

**tesla**

Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry

# MANUALE

*sull'efficienza energetica  
negli oleifici*

*IEE/12/758/SI2.644752*

*Coordinatore del manuale: UÉvora  
Universidade de Évora*



Cofinanziato dal programma "Intelligent Energy Europe"  
dell'Unione Europea

**Versione aggiornata:**

Maggio 2014

**Autori:**

Fátima Baptista, Dina Murcho e Luis Leopoldo Silva.

Università di Évora, Scuola di Scienze e Tecnologie,  
Dipartimento di Ingegneria Rurale.

ICAAM - Istituto di Scienze Agrarie ed Ambientali  
del Mediterraneo.

**Co-autori:**

Il presente documento è stato elaborato in  
collaborazione con ENEA, CIRCE, Tecaliman ed  
UPM, ed include informazioni fornite da Spanish  
Co-ops, CoopdeFrance, CONFAGRI e Legacoop  
Agro.

**Informazioni sul documento:**

Questo documento è stato sviluppato per il  
Progetto TESLA (Intelligent Energy Europe) e  
finanziato dalla Commissione Europea.

**Diritti d'autore:**

La riproduzione e la distribuzione del presente  
documento sono autorizzate ma è obbligatorio  
includere sempre le informazioni sui diritti  
d'autore. Insegnanti, tutori e qualsiasi altro  
utilizzatore devono sempre citare gli autori, il  
Progetto TESLA ed il programma "Intelligent  
Energy Europe".

*"La responsabilità del contenuto di questo manuale è solo degli autori. Il contenuto dell'opera non riflette necessariamente l'opinione dell'Unione Europea. L'EACI e la Commissione Europea non sono in alcun modo responsabili dell'utilizzo che può esser fatto dell'informazione contenuta in questo manuale".*

The logo for the Tesla project, featuring the word "tesla" in a bold, lowercase, sans-serif font. To the right of the text is a stylized yellow symbol consisting of two interlocking loops, resembling a figure-eight or a pair of infinity symbols.

Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry

# 0. INDICE

## 1. Introduzione

1.1. Analisi del sotto-settore di produzione dell'olio d'oliva	7
1.1.1. Produzione	7
1.1.2. Metodi di estrazione dell'olio d'oliva	8
1.1.3. Consumo di energia	9
1.2. Caratteristiche socio-economiche	9

## 2. Descrizione dei processi

2.1. Ricevimento, pulizia e stoccaggio delle olive	10
2.2. Molitura e gramolatura della pasta di olive	11
2.3. Separazione dell'olio dall'acqua e dai solidi	14
2.4. Conservazione	16
2.5. Imbottigliamento	17

## 3. Analisi energetica degli oleifici

3.1. Consumi elettrici e termici	17
3.2. Costi energetici	21
3.3. Bilancio energetico (Diagramma di Sankey)	21
3.4. Note distintive del sotto-settore di produzione dell'olio d'oliva	23

## 4. Misure per il risparmio energetico

4.1. Biomassa utilizzata nelle caldaie degli oleifici	23
4.2. Installazione di un frangitore girevole con griglia a listelli al posto di un frangitore con griglia convenzionale	24
4.3. Ottimizzazione nella fase di separazione	25
4.4. Decantazione in serbatoi invece che in centrifughe verticali	26
4.5. Pulitura dell'olio tramite decantazione meccanica: sistema Oleosim	26
4.6. Motori efficienti	27
4.7. Sistemi ad aria compressa	29
4.8. Inverter	30
4.9. Isolamento	31
4.10. Riscaldamento dell'acqua o dell'aria	32
4.11. Illuminazione	35
4.12. Batterie di condensatori per la diminuzione dell'energia reattiva	36
4.13. Trasformatori di potenza ad alta efficienza	36
4.14. Strumenti di gestione	36

## 5. Conclusioni

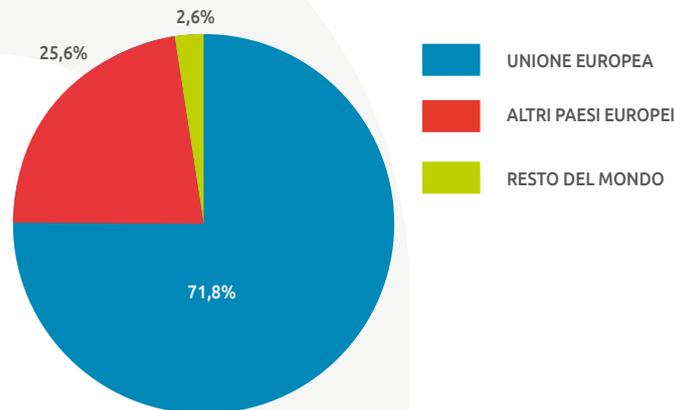
## 6. Referenze

6.1 Siti web	39
--------------	----

## 1. INTRODUZIONE

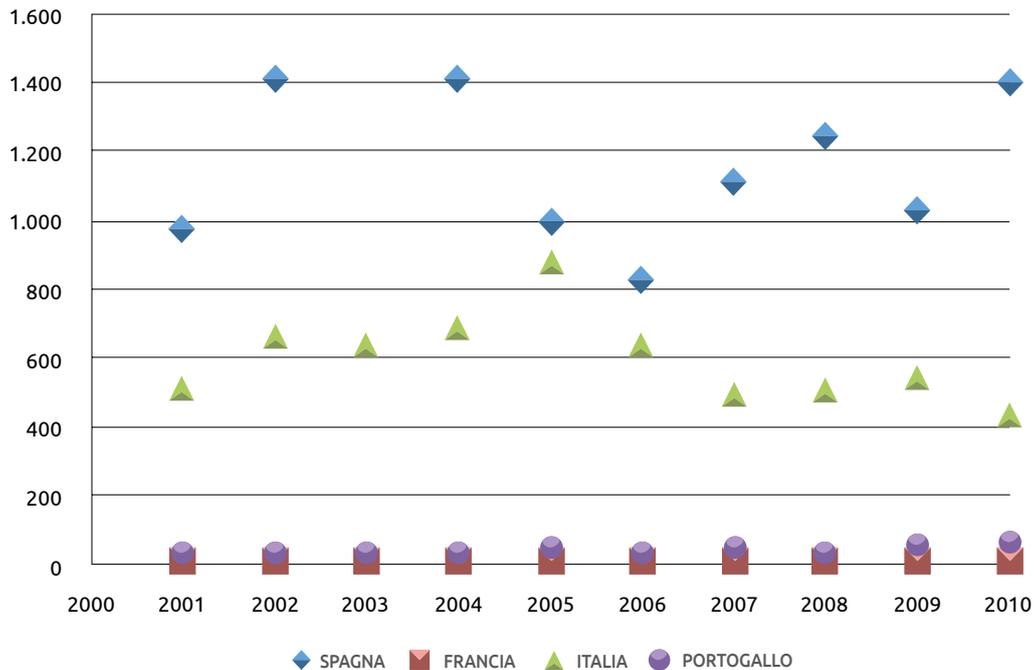
Dal punto di vista geografico la crescita degli ulivi è limitata dalle condizioni climatiche e del suolo. Gli uliveti risultano particolarmente adatti alle condizioni climatiche del Mediterraneo ed è proprio per questo che costituiscono una delle piantagioni predominanti nelle aree del Mediterraneo. Gli alberi d'ulivo sono originari della penisola dell'Anatolia e risalgono a circa 8.000 anni fa; in seguito, dalla Turchia si sono diffusi in Europa dell'Est, Africa del Nord ed Europa del Sud.

Con il passare del tempo, le piantagioni d'ulivo hanno assunto un'importanza sempre maggiore nell'economia, nella cultura e nella vita sociale delle civiltà mediterranee e, ad oggi, la produzione di olio d'oliva rappresenta un sotto-settore d'importanza essenziale nell'industria agro-alimentare soprattutto per i paesi dell'Europa Meridionale. Quasi il 95% di tutta la superficie dedicata alla coltivazione di uliveti risiede nel Mediterraneo. Nel 2010/2011, i paesi dell'Unione europea (Spagna, Italia, Francia, Grecia e Portogallo) erano responsabili del 71,8% della produzione mondiale di olio d'oliva (Figura 1).



**Figura 1.** Produzione mondiale di olio d'oliva nell'annata 2010/2011 (elaborazione di dati IOC, 2012).

La produzione di olio d'oliva nei quattro paesi del Progetto TESLA (Italia, Portogallo, Spagna e Francia) presenta delle differenze notevoli, come mostrato in Figura 2. La Spagna è senz'altro il maggior produttore di olio d'oliva, fornendo dal 52 al 74% della produzione d'olio d'oliva complessiva nei quattro paesi. L'Italia segue la Spagna fornendo dal 23 al 46% di tutta la produzione dei quattro paesi, mentre il Portogallo e la Francia rimangono relativamente indietro dando, rispettivamente, tra il 2-3% e lo 0,2-0,4% della produzione totale dei paesi TESLA.



**Figura 2.** Produzione d'olio d'oliva (x 1.000 tonnellate) dal 2000 al 2010 nei paesi del Progetto TESLA (elaborazione di dati IOC, 2012).

La Tabella 1 mostra alcune caratteristiche del sotto-settore dell'industria agro-alimentare costituito dagli oleifici nei

quattro paesi del Progetto TESLA (dati INE del 2012, IOC del 2012, INEA del 2012 ed AFIDOL del 2012).

**TABELLA 1. CARATTERISTICHE DEL COMPARTO DI PRODUZIONE DELL'OLIO D'OLIVA (DATI 2011).**

<b>SECTOR OLIVICOLA - 2011</b>	<b>PORTOGALLO</b>	<b>SPAGNA</b>	<b>FRANCIA</b>	<b>ITALIA</b>
<b>Superficie coltivata ad uliveti (ha)</b>	338.048	2.584.564	55.000	1.144.400
<b>Uliveti per la produzione d'olio (ton)</b>	510.733	7.820.000	16.740	3.122.500
<b>Produttività media (kg di olive/ha)</b>	1.511	3.026	300	2.728
<b>Frantoi attivi (n°)</b>	527	1.750	254	4.809
<b>Olio d'oliva prodotto (ton)</b>	76.200	1.651.000	3.348	464.900
<b>Produttività (kg di olio d'oliva/ha)</b>	227	639	58	406
<b>Olio d'oliva/Olive (%)</b>	15	21	20	15
<b>Consumo d'olio d'oliva (ton)</b>	78.000	574.000	112.000	610.000
<b>Consumo procapite d'olio d'oliva (kg)</b>	7,4	12,3	1,7	10,3
<b>Popolazione residente</b>	10.557.560	46.815.916	64.612.939	59.394.000

Fonti: INE, 2012; IOC, 2012; INEA, 2012; GPP, 2013; AFIDOL, 2012.

