

LO SMALTIMENTO DEI REFLUI OLEARI: UN PROBLEMA AMBIENTALE ED ECONOMICO ANCORA DA RISOLVERE

PIETRO MELIS (*) - FRANCESCO PASCHINO (**)

La produzione di quantità sempre crescenti di rifiuti porta a forme di inquinamento ambientale che con il progressivo depauperamento delle risorse non rinnovabili rappresenta un unico grande problema per la salvaguardia dell'ecosistema.

La ricerca della soluzione di tale problema dovrà necessariamente portare al minimo impiego possibile di energia e risorse, parallelamente ad un'attenta valutazione delle implicazioni che le soluzioni scelte possono arrecare all'ambiente.

L'elevato potere inquinante dei reflui delle industrie olearie pone problemi di smaltimento che attualmente non si è riusciti ad affrontare in maniera efficace a causa della discontinuità temporale e spaziale della produzione delle acque di vegetazione e delle limitate risorse economiche delle imprese olearie da impiegare per l'onere depurativo. (1)(2)(5)(6)

Alla luce delle precedenti considerazioni è stata impostata questa indagine che ha lo scopo di valutare l'aspetto energetico ed ambientale di una tecnologia di smaltimento dei reflui degli oleifici attraverso essiccazione su sansa.

Il principio su cui si basa il sistema sperimentato consiste nell'evaporazione dell'acqua di vegetazione (A.V.), a pressione atmosferica, distribuita su un letto di sansa così da sfruttarne la loro elevata superficie evaporante; in tal modo le sostanze organiche e i sali, contenute nell'acqua di vegetazione, vanno ad addizionarsi alle sanse. Inoltre un importante presupposto economico che potrebbe favorire la diffusione di questo sistema di trattamento dei reflui è rappresentato dall'utilizzo delle sanse come combustibile per la produzione di energia termica.

Materiali e metodi

L'impianto sperimentato

L'impianto di trattamento (fig. 1) è composto da un forno essiccatoio, da un dosatore di sansa e da una pompa di alimentazione dell'acqua di vegetazione. Il forno di essiccazione, che rappresenta l'elemento caratterizzante il sistema, è costituito da una ca-

Abstract

The correct disposal of olive mill waste creates very complex technical and economic problems in the mediterranean basin countries due to their high oil production.

In this paper the olive mill waste disposal through a system for its evaporation on a bed of olive residues was evaluated.

The results of the survey are interesting both from the energy and the environmental point of view.

Résumé

L'évacuation des eaux usées des huileries pose des problèmes techniques et économiques assez complexes dans les pays de la région méditerranéenne du fait de la grande production de huile de ces pays. Ce travail traite de l'évacuation des eaux usées des huileries à travers le système d'évaporation sur lit de marcs d'olives.

Les résultats présentés sont très intéressants du point de vue énergétique et environnemental.

mera di combustione, da una precamera e da una camera di essiccazione a tamburo rotante, da un ciclone di separazione delle polveri in uscita dal forno e da un camino di emissione dei fumi.

Il bruciatore, della potenza di 1163 kW, provvisto di un alimentatore a coclea, dotato di variatore di velocità e di ventilatore di aria per la combustione, è alimentato con sansa od anche con nocciolino. La sansa addizionata all'acqua di vegetazione è immessa nella precamera di essiccazione e succes-

sivamente passa nel forno a tamburo rotante.

Il forno essiccatoio è costituito da passaggi concentrici in serie dai quali viene scaricata la sansa che ha terminato il ciclo e, mediante una coclea, trasferita all'esterno. L'aspirazione dei fumi è ottenuta per mezzo di un ventilatore che fa passare gli stessi attraverso un ciclone che consente l'abbattimento delle parti leggere e successivamente, scaricate mediante una valvola motorizzata a tenuta ermetica.

