuale di impianti che adotteranno queste tecniche: 5 – 10%; riduzione percentuale della produzione di fanghi: 40 – 50%.

In merito al riutilizzo dei fanghi in agricoltura, questa possibilità deriva essenzialmente dalla combinazione di due informazioni: la ricettività dei suoli e le caratteristiche dei fanghi.

In relazione al primo aspetto, un particolare rilevante è la recente ridefinizione delle zone vulnerabili ai sensi del d.lgs. 152/2006 da parte della Regione Lombardia (D.G.R. VIII/003297 dell'11 ottobre 2006). Per approfondire questo aspetto, sono state raccolte le informazioni di-

sponibili relative alle caratteristiche dei suoli dal punto di vista pedologico (dati ERSAF). Inoltre sono stati utilizzati i dati presenti nell'archivio del Sistema Informativo Agricolo della Regione Lombardia (SIARL) dal quale è possibile individuare le colture che vengono praticate sul territorio (aggiornamento 2006). Al fine di avere un elemento di confronto, sono state utilizzate anche le informazioni derivate dal V censimento dell'agricoltura effettuato dall'ISTAT nel 2000. Infine, è stata considerata la situazione esistente in termini di apporti di fertilizzanti organici derivanti dagli allevamenti zootecnici. Infatti, nell'ambito dell'attività agricola dell'allevamento zootecnico, la distribuzione degli effluenti prodotti risulta dal punto di vista sia tecnico-agronomico, sia normativo, prioritario rispetto a quello di altre forme di fertilizzazione. Al fine di effettuare questa valutazione, sono stati utilizzati i dati dei due archivi citati (SIARL e ISTAT) e utilizzando i parametri di produzione e caratterizzazione degli effluenti previsti dalle normative vigenti. L'integrazione delle elaborazioni ottenute ha consentito quindi di ottenere la compatibilità ambientale dell'utilizzo dei fanghi su base comunale. Per tener conto di una serie di fattori difficilmente quantificabili alla scala utilizzata per questo tipo di valutazione, la superficie realmente disponibile per la distribuzione dei fanghi è stata ridotta del 30%.

Per integrare le informazioni di cui sopra con i vincoli relativi alle caratteristiche qualitative dei fanghi, sono state effettuate ulteriori elaborazioni, che tengono conto delle limitazioni attuali e di quelle prevedibili nel medio termine, introducendo vincoli via via più restrittivi: secondo un primo criterio, si può prendere in considerazione l'applicazione della attuale normativa sui fanghi (d.lgs. 99/92 e D.G.R. 7/15944); è poi possibile ipotizzare l'introduzione dei vincoli posti dal Draft europeo n. 3 "Working document on sludge" dell'aprile del 2000; una terza situazione è quella che corrisponde all'applicazione delle indicazioni contenute nel citato Draft 3 per la predisposizione di piani di prevenzione dell'inquinamento per il medio e lungo termine; infine, è possibile introdurre l'ipotesi di incremento dei metalli pesanti nei suoli legato alla distribuzione pluriennale di fanghi sul terreno.

In sintesi, dai risultati ottenuti si può concludere che nel breve e medio termine potrebbero essere destinati all'agricoltura fanghi per un quantitativo pari a 215.000-250.000 t di SS.anno⁻¹. Tali quantitativi potrebbero però non essere garantiti nel lungo termine in quanto il potenziale accumulo di metalli pesanti potrebbe limitarne l'utilizzo in alcuni terreni riducendo così la ricettività a 120.000-150.000 t di SS.anno⁻¹.