## 1.1. Analisi del sotto-settore di produzione dell'olio d'oliva

### 1.1.1. Produzione

**SPAGNA** La Spagna è il primo produttore mondiale d'olio d'oliva, con una produzione media annuale di circa 750.000 ton ed un picco di produzione massima di 1,4 milioni di ton. Negli ultimi anni, la superficie coltivata ad uliveti è aumentata ed ora ci sono oltre 300 milioni di alberi d'olivo che occupano un'area di circa 2,5 milioni di ettari, corrispondenti al 25% della superficie globale piantata ad uliveti (ASOLIVA) ed il 50% della superficie dell'Ue-27 (EUROSTAT). Gli ulivi rappresentano una delle coltivazioni più importanti nel paese.

**ITALIA** In Italia, in base all'analisi economica del sotto-settore di produzione dell'olio d'oliva (Commissione Europea 2012, Directorate Generale dell'Agricoltura e dello Sviluppo Rurale), nel 2008, un totale di 1.350.000 ettari sono stati occupati da uliveti, con una densità di alberi media pari a 132 alberi/ha. In generale, gli uliveti italiani non sono molto grandi (il 70% di essi è rappresentato da meno di 2 ha) e la produttività delle olive raggiunge circa 3.000 kg/ha. Nella decade dal 2000 al 2010, la resa annuale di olio d'oliva risultava compresa tra 500 e 600 kg/ha.

**PORTOGALLO** Nel 2011, in Portogallo, l'olivicoltura occupava 345.683 ha, di cui 7.635 destinati alla raccolta di olive da tavola e 338.048 destinati invece alla produzione di olio d'oliva. Quest'anno, la produzione d'olio d'oliva è stata di circa 832.000 hl (76.100 ton). Se si considera come grande un frantoio con una produzione maggiore di 920 ton d'olio l'anno, analizzando i dati INE ottenuti su 123 frantoi, è possibile affermare che il 76% della produzione totale deriva da grandi frantoi, il 22% da frantoi di dimensione media e solo il 2% da piccoli frantoi.

**FRANCIA** In base a IOC (2012), nel 2011, in Francia, solo 5,1 milioni di ulivi erano distribuiti su una superficie di appena 55.000 ettari. La superficie dedicate agli uliveti rappresentava meno dello 0,18% della superficie agricola utilizzata (SAU), con una densità di 92 alberi /ha. Gli alberi d'olivo non sono una coltivazione di particolare interesse in Francia e la maggior parte degli uliveti è costituita da vecchie piante (il 64% della superficie dedicata all'olivicoltura presenta piante di oltre 50 anni). Nuovi uliveti (con piante inferiori ai 5 anni) costituiscono solo il 5% della superficie totale coltivata ad ulivo. Ciò nonostante, negli ultimi anni, questa superficie risulta in fase di accrescimento e nel 2014 dovrebbero esserci quasi 59.700 ettari di alberi d'olivo.

### 1.1.2. Metodi di estrazione dell'olio d'oliva

In Spagna, la maggior parte degli oleifici è in via di ammodernamento ed è dotata di un decantatore a due fasi. Ad oggi, il 75% dei frantoi per l'olio d'oliva presenta un decantatore a due fasi, che consente di incrementare la qualità dell'olio riducendo la quantità di acqua di scarico. I frantoi presentano dimensioni differenti, quelli più comuni producono tra le 100 e le 500 ton di olio d'oliva l'anno.

In Portogallo, tra il 2009 ed il 2011, la superficie coltivata ad ulivi è aumentata portando all'installazione di nuovi oleifici ed

all'ammodernamento di quelli già esistenti, dai frantoi tradizionali ai frantoi a tre oppure a due fasi e con processi per l'estrazione più efficienti. Ciò ha anche determinato un aumento negli investimenti per le infrastrutture al fine di trasformare ed utilizzare la sansa derivante dalla produzione d'olio d'oliva. La Figura 3 mostra l'andamento del numero di frantoi negli ultimi anni, con un'evidente diminuzione dei frantoi tradizionali ed un aumento dei frantoi a due o a tre fasi continue.

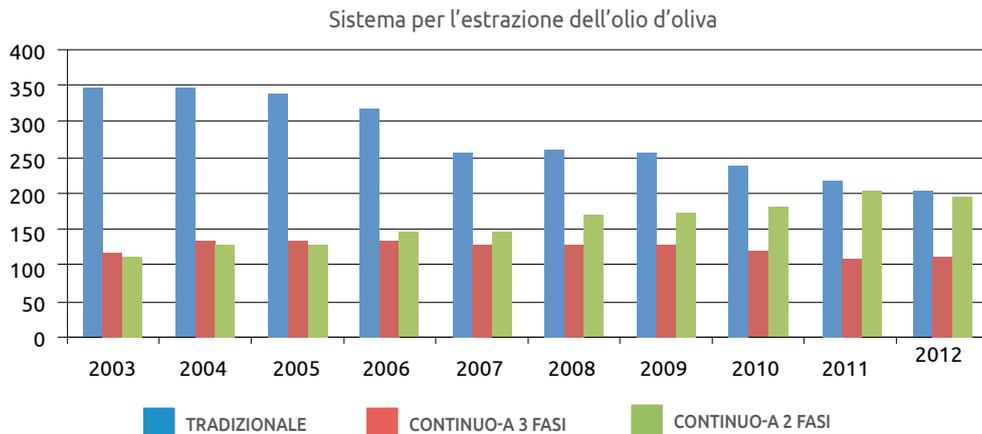


Figure 3. Numero di frantoi in Portogallo con differenti sistemi di estrazione dell'olio d'oliva (dati INE, 2012).

### 1.1.3. Consumo di energia

Secondo i dati registrati da INE durante il sondaggio sulla produzione annuale industriale del 2011, basato su 123 frantoi d'olio d'oliva portoghesi, il consumo energetico da parte di queste strutture è soprattutto di tipo elettrico (arrivando a costituire il 98,3% del consumo complessivo di energia), con un minor consumo di biomassa (1% del consumo totale), gasolio (0,5%) e gas (0,2%). In base al Progetto CO2OP in cui sono stati analizzati sei oleifici, in quei frantoi che sfruttano i noccioli d'oliva come biomassa per alimentare le caldaie, i consumi energetici vengono a ripartirsi diversamente come elettricità per il 50% e biomassa per il rimanente 50%.

### 1.2. Caratteristiche socio-economiche

**SPAGNA** Secondo OSCAE 2009 (Cooperativas Agro-Alimentarias), FIAB 2008 e MARM 2009, in Spagna vi sono 1.744 frantoi oleari, 951 dei quali sono cooperative. In aggiunta ai frantoi, vi sono anche altre infrastrutture operanti nel comparto di produzione dell'olio d'oliva, come ad es. 6.260 industrie per l'estrazione dell'olio dalla sansa d'oliva. La sansa, che è un sotto-prodotto del processo di estrazione dell'olio d'oliva - composto dalle buccette, dai residui della polpa e dai frammenti di nocciolino - rappresenta ancora una fonte consistente d'olio, che viene estratto tramite diversi metodi di

natura fisica o chimica. Nel 2010, sono state prodotte 96.000 ton di olio di sansa di oliva (Anuario de estadística, 2011). Vi sono anche 1.519 fabbriche di confezionamento (imballaggio), il 90% delle quali è associata ai frantoi d'olio d'oliva.

**ITALIA** Nel 2010, secondo dati IOC del 2012, in Italia erano presenti 4.809 oleifici ed un totale di 1.350.000 ettari impegnati nell'ulivicoltura. La produzione d'olio d'oliva risulta molto più frammentata che in Spagna. Nel 2007, secondo Eurostat, il numero di tenute terriere era di 776.000 con un'estensione media di 1,3 ha e, inoltre, vi erano circa 5.000 frantoi. Diversamente, l'industria a valle dei frantoi è molto più concentrata, con i maggiori imbottigliatori che controllano per lo più la metà del mercato dell'olio vergine d'oliva, vale a dire l'80% del consumo domestico.

**PORTOGALLO** Secondo l'Istituto Nazionale di Statistica del Portogallo (INE, 2012), nel 2011, c'erano 527 frantoi d'olio d'oliva, 138 dei quali sono cooperative che sviluppavano il 30% della produzione complessiva d'olio d'oliva (GPP, 2013).

**FRANCIA** Nel 2009, in Francia si contavano appena 254 frantoi d'olio d'oliva, con una capacità di trasformazione media di 21 ton/anno (IOC, 2012). Delle 29.243 aziende agricole che destinavano

delle superfici all'ulivicoltura, l'85% coltivava ad ulivo meno di 2 ettari (IOC, 2012).

I dati relativi al fatturato economico annuale sviluppato dal sotto-settore dell'industria di produzione dell'olio d'oliva nei Paesi uniti dal Progetto TESLA sono riportati di seguito:

**SPAGNA** Secondo la spagnola Olive Oil Agency (AAO), il fatturato ottenuto dalla campagna 2010/2011, considerando l'olio d'oliva prodotto dai frantoi a monte dell'imbottigliamento, ammontava a 2.492 mln di €.

**ITALIA** Secondo uno studio elaborato da ISMEA nel 2010, il fatturato generato dalla produzione di olio d'oliva ammontava a 1.513 mln di €.

**PORTOGALLO** Nel 2011, secondo l'Istituto Nazionale di Statistica del Portogallo, il fatturato economico ammontava a 465 mln di €.

**FRANCIA** Secondo uno studio presentato da AFIDOL nel 2011, la produzione d'olio d'oliva ha contribuito ad un fatturato economico 228 mln di €.

## 2. DESCRIZIONE DEI PROCESSI

Gli oleifici, detti più impropriamente frantoi, possono essere presi come esempio di industrie di trasformazione agro-alimentari che nelle ultime decadi hanno mostrato un'evoluzione positiva grazie all'ammodernamento e all'adattamento tecnologico, rispondendo anche ai requisiti di igiene ed ambientali. Il processo generale di produzione consiste nelle seguenti fasi: ricevimento, pulizia e stoccaggio delle olive, molitura (o frangitura) e gramolatura della pasta di olive, separazione delle fasi, conservazione ed imbottigliamento.