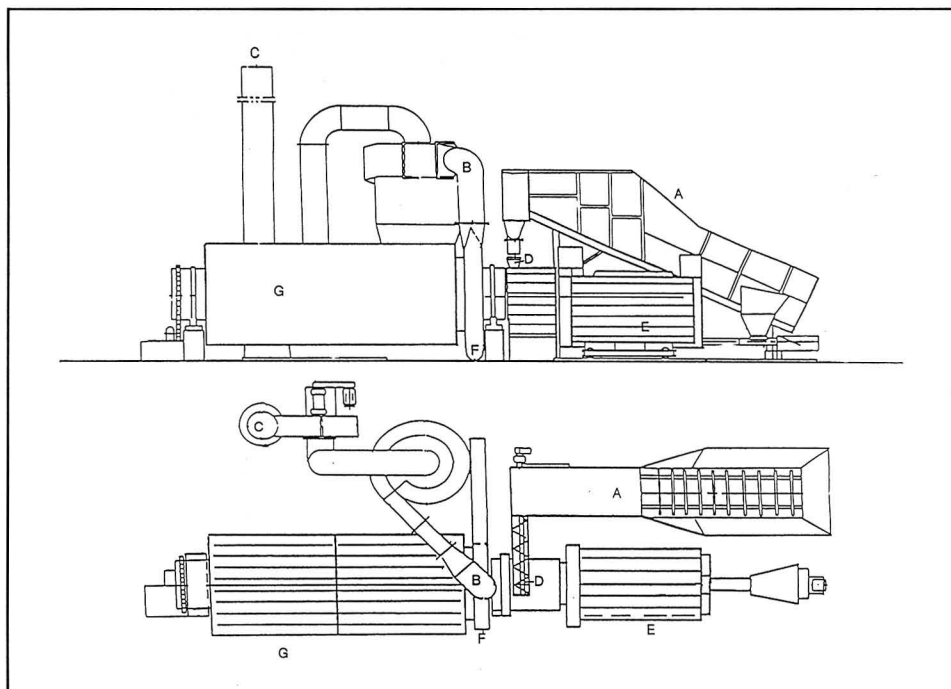


Figura 1 - Vista prospettica e planimetrica dell'impianto Pieralisi per il trattamento delle acque di vegetazione. A = dosatore delle sanse; B = collettore raccolta dei fumi; C = camino; D = ingresso sansa + acqua di vegetazione; E = camera di combustione; F = coclea di espulsione dei prodotti solidi; G = tamburo rotante.

(*) Dipartimento di Scienze Ambientali Agrarie e Biotecnologiche dell'Università di Sassari.

(**) Dipartimento Ingegneria del Territorio dell'Università di Sassari.

Tabella 1 Risultati analitici.	
Inquinanti	mg/Nm ³
Polveri	177
SO ₂	38
NO _x	33
CO	300

Tabella 2 Valori dei coefficienti di diffusione trasversali relativi alla turbolenza dell'aria e alle condizioni di equilibrio atmosferico.			
Parametri	Neutralità	Instabilità	Stabilità
n	0,45	0,28	0,58
Cy	0,45	0,50	0,44
Cz	0,32	0,46	0,09
Cz/Cy	0,71	0,92	0,205
Cz,Cy	0,144	0,23	0,04

Tabella 3 Dati relativi al vento al suolo per il periodo ottobre-marzo 1990 (stazione di Sassari).					
Direzione	Frequenza		Velocità del vento		
	%		5 m/s	15 m/s	25 m/s
Calma	3,65		0,00	0,00	0,00
Nord	19,35		13,78	5,30	0,28
Sud	12,83		9,25	3,37	0,21
Est	8,26		5,75	2,41	0,10
Ovest	6,68		4,66	1,96	0,05
N.Est	13,21		9,54	3,52	0,15
N.Ovest	5,70		4,02	1,61	0,07
S.Est	21,45		15,27	5,78	0,40
S.Ovest	8,81		6,36	2,36	0,10

Le temperature del forno vengono controllate da sensori, del tipo PT100, presenti nella precamera di essiccazione e nel collettore di raccolta dei fumi; ciascun sensore è collegato ad un indicatore-regolatore con il quale è possibile fissare il valore desiderato.

Un altro sensore di temperatura è alloggiato nel collettore di raccolta dei fumi e provvede al fermo del bruciatore qualora si supera la soglia di sicurezza.