In termini di recupero energetico, sono state considerate le seguenti alternative:

1. Combustione in forni industriali: si fa essenzialmente riferimento all'uso di fanghi essiccati come fonte energetica alternativa nei cementifici. In Lombardia sono attivi 7 impianti, che avrebbero una capacità ricettiva complessiva pari a circa 90.000 t/a di sostanza secca.
2. Co-incenerimento in impianti di termodistruzione dei rifiuti urbani: analogamente a quanto fatto per i cementifici, è stata preliminarmente ricostruita la situazione attuale per quanto riguarda gli inceneritori di rifiuti urbani. In prima istanza, e comunque in favore di sicurezza, non sono stati presi in esame gli impianti di incenerimento di rifiuti speciali. Gli impianti censiti sono in tutto 13 che, complessivamente, hanno una capacità residua teorica che potrebbe essere saturata con un quantitativo di fanghi essiccati pari a 195.000 t/anno di sostanza secca.
3. Trattamento dei fanghi in impianti dedicati: in linea "tecnica", gran parte del fango prodotto potrebbe essere destinata a impianti di incenerimento dedicati esclusivamente ai fanghi oppure sistemi che operino trasformazioni termiche più "raffinate", come la pirolisi o la gassificazione, o ancora da impianti di riduzione spinta della frazione organica (ossidazione ad

umido), eventualmente con soluzioni centralizzate. Se si considera una taglia minima di applicabilità pari a 500.000 A.E., e non prendendo in considerazione la centralizzazione degli impianti, i depuratori che potrebbero dotarsi di sistemi di questo tipo sono caratterizzati da una produzione di fango pari a 65.044 t SS/anno.

La gestione dei fanghi prodotti dagli impianti di depurazione di taglia medio-piccola risulta nella pratica comune molto semplificata, per ovvie ragioni di carattere tecnico-economico. La forma di smaltimento più comune è il conferimento a ditte che operano poi il riutilizzo in agricoltura. Non si ritiene opportuno, almeno in prima analisi, “forzare” i piccoli impianti verso procedure gestionali differenti da quelle attuali. Da un’indagine svolta, nell’ambito di questo lavoro, presso alcune società di gestione di impianti di depurazione, è emerso che queste considerazioni possono essere ritenute applicabili ad impianti di taglia indicativamente fino a 20.000 A.E.. La produzione complessiva di fanghi stimata per questi impianti al 2016 risulta di 33.270 t SS/anno.

Infine, per quanto riguarda il ruolo della discarica, questa non dovrà ricevere fanghi disidratati o essiccati ma solo residui di altri trattamenti. Ci si riferisce in particolare ai residui da termodistruzione. In realtà anche per questi ultimi residui possono essere proposte forme di ulteriore recupero materiale. In via cautelativa, si è ritenuto, in questa sede, di non prenderle in considerazione.

11.4.2 Scenari per la gestione dei fanghi

L’analisi delle possibili alternative di intervento in ordine alla minimizzazione, al recupero di materia, al recupero energetico, ha consentito la formulazione di due scenari per la gestione dei fanghi a livello regionale, con alcuni “sottocasi”.

I due scenari sono stati costruiti adottando come punto di partenza un diverso grado di ricorso alla pratica del riutilizzo agricolo dei fanghi. In ogni caso, si è implicitamente ipotizzato che gli impianti mettano in atto tutti i possibili sforzi per ottimizzare le strutture esistenti, inoltre si è ritenuto di considerare un’aliquota (prudenzialmente modesta) di riduzione della produzione di fanghi grazie all’adozione delle tecniche di minimizzazione oggi disponibili sul mercato.

Per i fanghi che non troverebbero collocazione in agricoltura, si è ritenuto di prendere in considerazione, in questa sede, le forme di recupero/smaltimento che possono offrire sbocchi importanti dal punto di vista quantitativo. In altre parole si è preferito, in favore di sicurezza, non fare riferimento a tecniche più “di nicchia”, che ad oggi non trovano significativa diffusione, ma che potrebbero essere incentivate e assumere un ruolo più importante nel futuro. In sostanza, le alternative prese in esame sono le seguenti: essiccamento + combustione in cementifici; essiccamento + co-incenerimento con rifiuti urbani; essiccamento + incenerimento/gassificazione in impianti dedicati.

Per effettuare queste elaborazioni, la capacità residua “massima teorica” degli impianti di recupero energetico stimata a livello regionale, è stata cautelativamente ridotta adottando un margine di sicurezza del 30%.