### *2.1. Ricevimento, pulizia e stoccaggio delle olive*

Dopo la raccolta è necessario trasportare le olive al frantoio entro un periodo di tempo limitato di 24 h, per dare il via ai processi di produzione dell'olio prima che si inneschino le reazioni di fermentazione e degradazione delle olive, che farebbero diminuire la qualità dell'olio d'oliva. Le olive vengono mantenute in contenitori separati a seconda della varietà e della qualità. Non appena le olive raggiungono il frantoio, vengono defogliate e lavate, per eliminare le impurità di diversa origine che normalmente sono presenti nelle olive qualunque sia stata la modalità di raccolta, sfruttando un impianto per il lavaggio (Figura 4). Durante la fase di lavaggio si ha ovviamente un



**Figura 4.** Macchina di lavaggio.

consumo d'acqua potabile pari a 10-12 litri per 100 kg di olive. Attualmente, le macchine preposte utilizzano un sistema di ricircolo al fine di ridurre questi consumi d'acqua.

Dopo il lavaggio, le olive vengono pesate e convogliate tramite nastri trasportatori in contenitori di stoccaggio, dove vengono fatte transitare fino all'inizio del processo industriale vero e proprio di estrazione dell'olio d'oliva, che avviene in due fasi principali: la macinazione della polpa (molitura o frangitura) e la successiva separazione della frazione oleosa dagli altri componenti solidi e liquidi (estrazione).

## *2.2. Molitura e gramolatura della pasta di olive*

In questa fase le olive vengono schiacciate con mezzi meccanici, ad esempio con un frangitore a martelli (Figura 5), risultando in una pasta di olive. La molitura ha lo scopo di lesionare le cellule della polpa, favorendo la fuoriuscita di olio dai vacuoli e la frantumazione del nocciolo. Quest'ultimo aspetto è molto importante dato che, essendo il nocciolo dotato di un guscio legnoso, quando va incontro a rottura produce schegge che a loro volta favoriscono la lesione delle strutture cellulari della polpa e, di conseguenza, una maggiore estrazione di olio. Ad ogni modo, il nocciolo rappresenta il 25% del peso dell'oliva e meno dell'1% del contenuto in olio. La maggior parte dell'olio d'oliva è nella polpa, il cui contenuto varia dal 15 al 22% a seconda della varietà delle olive e delle pratiche colturali.

E' necessario fare molta attenzione ai tempi di molitura, una molitura lunga può favorire l'ossidazione della pasta d'olio, con conseguente alterazione delle caratteristiche organolettiche dell'olio d'oliva. Il frangitore a martelli è lo strumento preferito nei moderni impianti a ciclo continuo perchè si integra perfettamente con le esigenze di automazione dell'impianto. Il carico è effettuato meccanicamente dall'alto, con elevatori a nastro che prelevano le olive in uscita dalla lavatrice; lo scarico avviene dal basso, sempre meccanicamente, con il riversamento



**Figura 5.** Frangitore a martelli.

della pasta d'olio nelle gramolatrici. Nei frantoi più moderni il processo di molitura dura circa 20 minuti.

Dopo la molitura, la pasta di olive viene appositamente preparata all'estrazione dell'olio mediante un lento mescolamento (flottazione), che corrisponde alla fase di gramolatura effettuata da una speciale macchina chiamata gramolatrice. La pasta di olive viene spremuta e mescolata fino a diventare un composto uniforme e nel frattempo continuando il rilascio di olio dalle cellule della polpa. Le gramolatrici più comuni sono ad asse orizzontale (Figura 6) e presentano delle lame a spirale per la miscelazione.



**Figura 6.** Gramolatrice ad asse orizzontale.

Queste lame operano a differenti velocità a seconda del tipo e della dimensione del miscelatore, ma in genere la rotazione è lenta. La capacità di queste macchine è determinata dalla quantità di olive lavorate dal frangitore.

Il processo di gramolatura avviene a temperature moderate (comprese tra 25 e 28°C), mantenute tramite l'acqua calda utilizzata dalla gramolatrice. L'acqua è riscaldata in una caldaia a biomassa che usa i noccioli delle olive come carburante. Queste temperature facilitano il rilascio dell'olio senza modificarne le caratteristiche organolettiche. I tempi e le temperature di miscelazione sono i principali parametri da prendere in considerazione in questa fase. Tempi di flottazione lunghi (Tabella 2) incrementano la resa in olio, diminuendo il contenuto d'olio nella sansa (il residuo solido

che rimane dopo la separazione dell'olio d'oliva); d'altra parte però tempi di ossidazione più lunghi determinano una riduzione della qualità dell'olio d'oliva, che dipende fortemente dal contenuto in composti fenolici e volatili. La temperatura influenza direttamente la viscosità dell'olio d'oliva. Alte temperature consentono rese

più elevate di olio d'oliva, dal momento che facilitano nella fase successiva una migliore separazione tra acqua ed olio. Ad ogni modo, una temperatura della sansa troppo elevata può determinare una riduzione della qualità dell'olio d'oliva, dando un olio con un pronunciato gusto amaro (Petrakis, 2006).

**TABELLA 2. INFLUENZA DEL TEMPO DI GRAMOLATURA SULLA RESA DI ESTRAZIONE DELL'OLIO.**

CARATTERISTICHE		Tempo di gramolatura (min)		
		15	45	90
RESA DI ESTRAZIONE DELL'OLIO D'OLIVA (%)		78,5	82,8	85,7
Sansa di olive	Quantità (Kg/100 kg di olive)	71,7	71,9	71,5
	Umidità (% sansa fresca)	57,7	58,2	58,9
	Olio (% sansa fresca)	4,4	3,6	3,1
	Olio (Kg/100 kg di olive)	3,1	2,6	2,2
Acqua di vegetazione di scarto	Quantità (L/100 kg di olive)	25	20	20
	Olio (% vww*)	2,8	2,1	1,6
	Olio totale disperso nei sotto-prodotti (Kg/100 kg di olive)	3,8	3,1	2,5

Fonte: adattamento da Di Giovacchino et al., 2002.

\*vww (vegetable waste water) è l'acqua di vegetazione di scarto.

### 2.3. Separazione dell'olio dall'acqua e dai solidi

Il passo seguente consiste nella separazione dell'olio dal resto delle componenti delle olive (solidi ed acqua vegetale). Tradizionalmente questa operazione è espletata da presse, ma attualmente si utilizzano delle imponenti centrifughe orizzontali di grande capacità, anche dette decantatori o decanter (Figura 7).

Il processo di centrifugazione nei decantatori può essere a tre fasi - ed in questo caso vengono separate le tre fasi differenti, ovvero l'olio (fase oleosa), l'acqua (fase acquosa) ed i solidi (fase solida) - oppure a due fasi - ed in questo caso vengono separate solo due fasi, ovvero l'olio dalla sansa umida. L'elevata forza centrifuga generata nei decantatori permette una rapida separazione delle fasi in base alle loro differenti densità.



Figura 7. Centrifuga orizzontale (decantatore).



Figura 8. Centrifuga verticale.

Rispetto al metodo tradizionale, con l'impiego di decanter a 3-fasi, una parte dei polifenoli presenti nell'olio viene lavata via dall'aggiunta di notevoli quantità d'acqua e si produce un volume consistente di acqua di vegetazione di scarto che deve poi essere smaltito. I decanter a 2-fasi, invece, utilizzano meno acqua per l'estrazione dell'olio, producendo meno acqua di scarto ma allo stesso tempo trattenendo nell'olio una quantità maggiore di polifenoli. L'acqua utilizzata viene espulsa dal decanter insieme alla sansa ed il risultato è dato da una sansa umida (con contenuto in acqua dal 62 al 75%) ed una maggiore quantità di sansa rispetto al caso del decanter a 3-fasi (Tabella 3). In entrambi i casi, dopo il decanter, l'olio passa attraverso una centrifuga verticale (Figura 8) per la rimozione dei sedimenti

naturali e per la separazione delle piccole quantità di acqua ancora presenti nell'olio. Nel caso di un oleificio operante a 2-fasi una centrifuga verticale è sufficiente a portare a termine questo processo, mentre nel caso di un oleificio operante a

3-fasi sono necessarie due centrifughe, una per la funzione di sedimentazione ed un'altra per separare l'olio d'oliva rimanente dall'acqua di scarico.

**TABELLA 3. CARATTERISTICHE DELLA SANSI DI OLIVE E DELL'ACQUA DI SCARTO OTTENUTE TRAMITE CENTRIFUGAZIONE A DUE E A TRE FASI.**

CARATTERISTICHE		Centrifugazione	
		2-FASI	3-FASI
RESA DI ESTRAZIONE DELL'OLIO D'OLIVA (%)		86,1	85,1
Sansa di olive	Quantità (Kg/100 kg di olive)	72,5	50,7
	Umidità (% sansa fresca)	57,5	52,7
	Olio (% sansa fresca)	3,16	3,18
	Olio (% sostanza secca)	7,44	6,68
Acqua di vegetazione di scarto	Quantità (L/100 kg di olive)	8,3	97,2
	Residuo secco (% vww*)	14,4	8,5
	Olio (g/L)	13,4	12,6
	Olio totale disperso nei sotto-prodotti	2,42	2,8

Fonte: adattamento da Di Giovacchino et al., 2002.

\*vww (vegetable waste water) è l'acqua di vegetazione di scarto.

I due processi di estrazione (a 2-fasi e 3-fasi) portano a risultati diversi (Tabella 3). Nel caso a 2-fasi, la sansa viene fatta passare attraverso un setaccio in modo che le particelle solide maggiori (i noccioli) vengono separate dal resto della sansa. Tali particelle solide residue possono essere utilizzate come carburante da una caldaia a biomassa per il riscaldamento dell'acqua, che viene utilizzata dalla gramolatrice orizzontale e/o da altri impianti la cui messa in operazione richiede acqua calda/tiepida (1 kg di noccioli di olive in un'ora produce 4.100 kcal). La sansa rimanente viene in genere venduta per la produzione di olio di sansa di olive. Quest'olio viene trasportato presso delle infrastrutture specializzate denominate estrattori, che scaldano la sansa fino a 45-50°C e possono estrarre fino a 2 litri di olio per 100 kg di sansa tramite decanter a 2-fasi.

#### 2.4. Conservazione

Dopo la centrifugazione verticale, l'olio d'oliva completamente pulito viene pesato (Figura 9) e deposto in contenitori in acciaio inox (Figura 10), dove viene conservato approssimativamente per un periodo di 2-3 mesi. Questo periodo è sufficiente per una pulitura finale dell'olio d'oliva, permettendo alle particelle di depositarsi in sospensione e determinando una qualità superiore del prodotto.



**Figura 9.**  
Pesatura dell'olio.



**Figura 10.**  
Serbatoi in acciaio  
per la conservazione  
dell'olio di oliva.

## 2.5. Imbottigliamento

Passato il periodo di conservazione, l'olio è pronto per essere consumato. In genere, l'olio d'oliva viene imbottigliato in bottiglie di vetro (Figura 11) ed è pronto ad entrare nel circuito del mercato.



Figura 11. Imbottigliamento dell'olio di oliva.