Anologo dispositivo, sistemato nella precamera di essiccazione, va in blocco quando la temperatura di combustione supera gli 800°C. La regolazione della depressione, originata dal passaggio dei fumi, avviene tramite le serrande presenti sui ventilatori.

Altri apparati, di primaria importanza, sono: il dosatore del letto di sansa, dotato di una catena motorizzata, che provvede alla formazione del substrato di asperione prelevando la sansa da una tramoggia e trasferendola su una coclea che la immette nel forno di essiccazione; la pompa di alimentazione della acqua di vegetazione, di tipo volumetrico a vite eccentrica, che può essere regolata mediante un variatore di velocità in relazione al volume del substrato di sansa. Nell'impianto sono, inoltre, presenti 20 motori elettrici con potenze che variano da 0,15 a 15 kW che assommano complessivamente a 49 kW.

Metodologia di valutazione degli inquinanti atmosferici

L'impatto ambientale è stato valutato attraverso lo studio delle emissioni dell'impianto di essiccazione, prelevando gli inquinanti

corpuscolati e gassosi direttamente dall'interno del camino utilizzando una sonda isocinetica collegata ad una pompa aspirante a flusso regolabile, dotata di contaltri e di controllo della temperatura dell'aria aspirata. La portata è stata valutata attraverso la misura della velocità di fuoriuscita dei fumi con un tubo di Pitot munito di manometro differenziale. Sia il prelievo che l'analisi delle emissioni sono state fatte secondo le metodologie riportate dal regolamento di esecuzione della legge 13.7.1965 n°615 recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico limitatamente al settore industriale, pubblicato nella G.U. n°140 del 6.6.1988.

Nella **tab. 1** vengono riportate le concentrazioni degli inquinanti che, come dal regolamento citato, rappresentano la media dei prelievi effettuati in modo continuativo ed a portata costante per un tempo prescritto per ciascun inquinante.

Inoltre sono state calcolate mediante elaborazione matematica, utilizzando l'equazione proposta da CONCAWE (Conservation Clear Air and Water Western Europe),(3) le ricadute al suolo sottovento in funzione delle condizioni meteorologiche che caratterizzano la zona.

$$C_x = K \frac{Q}{v \cdot C_y \cdot C_z \cdot X^{(2-n)}} \cdot \exp \frac{H^2}{C_z^2 \cdot X^{(2-n)}}$$

dove:

- v = velocità del vento,
- C_x = concentrazione a suolo dell'inquinante (mg/m³),
- K = costante pari a 6,37 10⁵,
- n = esponente diffusionale del BNL (Brookhaven National Laboratory) funzione delle condizioni di equilibrio dell'atmosfera,
- H = altezza efficace del camino (m),
- X = distanza del camino dal punto di