Scenario 1

Si prevede di inviare a riutilizzo agricolo solo una minima parte dei fanghi prodotti a livello regionale. Per stimare il quantitativo minimo di fanghi da destinare all’agricoltura, si può fare riferimento ai due criteri di seguito illustrati.

Secondo un criterio tecnico-operativo, sembra ragionevole considerare in quest'ottica i fanghi prodotti dagli impianti di taglia medio-piccola (fino ai 20.000 A.E., indicativamente). Per tenere conto di una serie di fattori (non ultimo la possibile non idoneità dal punto di vista qualitativo), si può cautelativamente adottare un coefficiente riduttivo pari a 0,8.

Secondo un criterio qualitativo, è ragionevole ritenere che i fanghi secondari presentino un minor grado di contaminazione rispetto a quelli primari e che, quindi, in prima approssimazione, si possano ritenere più idonei al riuso agricolo. Si è quindi previsto, laddove gli impianti siano previsti di sedimentazione primaria, di destinare al riutilizzo i soli fanghi secondari (adottando anche in questo caso, in favore di sicurezza, un coefficiente riduttivo pari a 0,8).

Sono stati quindi individuati 3 “sottocasi”, corrispondenti alle seguenti situazioni:

A: recupero in agricoltura del solo fango proveniente dai depuratori di taglia fino a 20.000 A.E.;

B: recupero in agricoltura dei soli fanghi secondari provenienti da tutti i depuratori dotati di sedimentazione primaria;

C: recupero in agricoltura del fango proveniente dai depuratori di taglia fino a 20.000 A.E. e dei fanghi secondari prodotti dagli impianti di taglia superiore ai 20.000 A.E..

Nelle tabelle 11.4.2/1, 11.4.2/2 e 11.4.2/3 si riporta un quadro riassuntivo dei flussi di massa e delle destinazioni dei fanghi, come risultato dalle elaborazioni svolte, per i tre sottocasi.

Tab. 11.4.2/1 – Scenario 1, sottocaso A (2016): flussi di massa (kgSS/a) e destinazioni dei fanghi.

Classi di potenzialità	Numero impianti	A.E.	Agricoltura	Altre forme di recupero/smaltimento così suddivise:		
2.000 – 19.999	299	2.145.413	26.618.065	6.654.516	Cementifici:	63.000.000
20.000 – 99.999	103	4.448.528	-	78.745.883	Inceneritori RU:	137.000.000
100.000-499.999	39	7.547.210	-	132.807.948	Impianti dedicati:	120.534.697
≥500.000	7	5.866.260	-	102.326.349		
Tot.	448	20.007.411	26.618.065	320.534.697		

Tab. 11.4.2/2 – Scenario 1, sottocaso B (2016): flussi di massa (kgSS/a) e destinazioni dei fanghi.

Classi di potenzialità	Numero impianti	A.E.	Agricoltura	Altre forme di recupero/smaltimento così suddivise:		
2.000 – 19.999	299	2.145.413	734.270	32.563.882	Cementifici:	63.000.000
20.000 – 99.999	103	4.448.528	5.586.026	73.686.985	Inceneritori RU:	137.000.000
100.000-499.999	39	7.547.210	21.750.328	112.257.500	Impianti dedicati:	110.049.182
≥500.000	7	5.866.260	11.353.874	91.540.814		
Tot.	448	20.007.411	39.424.497	310.049.182		

Tab. 11.4.2/3 – Scenario 1, sottocaso C (2016): flussi di massa (kgSS/a) e destinazioni dei fanghi.