## 3. ANALISI ENERGETICA DEGLI OLEIFICI

Nei paragrafi successivi verranno mostrati valori tipici di consumi energetici in due tipi di oleifici che si distinguono per il volume di produzione. I valori medi riportati riguarderanno industrie con capacità di lavorazione di 300 e 1.600 ton l'anno (in entrambi i casi in presenza di un decanter a 2-fasi e di una caldaia a biomassa). Chiaramente, l'attività di queste industrie è legata indissolubilmente alla stagionalità: nei paesi del Progetto TESLA da novembre a marzo, con piccole differenze a seconda del paese.

La principale fonte di energia utilizzata negli oleifici è elettrica. A partire dal ricevimento delle olive, alla pulitura ed al lavaggio, alla molitura, alla miscelatura, fino alla centrifugazione e all'imbottigliamento, tutti gli impianti coinvolti operano con input elettrico. L'acqua calda utilizzata viene scaldata in una caldaia a biomassa che brucia i residui solidi delle olive, diesel oppure altri tipi di biomassa.

### 3.1. Consumi elettrici e termici

Le Tabelle 4 e 5 mostrano i valori medi dei consumi energetici per i processi di produzione standard in oleifici a 2-fasi con caldaia a biomassa, relativi ad industrie che producono, rispettivamente, 300 e 1.600 ton d'olio d'oliva l'anno.

**TABELLA 4. DATI SUI CONSUMI PER I PROCESSI DI PRODUZIONE STANDARD  
IN UN OLEIFICIO CHE PRODUCE TIPICAMENTE 1.600 TON DI OLIO D'OLIVA L'ANNO.**

<b>PROCESSO (IN ORDINE TEMPORALE)</b>	<b>TECNOLOGIA STANDARD</b>	<b>Potenza elettrica installata (kW)</b>	<b>Consumo di energia elettrica (kWh/anno)</b>	<b>Potenza termica installata (kW)</b>	<b>Consumo di energia termica (kWh/anno)</b>
<b>Ricevimento delle olive, lavaggio e stoccaggio</b>	Motori elettrici	750	21.000		
<b>Molitura e preparazione della pasta d'olio</b>	Motori elettrici, caldaia a biomassa	400	93.000	870	270.000
<b>Separazione delle fasi (decantazione) e centrifugazione</b>	Motori elettrici del decanter a 2-fasi	170	120.000		
<b>Conservazione</b>	Motori elettrici, caldaia a biomassa	170	12.000	200	26.000
<b>Imbottigliamento</b>	Motori elettrici	70	4.000		
<b>Illuminazione ed altri processi ausiliari elettrici</b>	Lampade a fluorescenza	40	38.000		
<b>Processi ausiliari termici</b>	Caldaia per il riscaldamento, muletti			260	40.000
<b>TOTALE</b>		1.600	288.000	1.330	336.000

Fonte: Dati di Cooperativas Agro-alimentarias ottenuti dall'analisi di sei oleifici nei 2010.

**TABELLA 5. DATI SUI CONSUMI PER I PROCESSI DI PRODUZIONE STANDARD  
IN UN OLEIFICIO CHE PRODUCE TIPICAMENTE 300 TON DI OLIO D'OLIVA L'ANNO.**

<b>PROCESSO (IN ORDINE TEMPORALE)</b>	<b>TECNOLOGIA STANDARD</b>	<b>Capacità (ton/ora o L/ora)</b>	<b>Potenza elettrica installata (kW)</b>	<b>Consumo di energia elettrica (kWh/anno)</b>	<b>Potenza termica installata (kW)</b>	<b>Consumo di energia termica (kWh/anno)</b>
<b>Ricevimento delle olive, lavaggio e stoccaggio</b>	Motori elettrici	40 t/ora	70	3.600		
<b>Molitura e preparazione della pasta d'olio</b>	Motori elettrici, caldaia a noccioli d'olive	25 t/ora	100	13.000	175*	50.000
<b>Separazione delle fasi (decantazione) e centrifugazione</b>	Motori elettrici del decanter a 2-fasi	1.000 L d'olio d'oliva/ora	40	12.500		
<b>Conservazione</b>			0	0		
<b>Imbottigliamento</b>	Motori elettrici	25 t/ora	6	710		
<b>Illuminazione ed altri processi ausiliari elettrici</b>	Lampade a fluorescenza		1	1.350		
<b>Processi ausiliari termici</b>	Caldaia per il riscaldamento	10 kg noccioli/ora			175*	10.000
<b>TOTALE</b>			217	31.160	175	60.000

Fonte: Dati dell'Università di Évora ottenuti dall'analisi di un oleificio standard.

\*La potenza termica installata si riferisce alla potenza della caldaia per il riscaldamento dell'acqua sia per i processi di molitura e preparazione della pasta d'olio che per i processi ausiliari termici.

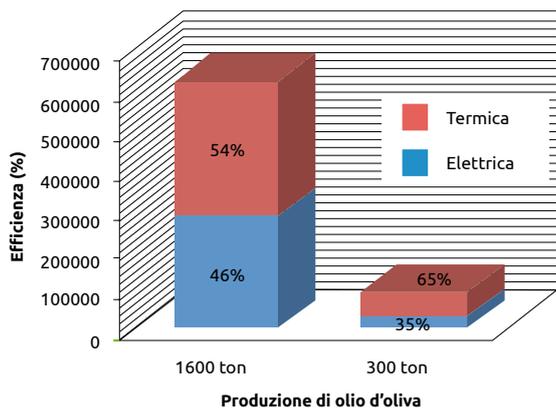
**TABELLA 6. CONFRONTO TRA I CONSUMI ENERGETICI NEI DUE TIPI (300 E 1.600 TON/ANNO) DI OLEIFICI.**

	Oleificio che produce 300 ton di olio d'oliva l'anno	Oleificio che produce 1.600 ton di olio d'oliva l'anno
<b>Consumo di energia elettrica per produzione</b>	104 kWh/ton di olio d'oliva	180 kWh/ton di olio d'oliva
<b>Consumo di energia termica per produzione</b>	200 kWh/ton di olio d'oliva	210 kWh/ton di olio d'oliva
<b>Potenza elettrica installata</b>	217 kW	1.600 kW
<b>Potenza termica installata (caldaia, veicoli, ecc.)</b>	175 kW (caldaia)	12.280 kW (caldaia) 50 kW (veicoli)

Fonti: Università di Évora e Cooperativas Agro-alimentarias.

Per quanto riguarda i consumi di energia termica, dalle Tabelle 4 e 5 si evince che il consumo di biomassa sia determinato esclusivamente dall'alimentazione della caldaia per il riscaldamento dell'acqua utilizzata nei processi di produzione o per il riscaldamento degli edifici dello stabilimento industriale. Nella maggior parte dei frantoi per olio di olive, vengono utilizzati i noccioli delle olive come

fonte di carburante a biomassa. In Figura 12 è riportato il contributo relativo dei consumi elettrici e termici negli oleifici, che risulta elettrico per il 54% e termico per il 46%. Ovviamente, tra i diversi oleifici si possono avere delle differenze, anche in base alle tecnologie di lavorazione adottate.



**Figura 12.** Distribuzione relativa dei consumi energetici nei due tipi di oleifici (300 e 1.600 ton/anno)

### 3.2. Costi energetici

In Europa il contesto energetico è molto variabile a seconda del paese che viene preso in considerazione ed infatti il costo dell'energia è diverso e dipende dalla politica energetica nazionale ed anche dal tipo di combustibile fossile sfruttato come fonte di energia termica. Ciò nonostante, negli oleifici, il costo dell'energia elettrica si aggira tipicamente tra 0,08 e 0,12 €/kWh, mentre il costo dell'energia termica tra 0,015 e 0,02 €/kWh. Assumendo un prezzo medio di 0,10 €/kWh per l'elettricità e di 0,017 €/kWh per

l'energia termica, si potrebbe affermare che negli oleifici analizzati il costo energetico definitivo annuale possa variare da 4.136 a 34.512 €, vale a dire un costo di 13,8 €/ton e 21,6 €/ton, rispettivamente. L'energia elettrica rappresenta dal 75 all'83% del costo energetico totale. Ad ogni modo, dato che la maggior parte degli oleifici sfrutta i propri residui di noccioli di olive come biomassa per la caldaia, il costo di energia termica risulta in genere inferiore e può essere correlato ai processi di asciugatura e selezione dei noccioli d'oliva. In definitiva, è dunque possibile affermare che quasi il 100% del consumo energetico sia elettrico.

### 3.3 Bilancio energetico (Diagramma di Sankey)

La Figura 13 mostra il bilancio energetico (considerando sia l'energia elettrica che quella termica), rappresentato tramite un diagramma di Sankey, per gli oleifici analizzati che producono 1.600 ton/anno di olio d'oliva. Osservando la distribuzione relativa dei consumi elettrici e termici durante le fasi di produzione, è evidente che il maggior consumo di elettricità si ha nelle fasi di separazione e di preparazione della pasta d'olio, mentre il maggior consumo termico è dovuto alla molitura ed alla preparazione della pasta d'olio. Il diagramma mette in rilievo la necessità di migliorare l'efficienza energetica durante le fasi di produzione. Anche il ricevimento delle olive e l'illuminazione costituiscono dei processi energivori, determinando il 4% del consumo totale di energia.