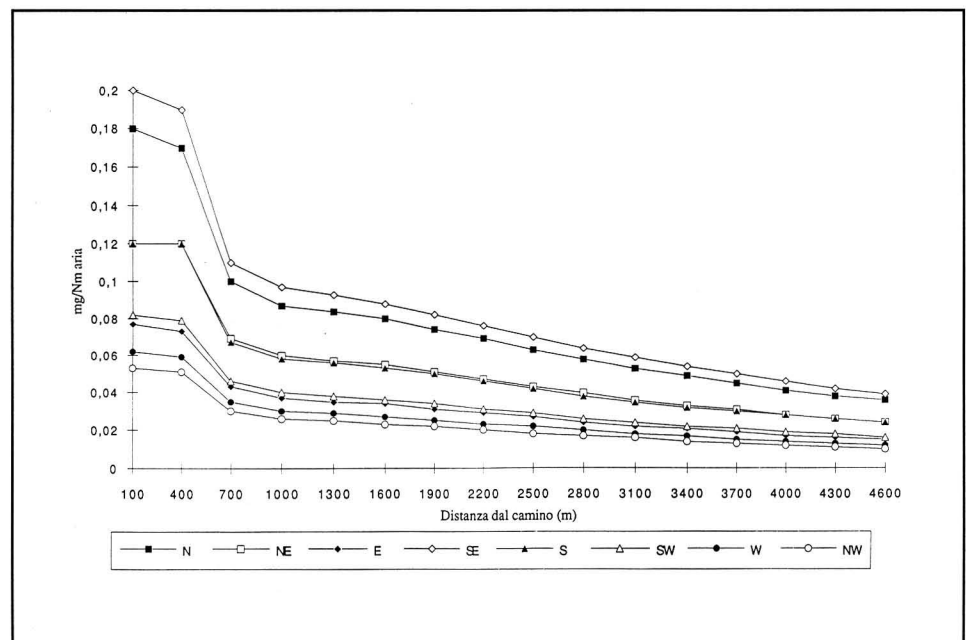


Figura 2 - Ricaduta al suolo delle polveri in relazione alla distanza dal camino ed alla direzione del vento.



C_y, C_z = immissione (m),
 = coefficienti di diffusione trasversale e verticale relativi alla turbolenza dell'aria,
 Q = sostanze emesse nell'unità di tempo (kg/s),
 Q_v = portata volumetrica (m^3).

Tale relazione, basata sulla teoria statistica

sviluppata da Sutton, (8) consente una valutazione dei profili di concentrazione, prodotti da una sorgente inquinante puntiforme ed elevata, ipotizzando una distribuzione gaussiana delle concentrazioni.

Nella **tab. 2** sono riportati i coefficienti di correlazione delle velocità, funzioni della turbolenza e delle condizioni di equilibrio atmosferico utilizzati per l'elaborazione dei

dati di emissione.(4)

L'altezza efficace del camino (H) è calcolata con la formula:

$$H = h + \Delta h$$

$$\Delta h = \frac{Q^{0,5}}{v^{0,75}} \cdot 0,175$$

dove

h = altezza geometrica del camino (m),
 Δh = altezza del pennacchio dovuto all'effetto piuma,

v = velocità del vento,
 Q = entalpia dei fumi.

L'entalpia dei fumi è stata calcolata applicando la relazione:

$$Q = c_p \Delta t Q_v$$

dove:

c_p = calore specifico medio e pressione costante (uguale a $1425 \text{ J/Nm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$),
 Δt = differenza di temperatura ($^\circ\text{C}$),
 Q_v = portata volumetrica (m^3).

I parametri meteorologici considerati per la valutazione delle ricadute: distribuzione nel tempo delle frequenze di intensità e direzione del vento (**tab. 3**), condizioni atmosferiche sono stati rilevati da una stazione meteorologica in prossimità del sito di emissione.

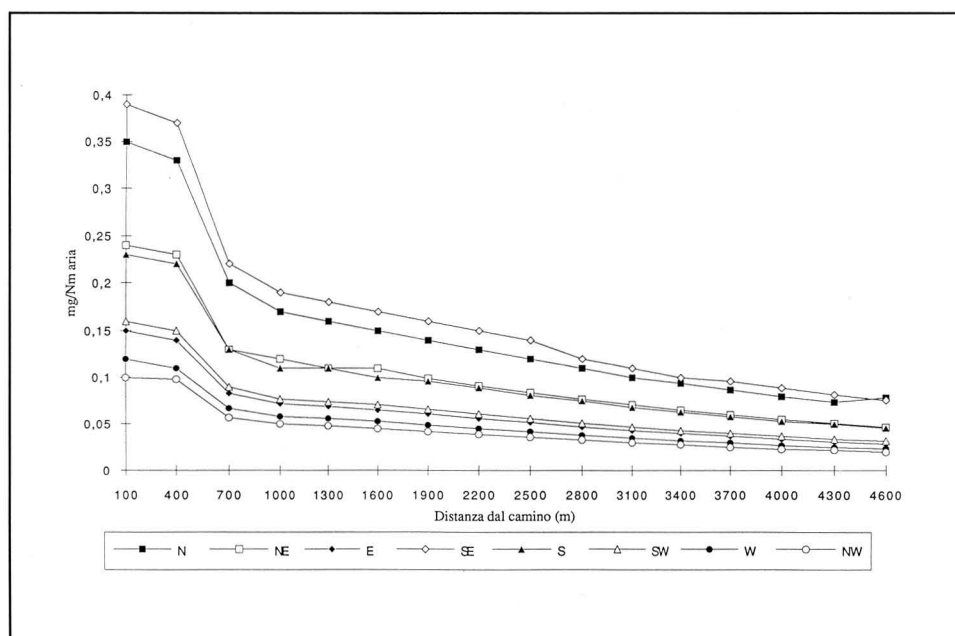


Figura 3 - Ricaduta al suolo di ossido di carbonio in relazione alla distanza dal camino ed alla direzione del vento.