Classi di potenzialità	Numero impianti	A.E.	Agricoltura	Altre forme di recupero/smaltimento così suddivise:		
2.000 – 19.999	299	2.145.413	26.618.065	6.654.516	Cementifici:	63.000.000
20.000 – 99.999	103	4.448.528	5.586.026	73.686.985	Inceneritori RU:	137.000.000
100.000-499.999	39	7.547.210	21.750.328	112.257.500	Impianti dedicati:	84.139.816
≥500.000	7	5.866.260	11.353.874	91.540.814		
Tot.	448	20.007.411	65.308.292	284.139.816		

In tutti i sottocasi vi è poi da considerare una produzione di residui, derivanti da tutte le forme di recupero energetico (con l'unica eccezione dei cementifici). I valori calcolati risultano, rispettivamente per i sottocasi A, B e C, rispettivamente: 64.384 t/a, 61.762 t/a, 55.285 t/a.

Scenario 2

In questo scenario si prevede di massimizzare il ricorso allo spandimento agricolo dei fanghi, compatibilmente con i numerosi vincoli di natura tecnica (agronomica) e normativa già oggi in vigore o di prevedibile futura emanazione.

Si sono individuati due “sottocasi”:

A: come visto sopra, nel breve e medio termine si potrebbero utilizzare in agricoltura fanghi pari a un quantitativo di 215.000-250.000 t di SS.anno⁻¹. Per tener conto di diversi fattori di incertezza è stato preso come riferimento l'estremo inferiore dell'intervallo di variabilità della stima: 215.000 tSS/anno.

B: nel lungo termine il potenziale accumulo di metalli pesanti potrebbe limitare l'utilizzo di fanghi in alcuni terreni, riducendo la ricettività a 120.000-150.000 t di SS.anno⁻¹. Anche in questo in caso, in via cautelativa viene considerato il valore inferiore: 120.000 t SS/anno.

I quantitativi di fanghi destinati alle diverse forme di recupero, in funzione delle classi di potenzialità degli impianti, sono riportati nelle tabelle 11.4.2/4 e 11.4.2/5. La produzione di residui solidi derivanti dall'incenerimento dei fanghi risulta pari a 22.631 t/anno per il sottocaso A e 41.038 t/anno per il sottocaso B.

Tab. 11.4.2/4 – Scenario 2, sottocaso A (2016): flussi di massa (kgSS/a) e destinazioni dei fanghi.

Classi di potenzialità	Numero impianti	A.E.	Agricoltura	Altre forme di recupero/smaltimento così suddivise:		
2.000 – 19.999	299	2.145.413	26.618.065	6.654.516	Cementifici:	41.628.120
20.000 – 99.999	103	4.448.528	47.261.034	31.484.849	Inceneritori RU:	90.524.641
100.000-499.999	39	7.547.210	79.707.544	53.100.404	Impianti dedicati:	-
≥500.000	7	5.866.260	61.413.357	40.912.992		
Tot.	448	20.007.411	215.000.000	132.152.761		

Tab. 11.4.2/5 – Scenario 2, sottocaso B (2016): flussi di massa (kgSS/a) e destinazioni dei fanghi.

Classi di potenzialità	Numero impianti	A.E.	Agricoltura	Altre forme di recupero/smaltimento così suddivise:		
2.000 – 19.999	299	2.145.413	26.618.065	6.654.516	Cementifici:	63.000.000
20.000 – 99.999	103	4.448.528	23.427.548	55.318.335	Inceneritori RU:	137.000.000
100.000-499.999	39	7.547.210	39.511.457	93.296.491	Impianti dedicati:	27.152.761
≥500.000	7	5.866.260	30.442.930	71.883.419		
Tot.	448	20.007.411	120.000.000	227.152.761		

Per un confronto tra i diversi scenari, elementi di valutazione possono essere i seguenti:

- recupero di materia: chiaramente, relativamente a questo aspetto, è da preferire lo scenario 2;
- recupero energetico: in tutte le soluzioni prospettate, a questa forma di recupero viene destinato tutto il fango non riutilizzato in agricoltura. Va segnalata la necessità di realizzare impianti *ex novo*, dedicati al trattamento dei fanghi, per garantire una capacità complessiva sufficiente, in aggiunta ai cementifici e agli inceneritori di RU;
- residui da smaltire in discarica: secondo le stime svolte, si va da 22.600 t/anno (scenario 2, sottocaso A) a 64.400 t/anno (scenario 1, sottocaso A);

- strutture già esistenti;
- necessità di realizzazione di piattaforme centralizzate di trattamento: saranno da prevedere piattaforme centralizzate capaci di coprire un fabbisogno che va dalle 38.139 t/anno dello scenario 2 (sottocaso A) alle 106.251 t/anno dello scenario 1 (sottocaso B).