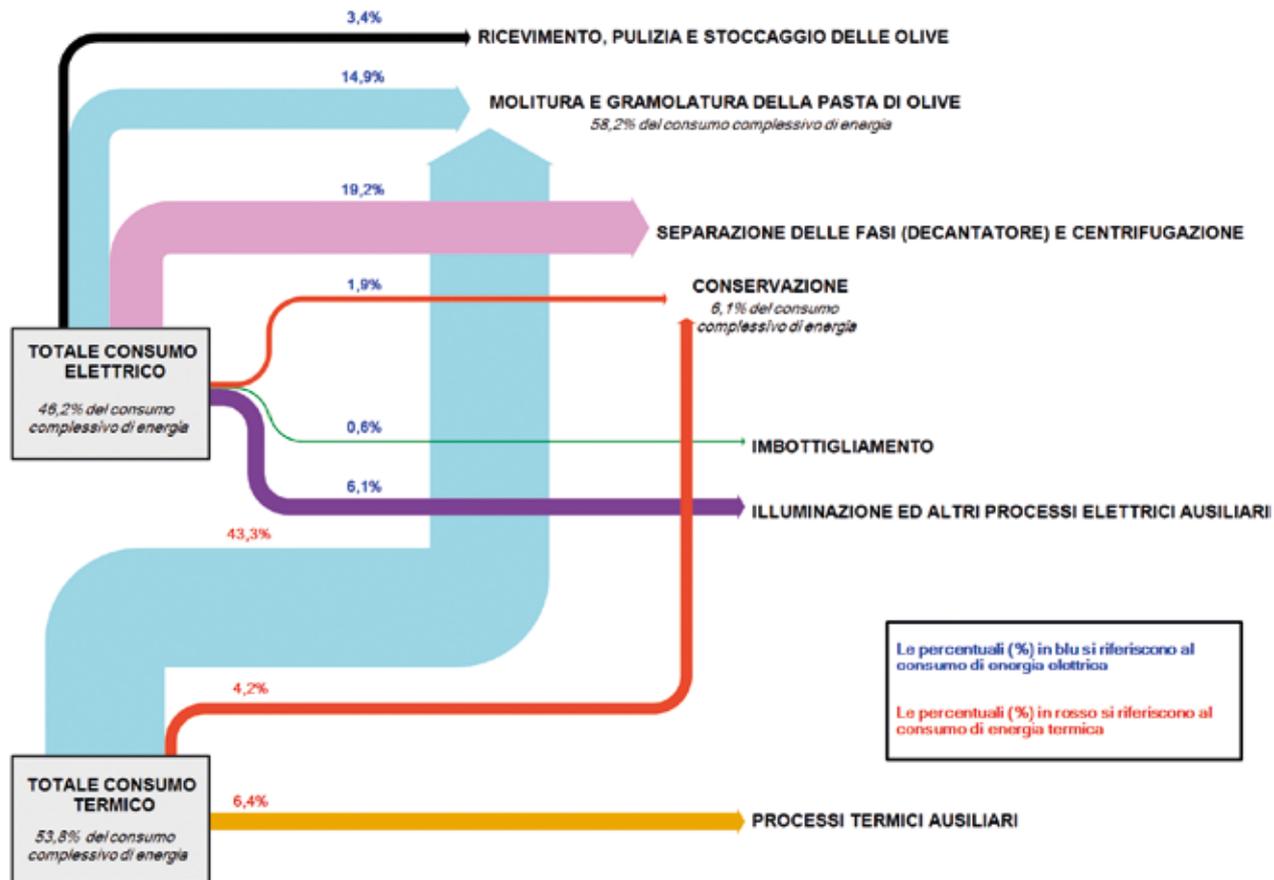


Figura 13. Flussi dei consumi energetici in un oleificio rappresentativo che produce 1.600 ton/anno di olio d'oliva

### 3.4. Note distintive del sotto-settore di produzione dell'olio d'oliva

Questo sotto-settore dell'industria di trasformazione agro-alimentare è contraddistinto da una produzione stagionale, concentrata tra i mesi di novembre e marzo, che ovviamente influenza fortemente il consumo energetico (elettrico quanto termico) durante i diversi mesi dell'anno. In base ad uno studio del 2010 eseguito da Cooperativas Agro-Alimentarias, i consumi energetici più alti coincidono con il pieno della fase produttiva, da dicembre a marzo. Durante il resto dell'anno i consumi energetici sono dovuti solo all'imbottigliamento ed al mantenimento in operazione delle strutture amministrative.

Un altro aspetto importante è lo sfruttamento dei noccioli di oliva come biomassa per la caldaia, al quale aderisce un numero sempre crescente di oleifici. I noccioli di oliva costituiscono un sottoprodotto della lavorazione delle olive per la produzione di olio. Il "surplus" di residui di noccioli ottenuto da alcuni oleifici viene venduto ad altre compagnie e pertanto rappresenta un vero e proprio introito economico per queste aziende. Sebbene il prezzo di questa biomassa sia in funzione della qualità, della disponibilità sul mercato e del prezzo degli altri tipi di biomassa, si possono definire in media dei valori nell'ordine di 75-100 €/ton.

## 4. MISURE PER IL RISPARMIO ENERGETICO

Negli ultimi anni, in Europa, la politica e l'innovazione tecnologica hanno teso a valorizzare ed incrementare l'adozione di misure per l'efficienza energetica ed il risparmio energetico, con il duplice scopo di contribuire sia alla riduzione delle emissioni di gas serra che dei costi di produzione.

Nelle pagine seguenti vengono presentate alcune misure per il risparmio energetico specifiche per il sotto-settore degli oleifici, prendendo spunto dalla guida "TESLA Best Practices Collection" (Ortego e Gutierrez, 2013) e dai risultati di Cooperativas Agro-Alimentarias (2010).

### 4.1. Biomassa utilizzata nelle caldaie degli oleifici

Durante la produzione di olio d'oliva, dopo la molitura, è richiesta la separazione di tutte le componenti delle olive. In questa fase la pasta di olive deve essere mantenuta ad una temperatura di 28°C, tramite una caldaia che utilizza acqua calda come fluido per lo scambio termico. Data l'elevata quantità di materiale di scarto prodotto negli oleifici, i noccioli di oliva sono ideali se utilizzati come carburante di una caldaia a biomassa per produrre calore. Qualora l'oleificio disponga ancora di una caldaia che consuma carburante fossile (come gas naturale o gasolio), una buona

pratica sarebbe quella di sostituirla con un'altra caldaia in grado di bruciare carburanti solidi. Inoltre, queste caldaie a biomassa hanno il vantaggio di permettere all'industria di utilizzare i loro propri rifiuti, risparmiando energia e diminuendo le emissioni di CO<sub>2</sub>.

Considerando la sostituzione di una caldaia a combustibile fossile con una nuova caldaia a biomassa, i costi per l'energia si riducono da 46 a 13 €/MWh di calore netto (considerando i costi di energia termica dovuti all'essiccazione ed alla selezione dei noccioli di oliva, oltre ad altre eventuali richieste termiche) ed il tempo di ritorno dell'investimento è di circa 3 anni.

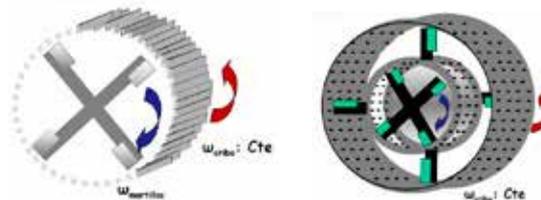
In aggiunta, attraverso un sistema di controllo del consumo della biomassa, il processo può essere ottimizzato ed i noccioli d'oliva in più (non necessari ad alimentare la caldaia) possono essere rivenduti così da incrementare i guadagni dell'azienda. La caldaia a biomassa può essere ulteriormente efficientata tramite un sistema automatico che regoli l'alimentazione della caldaia e la temperatura dell'acqua in entrata.

#### 4.2. Installazione di un frangitore girevole con griglia a listelli

*al posto di un frangitore con griglia convenzionale*

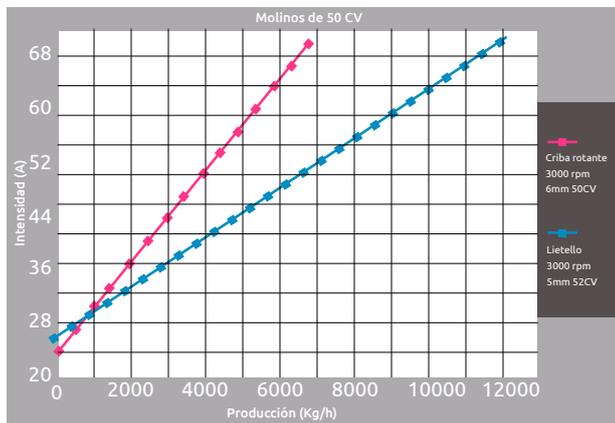
Subito dopo il ricevimento delle olive, queste devono essere macinate. Il processo di molitura richiede un consumo elevato di energia, dovuto alla potenza relativamente alta dei motori elettrici. Questa fase del processo di produzione dell'olio

d'oliva è molto importante e ne influenza anche la qualità (la granulometria della pasta influenza la resa e la separazione durante l'estrazione). Il grado di molitura condiziona la richiesta energetica anche a seconda del tipo di griglia che viene utilizzata. Convenzionalmente, la frangitura delle olive avviene mediante frangitore a martelli fissi e griglia mobile. Una buona pratica potrebbe essere la sostituzione della griglia convenzionale del frantoio con una nuova griglia che presenta listelli. Questo sistema determina una riduzione delle dimensioni delle particelle consumando meno energia.



**Figura 14.** Schema di un frangitore girevole con griglia a listelli (sulla sinistra) e di un frangitore a martelli convenzionale (sulla destra).

Una griglia girevole a listelli è un tipo di griglia a martelli con una velocità di rotazione di 1.500-3.000 r.p.m. e che include un unico filtro rotante nella direzione opposta ai martelli. Il diametro delle perforature dipende dalle dimensioni dei chicchi che si vogliono ottenere dalla demolizione dei noccioli.



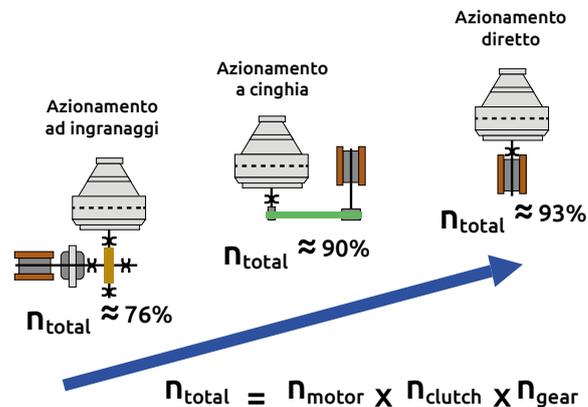
**Figura 15.** Potenza versus Produzione in frangitori con griglie convenzionali (30 HP) e con griglie rotative a listelli (50 HP) (Pierallisi).

Consumando la stessa quantità di energia è possibile aumentare la produzione d’olio d’oliva del 35% (più precisamente questo aumento dipende dalla dimensione dei granuli dei noccioli e dal quantitativo di produzione). La Figura 15 mostra che, a pari consumi di energia, un frangitore rotativo a listelli consente una maggior produzione rispetto ad un frangitore convenzionale.

### 4.3. Ottimizzazione nella fase di separazione

La separazione è la fase più energivora di tutto il processo di produzione dell’olio d’oliva. In questa fase l’olio d’oliva deve essere

separato dal resto delle componenti delle olive (sia liquide che solide). Per ridurre il consumo energetico, una buona opzione è quella di installare dei separatori integrati “direct drive” (azionamento diretto) tramite cui la pasta omogenea possa essere facilmente separata in base alle differenti densità di ciascuna componente.



**Figura 16.** Miglioramento dell’efficienza energetica tramite differenti sistemi di trasmissione (GEA Westfalia).

La tecnologia alla base del processo separativo è la stessa, ma la trasmissione della potenza è molto efficiente nel sistema ad azionamento diretto. Sebbene ogni caso specifico debba essere preso in considerazione separatamente per la stima del risparmio potenziale, in genere si possono raggiungere dei risparmi fino al 15%.