Risultati e conclusioni

Le concentrazioni di inquinanti al suolo sono funzione delle condizioni di equilibrio atmosferico e dell'intensità del vento: quest'ultima agisce in maniera contrastante da una parte favorendo la dispersione e dall'altra frenando la sopraelevazione del pennacchio.

Le più alte concentrazioni valutate attraverso il modello sono associabili a condizioni di equilibrio atmosferico instabile, che si è manifestato per il 6,4% del periodo esaminato, con ricaduta di materiale inquinante tanto più vicino all'impianto quanto minore era l'intensità con cui spirava il vento. Nelle altre condizioni atmosferiche, neutralità 54,8% e stabilità 30,8%, malgrado la dispersione verticale sia inferiore, gli inquinanti vengono trasportati molto più lontano e, quindi, più diluiti spazialmente dal vento più intenso.

La situazione di calma di vento, non è stata considerata nel programma di calcolo a causa della scarsa incidenza sulla situazione meteorologica complessiva.

Dalle **figg. 2,3,4,5**, riportanti le concentrazioni di inquinanti al suolo in funzione delle distanze dalla sorgente di emissione, si evidenzia una loro ricaduta principalmente lungo le direzioni Nord e Sud-Est; in tutti i casi molto contenuta, che a parità di distanza assume valori decrescenti secondo il seguente ordine: $CO > \text{polveri} > SO_2 > NO_x$. Comunque le concentrazioni rilevate al suolo risultano sempre molto inferiori ai limiti imposti dalla normativa vigente per le emissioni industriali, questi risultati sono la diretta conseguenza dei bassi valori delle emissioni dell'impianto. Bisogna inoltre considerare che le effettive concentrazioni al suolo sono da ritenersi inferiori a quelle calcolate, sia per la prudenza insita nell'algoritmo considerato che per le semplificazioni nell'uso della forma monogaussiana dell'equazione che trascura la componente della diffusione trasversale. (7)

La capacità d'evaporazione dell'impianto, non risulta molto diversa nelle due tesi (**tab. 4**), la differenza trovata, 16 kg/h, non ha riscontro con le quantità d'acqua di vegetazione immessa nell'impianto (760 e 660 kg/h rispettivamente per le tesi A e B); inoltre nella tesi B consente l'evaporazione totale dell'acqua di vegetazione immessa, mentre nella tesi A rimane nelle sanse un surplus di umidità pari al 12%.

I risultati trovati si spiegano considerando che il diverso rapporto A.V./sanse nelle due tesi (0,99 tesi A e 0,69 tesi B) produce una differente dispersione delle A.V. sul substrato di sanse, realizzando nella tesi B una maggiore superficie evaporante che si ripercuote favorevolmente nel consumo di energia termica: 1,05 kWh/kg acqua evaporata rispetto a 1,33 kWh/kg acqua evaporata nella tesi A, e di conseguenza nel consumo di sanse per la produzione di energia termica che è risultata di 0,26 kg/kg di A.V. evaporata nella tesi A rispetto a 0,20 kg/kg di A.V. nella tesi B.