Per quanto concerne gli aspetti economici, le voci di costo che, in questa sede, possono essere considerate sono le seguenti: realizzazione di impianti di essiccamento termico dei fanghi; installazione di sistemi per la minimizzazione della produzione di fango; realizzazione di impianti di incenerimento dei fanghi.

Nelle tabelle 11.4.2/6 e 11.4.2/7 è riportato un quadro riepilogativo delle principali voci di costo stimate per le diverse ipotesi. Si ricorda che si tratta di valori di larga massima, da utilizzarsi solo per un orientamento preliminare. Alcune voci sono peraltro solo indicate, senza una quantificazione dei relativi oneri, la cui definizione non è possibile in questa sede essendo molti e non prevedibili i fattori che li influenzano.

Tab. 11.4.2/6 - Investimenti (valori indicativi) e voci di costo principali da considerare per i diversi scenari.

Scenario	Sottocaso	Sistemi di minimizzazione della produzione di fanghi (M€)	Impianti di essiccamento (esclusi quelli già esistenti) (M€)	Impianti di termodistruzione e dedicati (M€)	Fanghi da conferire a co-incenerimento (tSS/a)	Fanghi da conferire a cementifici (tSS/a)	Residui da smaltire in discarica (tSS/a)
1	A	4-10	255	132	Nessun investimento	Nessun investimento	Nessun investimento
	B	4-10	246	121	Nessun investimento	Nessun investimento	Nessun investimento
	C	4-10	224	92	Nessun investimento	Nessun investimento	Nessun investimento
2	A	4-10	98	-	Nessun investimento	Nessun investimento	Nessun investimento
	B	4-10	177	30	Nessun investimento	Nessun investimento	Nessun investimento

Si può osservare che, come atteso, le soluzioni che massimizzano il ricorso all'agricoltura (scenario 2) comportano i minori investimenti.

Per effettuare una stima più generale dei costi annui, volendo avere un termine indicativo di paragone, si devono ipotizzare i costi di smaltimento dei residui in discarica (es. 120 €/t), i costi di conferimento in agricoltura (es. 450 €/tSS), i costi di conferimento a cementificio o co-incenerimento (es. 40 €/tSS). Con queste ipotesi, risulta un costo annuo intorno a 130-140 M€ per le alternative sia dello scenario 1 sia dello scenario 2, da confrontare con circa 160 M€/anno, che andrebbero sostenuti nella ipotesi di conferire tutti i fanghi in agricoltura. Sono stati trascurati i costi di trasporto, ritenuti in prima approssimazione equivalenti nelle diverse situazioni.

Tab. 11.4.2/7 - Costi annui totali (ammortamento + esercizio) e voci di costo principali da considerare per i diversi scenari.

Scenario	Sottocaso	Sistemi di minimizzazione della produzione di fanghi (M€/a)	Impianti di essiccamento (esclusi quelli già esistenti) (M€/a)	Impianti di termodistruzione dedicati (M€/a)	Fanghi da conferire a co-incenerimento (tSS/a)	Fanghi da conferire a cementifici (tSS/a)	Residui da smaltire in discarica (tSS/a)
1	A	3-4	80	24	137.000	63.000	64.384
	B	3-4	78	22	137.000	63.000	61.762
	C	3-4	71	17	137.000	63.000	55.285
2	A	3-4	33	-	90.525	41.628	22.631
	B	3-4	57	5	137.000	63.000	41.038

11.4.3 Ulteriori aspetti da approfondire

Di seguito si riporta un elenco di problematiche/aspetti che a nostro giudizio necessitano di un eventuale approfondimento per la definizione, da parte della Regione, di una strategia regionale ottimale di intervento in tema di fanghi. Per alcuni aspetti vengono forniti suggerimenti operativi, in altri casi si rimanda necessariamente ad approfondimenti successivi (che vanno oltre gli obiettivi del presente lavoro).