#### *4.4. Decantazione in serbatoi invece che in centrifughe verticali*

Ai fini di un efficientamento energetico, si propone di sostituire le centrifughe verticali con dei serbatoi di decantazione. Tali serbatoi costituiscono un sistema di decantazione statico e pertanto consentono un risparmio energetico del 100% rispetto alle centrifughe verticali ed una riduzione sia del consumo d'acqua che degli effluenti liquidi derivanti dalle fasi di lavaggio. Lo svantaggio principale è la necessità di uno spazio apposito per posizionare questi serbatoi. Studi del 2010 di Cooperativas Agro-alimentarias hanno dimostrato un tempo di ritorno dell'investimento dai 2 ai 4 anni e mezzo.

#### *4.5. Pulitura dell'olio tramite decantazione meccanica: sistema Oleosim*

Questo sistema è simile al precedente (4.4) ma richiede meno spazio (perciò si possono trattare volumi di olio maggiori) e consuma meno energia (circa il 96% in meno rispetto al consumo energetico previsto con l'uso di centrifughe verticali). Il sistema Oleosim separa, chiarifica e purifica l'olio d'oliva senza scartare gli effluenti. Questo sistema è costituito da tre moduli:

- Un impianto di dilatazione per il lavaggio delle olive e la dilatazione delle particelle organiche che viene operata meccanicamente tramite un motore a rotazione lenta. E' necessaria una piccola quantità d'acqua per dilatare le particelle.
- Un impianto di stabilizzazione per la stabilizzazione dell'olio e la liberazione dell'aria dalla fase precedente. Questo modulo regola anche l'entrata del prodotto nell'impianto di depurazione.
- Un impianto di depurazione per la separazione e l'eliminazione dell'acqua aggiunta durante il processo e per l'eliminazione delle particelle organiche trattate nei due moduli anteriori.

Il sistema Oleosim è fornito di un quadro elettrico che mostra una serie di informazioni d'interesse, come la quantità d'acqua consumata, la quantità di olio elaborata, le ore di funzionamento dell'impianto, l'allarme in caso di avarie, ecc.. Un'analisi svolta da Cooperativas Agro-alimentarias nel 2010 ha dimostrato un tempo di ritorno economico dell'investimento dai 3 ai 5 anni.

#### 4.6. Motori efficienti

Il consumo elettrico dei sistemi a motore è influenzato da numerosi fattori. Per ottenere il miglior risparmio potenziale, l'ideale sarebbe l'ottimizzazione dell'intero sistema dei motori. Di seguito, vengono discussi in maggior dettaglio alcuni aspetti ai fini del miglioramento dell'efficienza dei sistemi a motore.

**MOTORI AD ALTA EFFICIENZA.** La classificazione dell'efficienza energetica dei motori elettrici è dettata dalla normativa 60034 della Commissione IEC (2007) e le classi attualmente disponibili sono:

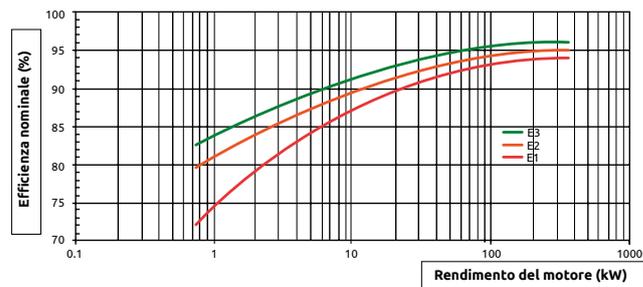
- IE1: Efficienza Standard (nei motori tradizionali)
- IE2: Alta Efficienza
- IE3: Efficienza Premium
- IE4: Efficienza Super Premium
- IE5: Efficienza Ultra Premium (recentemente disponibili sul mercato)

La direttiva europea EuPs (*Energy-using Products*) stabilisce la progettazione ecocompatibile (*ecodesign*) dei motori, in base ai livelli di efficienza energetica definiti dalla normativa IEC 60034-30, e ne regola il mercato: IE2 dal 16 giugno 2012; IE3 dal 1° gennaio 2015 per motori da 7,5 a 375 kW ed IE3 dal 1°

gennaio 2017 per motori da 0,75 a 375 kW.

La Figura 17 mostra le differenze tra ciascun tipo di motore.

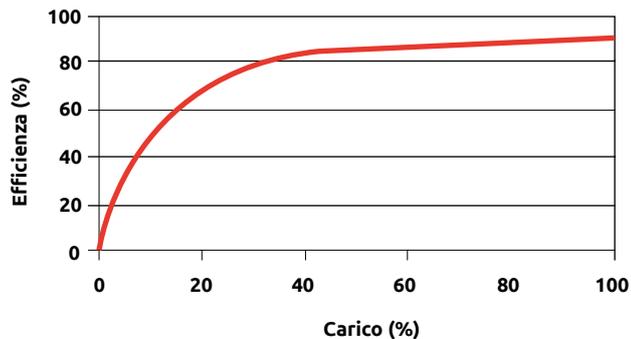
**DIMENSIONE DEL MOTORE APPROPRIATA.** La massima efficienza si ottiene quando il motore lavora tra il 60 ed il 100% del pieno carico. In genere, in un grafico dell'efficienza energetica di un motore in funzione della percentuale di carico, il picco per un motore ad induzione si ha vicino al 75% del pieno carico, poi la curva tende ad appiattirsi intorno al 50% del pieno carico. Un motore elettrico non lavora in condizioni ottimali quando è sotto il 40% del pieno carico ed infatti l'efficienza



**Figura 17.** Comparazione delle curve di efficienza energetica per i diversi livelli IE (*International Efficiency*) dei motori (CIRCE, 2013).

decade rapidamente. Ad ogni modo, motori di dimensioni più grandi possono operare con alte efficienze a carichi del 30% inferiori rispetto al carico nominale. L'efficienza di un motore elettrico in funzione del carico è mostrata in Figura 18.

**CONTROLLO DI UN MOTORE.** Lo scopo è quello di limitare il più possibile il regime minimo di un motore (modalità di operazione senza carico) attraverso la predisposizione di un sensore, un orologio, un processo di controllo, ecc.. Quindi, si può contribuire all'efficienza energetica mantenendo i motori spenti quando non sono necessari, ad esempio tramite un interruttore o un contattore



**Figura 18.** Efficienza di un motore elettrico in funzione del carico (BREF, 2009).

per collegare e disconnettere un motore da quello principale. La regolazione della velocità di un motore tramite l'uso di convertitori di frequenza, detti anche "inverter" o VSD (*variable speed drives*), può portare ad importanti risparmi energetici legati ad un controllo più preciso delle operazioni e dei processi e ad una diminuzione dell'usura dell'impianto meccanico. Con la variazione del carico, i VSD possono ridurre il consumo di energia elettrica in particolare nelle pompe centrifughe, nei compressori e nei ventilatori. L'applicazione di VSD risulta vantaggiosa in numerosi processi inerenti l'industria di produzione dei mangimi (ad esempio nel caso in cui i prodotti di partenza vengono elaborati e lavorati come nei frantoi, oppure nel caso in cui i materiali vengono trasportati attraverso nastri trasportatori) sia in termini di consumo energetico che di prestazioni complessive.

I dispositivi di trasmissione del movimento (ingranaggi, cinghie, alberi a gomito, ecc..) devono essere installati correttamente e mantenuti con regolarità. Il sistema di trasmissione dal motore al carico costituisce una fonte di perdite, che possono variare significativamente dallo 0 al 45%. La migliore opzione possibile risulta essere l'accoppiamento diretto (se tecnicamente fattibile).

#### 4.7. Sistemi ad aria compressa

L'aria compressa è una forma di energia dai molteplici impieghi e praticamente ogni industria possiede uno o più sistemi ad aria compressa per diversi scopi: macchine a pressione, sistemi di raffreddamento, compressori, trasportatori, ecc. L'aria compressa necessaria può essere prodotta dalla macchina stessa oppure da uno o più dispositivi ad aria compressa che rispondono a tutte le necessità dell'industria. Un impianto di produzione d'aria efficiente conferisce all'impresa diversi vantaggi tra cui l'aumento della produttività, l'ottimizzazione di tutta la catena produttiva e la diminuzione degli sprechi energetici. L'efficienza energetica di questi sistemi può essere implementata attraverso alcune delle misure in seguito descritte.

**OTTIMIZZAZIONE DEL DISEGNO STRUTTURALE DEL SISTEMA AD ARIA COMPRESSA.** La maggior parte dei sistemi ad aria compressa attualmente in uso potrebbe migliorare le proprie prestazioni tramite ottimizzazione della sua architettura. E' noto che l'implementazione di compressori addizionali e vari utilizzi in diverse fasi durante la vita dell'installazione possano risultare spesso in una performance inferiore del sistema. Nel disegno di un sistema ad aria compressa sono fondamentali il dimensionamento delle tubazioni (le perdite di carico sono una funzione della lunghezza della tubazione) ed il posizionamento

dei compressori, che consentono di minimizzare le cadute di pressione lungo la rete.

**INVERTER (VSD) E VOLUME DI STOCCAGGIO.** Quando le richieste d'aria per un processo sono variabili (se ad es. dipendono dall'ora del giorno e/o dal giorno della settimana), la presenza di un *inverter* ed un volume di stoccaggio favorisce la riduzione della richiesta energetica da parte del sistema ad aria compressa. Le "chance" di risparmio sono buone e possono raggiungere il 30% dei costi, sebbene il risparmio effettivo medio conseguibile applicando un *inverter* sul motore di un compressore è del 15%. D'altra parte, un volume di stoccaggio può ammortizzare le fluttuazioni nella pressione. Gli *inverter* sui compressori determinano anche una pressione più stabile ed un elevato fattore di potenza che mantiene la potenza reattiva bassa.

**RIDUZIONE DELLE FUGHE DAL SISTEMA AD ARIA COMPRESSA.** L'individuazione e la riparazione delle perdite da un sistema ad aria compressa sono le azioni che consentono il più elevato potenziale di risparmio energetico. Le perdite, che sono direttamente proporzionali alla pressione del sistema, sono sempre presenti 24 h/giorno in qualsiasi impianto, anche durante le ore di fermo. La perdita di capacità di un compressore in un impianto in buono stato di manutenzione deve essere

mantenuta al di sotto del 10%. Dunque, un programma efficiente per la manutenzione dei sistemi ad aria compressa deve includere misure di prevenzione e test periodici sulle perdite. Un modo ulteriore per ridurre le perdite è quello di diminuire la pressione operativa del sistema: una pressione differenziale inferiore nella zona della perdita riduce la portata della perdita.