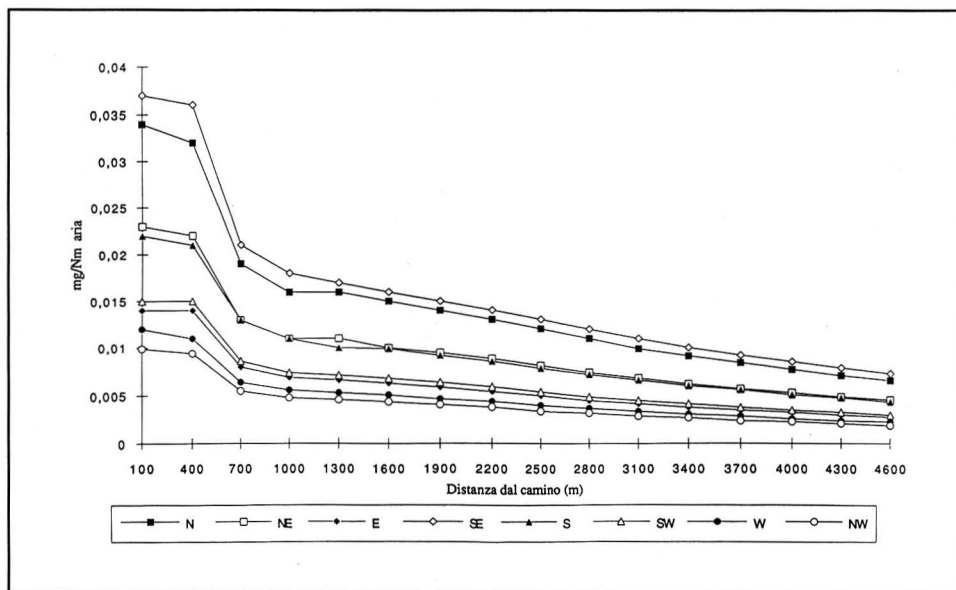


Figura 4 - Ricaduta al suolo di ossidi di azoto in relazione alla distanza dal camino ed alla direzione del vento.

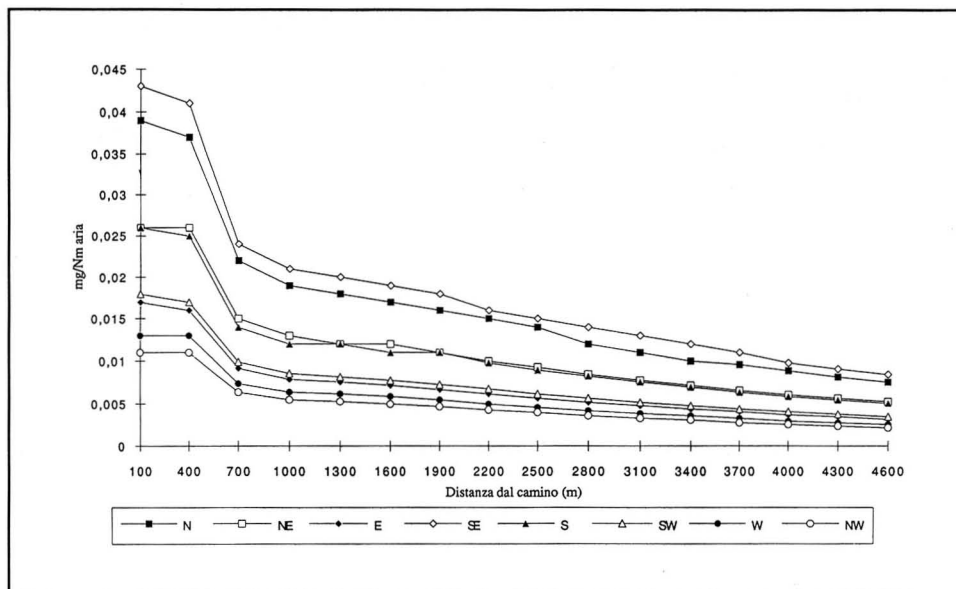


Figura 5 - Ricaduta al suolo di anidride solforosa in relazione alla distanza dal camino ed alla direzione del vento.

Metodologia di prova dell'impianto

L'impianto di trattamento delle acque di vegetazione è direttamente collegato alla linea di trasformazione presenti nell'oleificio cooperativo di Sassari, che ha una capacità complessiva di lavoro di 2000 kg/h ai decanter. L'acqua di vegetazione in uscita dai decanter viene pertanto utilizzata direttamente per l'irrorazione del letto di sanse in ingresso nel forno di essiccazione.