- In generale, si ritiene che la strategia “ottimale” debba prevedere la possibilità di differenziare al massimo le alternative di recupero/smaltimento, lasciando aperte molte strade alternative. Ciò consentirebbe, in relazione all’evoluzione di tutti quei fattori di difficile previsione, di adeguare il sistema alle condizioni tecniche, ambientali, economiche e sociali del momento.
- L’adozione di adeguati protocolli di verifica di funzionalità dei vari comparti della linea fanghi degli impianti di depurazione consentirebbe di ottimizzare il funzionamento delle strutture esistenti, con ciò conseguendo, già in impianto, il massimo sfruttamento energetico (in caso di presenza di digestione anaerobica) e una diminuzione della produzione di fango da smaltire. A livello qualitativo, miglioramenti potrebbero essere conseguiti con un più attento controllo degli scarichi industriali in fognatura.
- Probabilmente andrebbe incentivato il ricorso a tecnologie poco diffuse (come l’essiccamento termico e la termovalorizzazione) o non convenzionali (come i sistemi di minimizzazione della produzione di fanghi), almeno laddove siano state verificate le condizioni di fattibilità tecnico-economica.
- Nell’ottica di rendere più sicura la pratica del riutilizzo agricolo, potrebbero essere messi in atto provvedimenti a vari livelli: protocolli di monitoraggio per la caratterizzazione dei fanghi a monte del loro conferimento a piattaforme centralizzate di trattamento; interventi di adeguamento dei centri di conferimento e trattamento dei fanghi finalizzati al riutilizzo in agricoltura; definizione di criteri per attuare un monitoraggio dei suoli e delle colture; predisposizione di manuali di buona pratica per il riuso della biomassa, ecc..
- Dovendosi realizzare nuove opere/impianti, è necessario partire da una ricognizione dello stato di fatto. Inoltre, è necessario considerare le iniziative già in corso e consolidate, in alcune realtà, per il recupero/smaltimento dei fanghi.
- L’analisi della distribuzione sul territorio e della dimensione degli impianti di depurazione, dei centri di recupero, dei terreni idonei al riutilizzo agricolo ecc. rappresenta un importante elemento di valutazione. È infatti necessario tener conto dei flussi di massa e quindi dell’incidenza del trasporto nelle diverse alternative.
- Molti ambiti socio-economici sono coinvolti nel problema della gestione dei fanghi e ne possono influenzare pesantemente le modalità. L’evoluzione che nel prossimo futuro caratterizzerà questi ambiti potrà quindi determinare gli indirizzi da prendere. Tra i fattori più direttamente coinvolti si possono ricordare i seguenti: l’agricoltura in senso lato, la normativa (non solo in campo ambientale), il settore dei rifiuti, il mercato dei recuperi e dei sistemi di smaltimento, ecc.. Si pensi anche solo agli effetti della applicazione della direttiva nitrati, che determina, in molte zone lombarde, una eccedenza di effluenti di allevamento rispetto alla ricettività dei suoli.
- Le problematiche di carattere sociale non sono state prese in considerazione in questo studio. È noto però che esse possono rappresentare un vincolo serio alla realizzazione di interventi in campo ambientale.

-
- Una campagna intensiva di caratterizzazione dei fanghi di depurazione degli impianti lombardi per poterne definire la qualità in relazione ai processi depurativi, alle caratteristiche dei liquami trattati, alle configurazioni impiantistiche ecc., potrebbe rappresentare un'utilissima base di conoscenza per indirizzare le scelte dei pianificatori.

I risultati di questa ricerca sono quindi da intendersi, in ultima analisi, come “propedeutici” ad uno studio di fattibilità nell'ambito del quale, definito lo scenario di intervento, effettuare i necessari approfondimenti a livello territoriale e dettagliare i costi di intervento.