**ALIMENTAZIONE DEL/I COMPRESSORE/I CON L'ARIA ESTERNA PIU' FREDDA.** Per ragioni termodinamiche, la compressione di aria calda richiede più energia rispetto alla compressione di aria fredda. Questa energia in eccesso può essere risparmiata alimentando la stazione ad aria compressa con aria più fredda dall'esterno. A questo scopo per esempio si potrebbe installare una tubatura di connessione tra la porta di uscita e quella di entrata del compressore. La tubazione dell'aspirazione dell'aria dall'esterno deve essere quanto più fredda possibile, pertanto va posizionata a Nord o, per lo meno, deve trovarsi all'ombra per la maggior parte del tempo.

**OTTIMIZZAZIONE DEL LIVELLO DELLA PRESSIONE.** Minore è il livello della pressione dell'aria compressa generata e più la produzione presenta un costo minore ed il sistema risulta efficiente. E' buona norma impostare la pressione nell'impianto al minimo livello accettabile, tenendo conto dei

profili di richiesta e del volume dei serbatoi di stoccaggio. E' anche importante verificare se ha senso aumentare la pressione a livelli elevati per servire dei piccoli utilizzatori. In aggiunta a ciò, il modo più economico di regolare il livello della pressione di un compressore è quello di utilizzare interruttori a pressione. La pressione può anche essere regolata tramite un compressore con convertitore di frequenza che consente l'erogazione in base alle specifiche necessità di aria compressa.

#### 4.8. Inverter

Gli *inverter* o variatori di velocità (*variable speed drives*, VSD) possono essere installati in qualsiasi impianto in cui un processo operi con un carico variabile, ad esempio: pompe centrifughe, ventilatori, macine, frantoi, tramogge, nastri trasportatori, compressori per aria compressa o nei sistemi di raffreddamento, ecc. Il loro utilizzo fa diminuire il consumo di energia dei motori, adattando il consumo reale ai fabbisogni effettivi di un processo. I variatori di velocità controllano la velocità di rotazione dei motori agendo da variatori di velocità, in quanto aumentano o diminuiscono la frequenza a cui viene alimentato il motore, pertanto sono convertitori di frequenza. Di conseguenza, la velocità del motore può essere regolata da parametri esterni quali la temperatura, il flusso o il carico nei nastri trasportatori o nelle tramogge. Il controllo della velocità



**Figura 19.** Variatori di velocità (variable speed drives, VSD).

ha un peso importante ai fini dell'efficienza energetica di un processo. I risparmi dipendono dalla potenza del motore, dal suo profilo operativo e dalle ore di operazione in un anno. La presenza di un *inverter* in un motore può arrivare a dimezzare i suoi consumi energetici.

#### 4.9. Isolamento

Nell'industria agro-alimentare è necessario trasferire calore sia in alcuni processi di riscaldamento che di refrigerazione. Nelle caldaie, ad esempio, l'acqua calda o il vapore viaggiano tra la caldaia ed il sito d'utilizzo. Negli stabilimenti delle aziende, la manutenzione delle condizioni dei materiali isolanti è un'operazione d'importanza critica al fine di evitare fughe termiche e problemi di condensazione. La

chimica-fisica dei materiali isolanti deve tenere in conto diversi aspetti, tra cui evitare la propagazione di funghi e muffe, essere in grado di proteggere dalla radiazione UVA, non seccarsi (bisogna fare attenzione alle perdite che infieriscono sulla capacità isolante dei materiali), essere flessibili e facili da installare, avere una bassa conduttività termica ( $0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  o inferiore). In genere, l'intervallo di temperature di lavoro per i materiali isolanti va da  $-50$  a  $+110^{\circ}\text{C}$ .

**ISOLAMENTO DEI TUBI.** I risparmi conseguibili potenzialmente dipendono da: diametro e lunghezza del tubo (o area della superficie isolante), differenza tra temperatura interna ed esterna, resistenza termica e spessore del materiale isolante. Di seguito facciamo un semplice esempio, considerando due tubi che trasportano un fluido caldo, uno rivestito di materiale isolante e l'altro no. In entrambe i casi, la temperatura del fluido è di  $60^{\circ}\text{C}$ , la temperatura dell'aria è di  $15^{\circ}\text{C}$ , la lunghezza del tubo è di 350 m, il suo diametro di 150 mm, lo spessore di 31 mm e la conduttività termica di  $0,04 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ . Comparando le perdite di calore tra i due tubi, è stato misurato che le perdite di energia nel tubo con materiale isolante si riducevano dell'85%, con un conseguente elevato risparmio di energia.

**ISOLAMENTO DELLE VALVOLE.** Secondo la normativa vigente, non solo le tubazioni, ma anche i raccordi, le valvole ed altri dispositivi di connessione dovrebbero essere isolati in maniera più efficace. Sono disponibili diverse coperture isolanti riutilizzabili e rimovibili. Considerando una temperatura di operazione di 150°C, una temperatura ambientale di 20°C ed una valvola di 150 mm, i risparmi energetici potenziali installando un guscio di coibentazione rimovibile intorno alle valvole può arrivare a 970 W (BREF, 2009). Inoltre, come regola generale, qualsiasi superficie raggiunga temperature superiori a 150°C, se esiste un rischio di contatto con una persona, bisognerebbe utilizzare materiale isolante per la protezione del personale.



**Figura 20.** Isolamento dei tubi in buone condizioni.

#### *4.10. Riscaldamento dell'acqua o dell'aria*

Le industrie utilizzano acqua calda sia a scopi igienico-sanitari che per le caldaie o la produzione di vapore. Esistono numerosi sistemi per il riscaldamento dell'acqua ed in questo manuale ne trattiamo tre che non implicano un aumento di consumo energetico.

**RECUPERO DEL CALORE DAI COMPRESSORI.** La maggior parte dell'energia elettrica utilizzata da un compressore in un'azienda è convertita in energia termica (calore) che deve essere convogliata verso l'esterno. Per risparmiare costi ed energia si può progettare un sistema di recupero del calore che permetta di recuperare un'alta percentuale di questo calore disponibile e di riutilizzarlo per produrre aria o acqua calda a seconda del bisogno. Sono disponibili due sistemi di recupero del calore:

- Riscaldamento dell'aria: il calore recuperato può essere utilizzato per il riscaldamento degli spazi interni, dai bruciatori ad olio o da qualsiasi altra applicazione in cui sia richiesta aria calda. L'aria dell'ambiente viene fatta passare attraverso il compressore dove assorbe il calore risultante dal processo di compressione dell'aria. Le uniche modifiche da apportare al sistema sono l'aggiunta

di un condotto e di un altro ventilatore per indirizzare l'aria nel condotto ed eliminare sul compressore qualsiasi pressione inversa dovuta al suo raffreddamento.

- Riscaldamento dell'acqua: è anche possibile utilizzare uno scambiatore di calore per estrarre il calore refluo dal lubrificante dei compressori delle macchine frigorifere e utilizzarlo per produrre acqua calda. A seconda del tipo, gli scambiatori di calore possono produrre acqua potabile o non potabile. Quando non è richiesta acqua calda, il lubrificante viene instradato verso il radiatore. L'acqua calda può essere utilizzata nell'impianto della caldaia.

Vari sistemi di recupero del calore sono disponibili sul mercato per la maggior parte dei compressori come *“optional”*, integrati nel compressore o come soluzione esterna. Un sistema di recupero del calore ben progettato può permettere di riscattare dal 50 al 90% dell'energia termica disponibile.

**RECUPERO DI CALORE TRAMITE UN ECONOMIZZATORE O UN CONDENSATORE.** Nelle caldaie, l'installazione di un sistema di recupero di calore consente di recuperare il calore dai prodotti della combustione e di cederlo

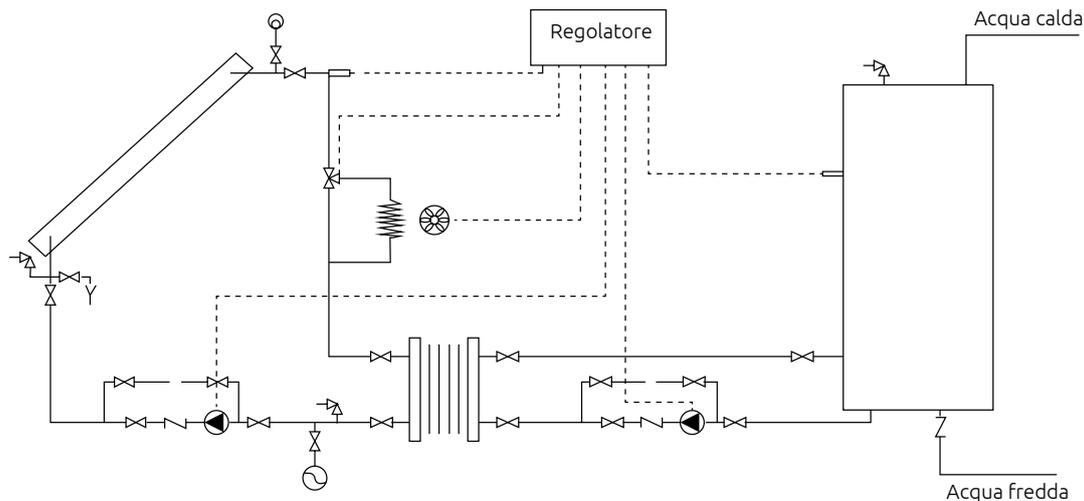
al fluido di ritorno, preriscaldandolo così prima dell'ingresso in caldaia. Dato che nelle caldaie una grossa quantità di calore viene persa sotto forma di fumi (ovvero i gas prodotti dalla combustione), è possibile ridurre il consumo di energia fossile recuperando parte di questo calore. A questo scopo è sufficiente installare uno scambiatore di calore nella canna fumaria che trasferisca il calore dai fumi all'acqua nella caldaia o ad un altro processo termico. L'installazione di un economizzatore dopo la caldaia consente di risparmiare il 5% di energia (considerando che la temperatura dei vapori non può scendere al di sotto di un valore limite per evitare che lo scambiatore di calore e la canna fumaria subiscano corrosione). Un condensatore permette di recuperare l'energia contenuta nei fumi di combustione condensando il vapore acqueo in essi contenuto. I risparmi in termini energetici dipendono dalla diminuzione della temperatura dei fumi, ma in genere l'installazione di un condensatore dopo una caldaia fa risparmiare intorno al 5-10% di energia.