L'elemento determinante ai fini della capacità di evaporazione dell'impianto è il rapporto fra la massa di A.V. e la massa delle sanse utilizzate come substrato. L'obiettivo prefissato era quello di mantenere la stessa umidità delle sanse utilizzate come substrato sia precedentemente all'irrorazione che dopo l'evaporazione dell'A.V. Nelle prove

preliminari sono stati sperimentati rapporti differenti e fra questi le tesi che hanno soddisfatto le aspettative sono state la tesi A dove è stata utilizzata una quantità di acqua di vegetazione uguale a quella delle sanse e la tesi B dove la massa dell'acqua di vegetazione è risultata pari al 70% della massa di sanse substrato. In entrambe le tesi si sono mantenuti costanti i parametri di processo dell'impianto e principalmente la temperatura del forno e della camera di essiccazione. Per determinare la capacità di lavoro e il consumo di energia in rapporto ai materiali ed i mezzi impiegati, sono stati rilevati dati riguardanti: tempi di lavoro, consumo di energia elettrica, in tutte le fasi dell'intervento, la quantità di sanse combuste e di quelle impiegate come substrato; quantità di acqua di vegetazione immessa.

La potenza elettrica richiesta oscilla fra 14,5 e 22,5 kW ed è in relazione alla contemporaneità di funzionamento dei diversi motori elettrici presenti nell'impianto. Il consumo di energia elettrica è risultato irrilevante, se rapportato a quello dell'energia termica, con appena 0,04 e 0,03 kWh/kg di acqua di vegetazione evaporata, rispettivamente per la tesi A e B. Pertanto la tesi B appare la soluzione che realizza il processo d'evaporazione con il minor dispendio di energia.

L'impiego di sanse, come combustibile, per la produzione di energia termica trova già pieno impiego all'interno del ciclo produttivo nel riscaldamento della pasta durante la fase di gramolazione. Per il loro razionale impiego è necessario l'allontanamento dell'acqua che se in eccesso, oltre ad abbassare il potere calorifico, pone particolari problemi allo stoccaggio.

L'essiccazione delle sanse vergini ottenute da impianti a centrifugazione comporta una notevole spesa di energia termica poiché la quantità di acqua da evaporare, per tonnellata di prodotto tal quale, oscilla mediamente dai 400 ai 450 kg.

Lo stesso impianto di trattamento delle A.V. è capace di effettuare l'essiccazione delle sanse: prove in tal senso dimostrato (tab. 5) da un lato una capacità di essiccazione di poco inferiore (2-4%) a quella ottenuta nell'evaporazione dell'acqua di vegetazione, dall'altro un raddoppio del consumo di energia termica, 2,04 kWh/kg di A.V., mentre il consumo di energia elettrica rimane sostanzialmente identico.

Alla luce dei risultati ottenuti appare evidente che l'impianto sperimentato consente di effettuare il trattamento delle acque di vegetazione impiegando quasi esclusivamente le sanse ottenute come sottoprodotti dell'industria olearia. Infatti, considerando che la quantità di acqua di vegetazione ottenuta da un impianto oleario a ciclo continuo è mediamente pari al 75% del peso delle olive trasformate, occorrono quindi 15 kg di sanse essiccate per produrre l'energia termica necessaria per evaporare la quantità di A.V. ottenuta da 100 kg di olive trasformate. Tale quantità di sanse può essere essiccata utilizzando un'ulteriore quantità di energia termica, ottenuta dalla combustione di circa 4 kg di sanse essiccate; globalmente, quindi, occorrono 19 kg per coprire l'intero fabbisogno di energia termica del processo.

Considerando che dalla trasformazione in olio di 100 kg di olive si ottengono mediamente 50 - 55 kg di sanse umide che, portate all'umidità idonea per la combustione e per il loro stoccaggio, divengono 23 - 25 kg, risulta un surplus di 4 - 6 kg di sanse essiccate, rispetto all'effettivo fabbisogno dell'impianto per il trattamento delle acque di vegetazione. Complessivamente la spesa energetica, termica ed elettrica, per il trattamento, riferito alla quantità di acqua di vegetazione ottenuta da 100 kg di olive trasformate è di 27,55 kWh, di cui il 98% è energia termica ottenibile dalla combustione del-

Tabella 4 Valori medi ottenuti nelle prove di evaporazione delle acque di vegetazione.

Parametri	Unità di misura	Tesi*	
		A	B
Capacità di lavoro	kg/h	676	660
Sanse substrato	kg/h	770	960
Acqua vegetazione immessa	kg/h	760	660
Consumi specifici			
Sanse combuste**/acqua evaporata	kg/kg	0,26	0,2
Energia termica/acqua evaporata	kWh/kg	1,33	1,05
Energia elettrica/acqua evaporata	kWh/kg	0,04	0,03

* i valori riportati rappresentano la media di dieci ripetizioni con deviazione standard inferiore all'1%
** 9% di umidità

Tabella 5 Valori medi ottenuti nelle prove di essiccazione delle sanse vergini ottenute per centrifugazione.

Parametri	Unità di misura	Valori*
Capacità di lavoro riferita a:		
acqua evaporata	kg/h	649
sanse tal quale	kg/h	1583
sanse essiccate	kg/h	933
Cconsumi specifici		
Energia termica riferita a:		
acqua evaporata	kWh/kg	2,04
sanse tal quale	kWh/kg	0,84
sanse essiccate	kWh/kg	1,42
Energia elettrica riferita a:		
acqua evaporata	kWh/kg	0,04
sanse tal quale	kWh/kg	0,02
sanse essiccate	kWh/kg	0,03
Sanse combuste */sanse essiccate	kg/kg	0,27

* i valori riportati rappresentano la media di dieci ripetizioni con deviazione standard inferiore all'1%
** 9% umidità

le sanse.

Dai risultati ottenuti si intuisce inoltre che un miglior sfruttamento della capacità di lavoro dell'impianto è raggiungibile attraverso un'indagine più ampia che prenda in considerazione tesi con diversi rapporti A.V./sanse. Inoltre, considerando i soli costi energetici del trattamento: energia termica ed elettrica, si raggiungono valori contenuti se riferiti ai costi di produzione. Infatti la stima dei costi per chilogrammo di olio prodotto, oscilla fra le 180 e le 200 L. che divengono 40 - 50 L. per chilogrammo di A.V.

Un altro aspetto da non trascurare è certamente la mancanza di reflui a fine processo che negli usuali impianti di trattamento costituiscono un ulteriore problema di smaltimento e certamente un onere aggiuntivo nel trattamento delle A.V.

In conclusione si può affermare che il sistema di smaltimento dei reflui attraverso evaporazione su sanse a causa del basso valore di emissioni e di immissioni, nelle condizioni meteorologiche della zona esaminata, non costituisce pericolo sotto il profilo ambientale ma al contrario si presenta come valida alternativa ai sistemi di depurazione, sia per la possibilità di recuperare e rici-

clare sottoprodotti dell'attività olearia sia per i contenuti costi energetici del trattamento.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. Dossier - *Acque di vegetazione*. Agricoltura e innovazione, 11, 1989.
- Amirante P. - *Impianti di depurazione nelle industrie dei prodotti agricoli*. XXII Giornate di Meccanica Agraria, Quadrifoglio, Bari, 1980.
- CONCAWE - *The calculation of atmospheric dispersion from a stack*. The Hague, 1966.
- D. Bruce Turner - *Workbook of atmospheric dispersion estimates*. Environmental protection agency, Carolina, 1970.
- Melis P., Senette C. - *Lo smaltimento delle acque reflue dei frantoi oleari*. Agricoltura e informazioni, n° 9-10, 1988.
- Piccarolo P. - *Possibilità di recupero energetico dei sottoprodotti dell'oleificio*. L'Informatore agrario, 48, 1980.
- Santomauro L. - *Dinamica dell'inquinamento atmosferico da impianti industriali*, pag. 150 - Calderini ed.
- Sutton O. G. - *The theoretical distribution of Airborne Pollution from factory chimney*. Quart J. Roy. Met. Soc. 1947 vol. 73 pag. 426 - 440.

Lavoro eseguito con il contributo della Regione Autonoma della Sardegna.

Gli Autori, riportati in ordine alfabetico, hanno elaborato e scritto il lavoro in comune.