**PANNELLI SOLARI TERMICI PER IL RISCALDAMENTO DELL'ACQUA.** Un pannello (o collettore) solare ad alta efficienza è costruito con un vetro speciale con una percentuale

di trasferimento di energia superiore al 92%. L'assorbitore è costituito da una sottile lastra di rame ricoperta da un rivestimento altamente performante e selettivo, il TINOX (fortemente assorbente e con emissioni deboli). In genere, gli assorbitori nei pannelli presentano resistenza termica di 250°C, "performance" ottica del 75% e coefficiente di

dispersione del calore di 2,9 W/m<sup>2</sup>°C.

Potenzialmente, si possono conseguire risparmi fino al 50-70% a seconda delle condizioni atmosferiche e della richiesta energetica. Quindi è possibile ridurre il consumo di energia da parte delle caldaie, consumando meno energia fossile ed immettendo meno CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.



**Figura 21.** Schema di impianto solare termico IMS (CPC solar).

#### 4.11. Illuminazione

Nei sotto-settori industriali presi in considerazione nel Progetto TESLA, gli edifici richiedono un elevato contributo per l'illuminazione. Attualmente possono essere installati diversi tipi di lampade, tra cui principalmente lampade a scarica in gas (fluorescenti, a vapore di sodio o di mercurio ad alta pressione) o tecnologie alogene. Le tecnologie LED (diodi che

emettono luce, dall'inglese *Light Emitting Diodes*) hanno una durata maggiore (più di 50.000 ore), richiedono poche operazioni per il mantenimento (e la sostituzione delle luci è molto semplice), presentano un indice di resa del colore dell'80%, una temperatura del colore di 4.000 K e consentono un risparmio energetico fino al 75% rispetto alle lampade a scarica di gas o alle alogene. Il flusso luminoso è di 10.000 lm (per 110 W) e 20.000 lm

**TABELLA 7. RISPARMI ENERGETICI CONSEGUIBILI.**

<b>SITUAZIONE INIZIALE NON EFFICIENTATA</b>	<b>SITUAZIONE EFFICIENTATA TRAMITE LED</b>	<b>RIDUZIONE DELLA POTENZA</b>
Lampada/tubo fluorescente da 2x18W (potenza installata complessiva di 42W con un alimentatore elettromagnetico)	LED18S (19W)	54%
Lampada/tubo fluorescente da 2x58W (potenza installata complessiva di 136W con un alimentatore elettromagnetico)	LED60S (57W)	58%
Lampada a vapore di mercurio da 250W (potenza installata complessiva di 268W con dispositivi ausiliari)	BY120P (110 W)	58%
Lampada a vapore di mercurio da 400W (potenza installata complessiva di 428W con dispositivi ausiliari)	BY121P (210 W)	51%

Fonte: Philips.

(per 210 W). La Tabella 7 mostra i risparmi energetici che si possono ottenere considerando la sostituzione di lampade fluorescenti con dispositivi LED.

#### *4.12. Batterie di condensatori per la diminuzione dell'energia reattiva*

Vi sono numerosi dispositivi, come motori o lampade a scarica, che operano in presenza di un campo elettromagnetico. Dato che non tutti i motori possono lavorare a carico nominale, si



**Figura 22.** Batterie di condensatori.

genera un consumo di energia reattiva che si riscontra poi nella bolletta dell'elettricità. Il consumo di questa energia reattiva può essere evitato implementando batterie di condensatori. In commercio sono disponibili batterie di condensatori di differenti potenze, da 7,5 kVAr a 1120 kVAr, che vengono collegate accanto al trasformatore di potenza degli impianti. La compensazione del fattore di potenza viene fatta in genere per tutti gli impianti installati in una cooperativa, ma rappresenta più una misura di risparmio economico che non energetico, sebbene tali impianti traggano vantaggio dall'aumento della capacità di trasmissione di energia dalla rete elettrica.

#### *4.13. Trasformatori di potenza ad alta efficienza*

Qualsiasi stabilimento industriale possiede un trasformatore di potenza per convertire l'elettricità che proviene dalla rete elettrica. I trasformatori di potenza sono componenti fondamentali nel sistema di produzione, trasmissione e distribuzione dell'energia elettrica. Trasformatori molto vecchi sono immersi in olio, non sono molto efficienti e consumano molta energia. Diversamente, i trasformatori a secco riducono le perdite di energia fino al 70%, sono sicuri, non richiedono notevoli cure per il mantenimento e sono

a prova di cortocircuito e sovraccarico. Questa misura è consigliabile in industrie che lavorano costantemente molte ore per anno (come nel caso dei mangimifici). In realtà, trattandosi di un investimento importante e con un lungo recupero, questa implementazione viene fatta in caso di guasto o rottura del trasformatore.

#### 4.14. Strumenti di gestione

Vi sono diverse soluzioni da prendere in considerazione al fine di incrementare l'efficienza energetica. Queste soluzioni non devono essere esclusivamente tecniche, bensì dovrebbero



**Figura 23.** Pannello di controllo.

essere relazionate ai metodi di gestione, come la gestione della qualità del prodotto, la gestione dell'energia o la gestione della produzione. Uno strumento di gestione dell'energia consente di determinare la via migliore e sostenibile per ottimizzare gli usi/consumi di energia, con conseguente riduzione dei costi associati, tramite la conoscenza ed il monitoraggio dei flussi di energia. Il guadagno netto per l'azienda, oltre alla limitazione delle emissioni di gas serra, riguarda la sua immagine al pubblico. Uno strumento gestionale nelle industrie è anche raccomandato in base ai requisiti standard delle norme UNI CEI EN 16001/ISO 50001 per i sistemi di gestione dell'energia. Un gestore di energia virtuale è costituito da dispositivi di misurazione, da una griglia di comunicazione e da un software.



## **5. CONCLUSIONI**

Nell'ultimo decennio, nell'ottica di una oramai necessaria riduzione delle emissioni di gas serra, nonché dei costi energetici, anche nel settore dell'industria agro-alimentare si è assistito ad un forte aumento d'interesse per l'efficienza energetica. La conformità agli standard europei MEPS (*Minimum Energy Performance Standards*) di motori, sistemi di raffreddamento e caldaie, così come la propensione verso l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, rappresentano soluzioni efficaci per ridurre il consumo di energia ed inoltre consentono di limitare gli effetti drastici dell'impatto ambientale che sarebbero procurati da questi impianti.

Ogni paese ha le sue tipiche caratteristiche di produzione. Le misure di risparmio energetico possono differire da un paese all'altro a seconda di specifiche condizioni in merito soprattutto al prezzo ed alla regolazione dell'energia.

In questo manuale specifico per il sotto-settore degli oleifici e della produzione di olio d'oliva, sono state esaminate le differenze nei consumi energetici durante le varie fasi di produzione dell'olio d'oliva, mettendo in evidenza le possibilità e le modalità di ottimizzare il consumo di energia, di migliorare l'efficienza energetica e di contribuire alla

riduzione delle emissioni di gas serra. Lo studio approfondito degli usi e dei consumi sia elettrici sia termici attraverso le varie fasi di produzione e la conoscenza del bilancio energetico aiutano ad identificare i punti critici e a scegliere le tecnologie più adatte.

Negli oleifici si può intervenire a livello di impianti, illuminazione, automazione, utilizzo di noccioli di oliva come carburante a biomassa per le caldaie, ecc.. Inoltre, l'utilizzo di materiale isolante nelle tubature attraverso cui circola l'acqua calda può minimizzare le perdite di calore e diminuire il consumo di energia. Un altro aspetto importante da considerare ai fini di un miglioramento generale del sistema di produzione e di un risparmio di energia è l'utilizzo corretto degli impianti secondo protocolli ottimizzati e specifici in base al volume di produzione. Infine, anche un mantenimento corretto e frequente delle installazioni è molto importante.

## 6. REFERENZE

- Agencia para el Aceite de Oliva
- Anuario de Estadística. 2011. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 1189 pp.
- AFIDOL. 2012. *Le marché de l'huile d'olive: situation & perspectives* 11/04/2012.
- Cooperativas Agro-Alimentarias. 2010. *Almazaras: manual de ahorro y eficiencia energética del sector (Olive oil mills: handbook of efficiency and energy saving in the sector)*. EU project CO2OP, 2010.
- Di Giovacchino, L., N. Constantini, M. L. Ferrante, e A. Serraiocco. 2002. "Influence of malaxation time of olive paste on oil extraction yields and chemical and organoleptic characteristics of virgin olive oil obtained by a centrifugal decanter at water saving." *Grasas y Aceites*, p: 179-186.
- ENEA, 2013. *RAEE, Rapporto Annuale sull'Efficienza Energetica*.
- GPP. 2013. *Programa de desenvolvimento rural do continente 2014-2020. Diagnóstico – Análise preliminar*. 147 pp.
- INE. 2012. *Estadísticas Agrícolas 2011*. Instituto Nacional de Estadística, I.P.. 171 pp.
- INEA. 2012. *Anuario dell'Agricoltura Italiana. Volume LXV*. Istituto Nazionale di Economia Agraria, Roma. 553 pp.
- Ortego A. and Gutiérrez J.I. 2013. *IEE/12/758/SI2.644752. D 5.3: Audit and Training Proposals Report*,
- *Best practices collection. TESLA project, Intelligent Energy in Europe Program*. 47 pp.
- Petrakis, C. "Olive Oil Extraction." *Chemist Press*, 2006: 191-224
- *Portugal Foods*. 2012. *Portugal excepcional estratégia de internacionalização do sector agro-alimentar 2012-2017*. 314 pp.

### 6.1. Siti web

- AFIDOL – Association Française Interprofessionnelle de l'Olive - <http://www.afidol.org>
- AICA – Agencia de información y Control Alimentarios. [http://aplicaciones.magrama.es/pwAgenciaAO/OliverEspanol/aao?opcion\\_seleccionada=2000&idioma=ESP&numPagina=2101](http://aplicaciones.magrama.es/pwAgenciaAO/OliverEspanol/aao?opcion_seleccionada=2000&idioma=ESP&numPagina=2101)
- ASOLIVA, Spanish Olive Oil Exporters Association, <http://www.asoliva.com>
- Eurostat - <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
- Eurostat - [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/international\\_trade/data/database](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/international_trade/data/database)
- INE – Instituto Nacional de Estadística. <http://www.ine.pt>
- IOC – International Olive Council - <http://www.internationaloliveoil.org>
- [www.frantoionline.it](http://www.frantoionline.it)

The Tesla logo, featuring the word "tesla" in a bold, lowercase sans-serif font, followed by a stylized green infinity symbol.

Transferring  
Energy Save  
Laid on Agroindustry



[www.teslaproject.org](http://www.teslaproject.org)  
[tesla@agro-alimentarias.coop](mailto:tesla@agro-alimentarias.coop)



Cofinanziato dal programma "Intelligent Energy Europe"  
dell'Unione Europea