

Azienda	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Azienda agricola Bacci Noemio	9547,97	0,342
Azienda agricola Arcioni Sergio - Potature	2052,33	0,638
Azienda agricola Petesse Maria Angela	10.860,00	0,469
Azienda agricola Rosati Bruna	199,52	0,414
Azienda agricola Sorelle Zappelli Cardarelli	6304,94	1,938
Società agricola Trevi "Il Frantoio" S.p.A.	1745,80	2,255
Azienda agricola Apolloni Paolo	1234,09	1,061

Tabella 4-1: Capacità di sequestro della CO₂ delle componenti permanenti

4.1.2 Quantificazione biomassa non permanente

La quantità di biomassa vivente e relativa quantità di C nelle strutture non permanenti è stata determinata secondo il metodo "misure dirette del peso". Sono stati considerati in questa categoria sia la potatura (suddivisa in foglie e in legno) che i frutti in un selezionato numero di piante campione.

La CO₂ sequestrata nelle potature alla fine della stagione vegetativa è stata stimata determinando il peso secco (kg per albero) del materiale di potatura dopo aver portato in laboratorio il materiale selezionato, averlo trattato nel forno e aver calcolato il rapporto tra Peso Secco (PS) e Peso Fresco (PF).

Dalla sostanza secca ottenuta sono stati quindi ricavati i valori di C e di CO₂ atmosferica fissata attraverso opportuni coefficienti correttivi (il peso secco è stato prima moltiplicato per CF, cioè per la frazione di carbonio della massa secca CF assunta pari a 0,5, e quindi per il rapporto tra le moli di carbonio e la somma delle moli di ossigeno dell'anidride carbonica pari a 0,273). La capacità di rimozione delle potature è riportata nelle tabelle seguenti.

Azienda agricola Bacci Noemio - Potature							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Leccino	4,23	2,324	1,162	4,256	1.103	4.694,32	0,168
Frantoio	10,59	5,959	2,980	10,915	1.103	12.039,04	0,431
Moraiolo	4,43	2,353	1,176	4,309	5.145	22.168,61	0,793
TOTALE					7.351	38.901,97	1,392

Azienda agricola Arcioni Sergio - Potature							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Dolce Agogia	8,92	4,906	2,453	8,985	378	3.396,46	1,056
Frantoio - 1962	56,5	31,075	15,538	56,914	222	12.634,89	3,927
Frantoio - 1997	25,73	14,153	7,077	25,922	81	2.099,67	0,653
Leccino - 2004	1,04	0,572	0,286	1,048	300	314,28	0,098
Leccino - 1997	13,68	7,521	3,761	13,775	30	413,26	0,128
TOTALE					1.011	18.858,56	5,861

Azienda agricola Petesse Maria Angela - Potature							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Moraiolo - 1986	1,93	1,002	0,501	1,834	6.060	11.116,13	0,480
Moraiolo - 1998	8,90	4,895	2,448	8,965	567	5.083,27	0,220
Frantoio - 1998	9,775	5,376	2,688	9,847	566	5.573,18	0,241
Frantoio - 1986	10,48	5,324	2,662	9,751	300	2.925,18	0,126
Leccino - 1986	15,74	8,657	4,329	15,855	300	4.756,59	0,205
Leccino - 1998	13,68	7,521	3,761	13,775	567	6.068,51	0,262
TOTALE					8.360	35.522,87	1,534

Azienda agricola Rosati Bruna - Potature							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Moraiolo	16,61	1,747	0,873	3,200	257	822,28	1,708
Gnagolo	8,90	6,626	3,313	12,135	43	521,79	1,084
TOTALE					300	1.344,07	2,791

Società agricola Trevi "Il Frantoio" S.p.A. - Potature							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Moraiolo	6,64	3,801	1,900	6,961	860	5.986,19	7,333
TOTALE					860	5.986,19	7,333

Azienda agricola Sorelle Zappelli Cardarelli - Potature							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Moraiolo	8,99	2,792	1,369	5,114	5.225	26.720,09	8,213
Moraiolo - secolari	4,56	1,416	0,708	2,594	275	713,33	0,219
TOTALE					5.500	27.433,42	8,433

La CO₂ sequestrata nei frutti alla fine della stagione vegetativa è stata stimata secondo la medesima procedura vista per le potature e i valori ottenuti sono riportati nelle tabelle seguenti.

Azienda agricola Bacci Noemio - Frutti							
Cultivar	Produzione media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Leccino	10,51	4,323	2,161	7,917	1.103	8.732,66	0,313
Frantoio	16,52	7,318	3,659	13,402	1.103	14.782,69	0,529
Moraiolo	21,86	11,047	5,523	20,232	5.145	104.092,42	3,725
TOTALE						127.607,78	4,567

Azienda agricola Arcioni Sergio - Frutti							
Cultivar	Produzione media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Dolce Agogia	20,2	10,946	5,473	20,048	378	7.577,98	2,355
Frantoio - 1962	27,74	14,192	7,096	25,992	222	5.770,24	1,793
Frantoio - 1997	22,23	9,189	4,595	16,830	81	1.363,22	0,424
Leccino - 2004	13,24	6,108	3,054	11,187	300	3.356,16	1,043
Leccino - 1997	23,0	11,887	5,944	21,772	30	653,15	0,203
TOTALE					1.011	18.720,75	5,819

Società agricola Trevi "Il Frantoio" S.p.A. - Frutti							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Moraiolo	9,71	3,835	1,917	7,024	860	6.040,34	7,803
TOTALE					860	6.040,34	7,803

Azienda agricola Rosati Bruna - Frutti							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Moraiolo	27,96	4,857	2,428	8,895	257	2.285,93	4,747
Gnagolo	15,35	2,329	1,165	4,266	43	183,43	0,381
TOTALE					300	2.469,39	5,128

Azienda agricola Petesse Maria Angela - Frutti							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Moraiolo - 1986	12,59	5,687	2,843	10,415	6.060	63.115,41	2,726
Moraiolo - 1998	11,40	4,614	2,307	8,449	567	4.790,95	0,207
Frantoio - 1998	19,07	7,764	3,882	14,219	566	8.048,00	0,348
Frantoio - 1986	21,60	8,577	4,289	15,710	300	4.712,90	0,204
Leccino - 1986	27,05	10,675	5,337	19,551	300	5.865,16	0,253
Leccino - 1998	10,09	3,811	1,906	6,980	567	3.957,58	0,171
TOTALE					8.360	90.490,00	3,908

Azienda agricola Sorelle Zappelli Cardarelli - Frutti							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Moraiolo	8,68	2,047	1,023	3,749	5.225	19.586,29	6,021
Moraiolo - secolari	13,4	3,542	1,771	6,487	275	1.783,94	0,548
TOTALE					5.500	21.370,23	6,569

Azienda agricola Apolloni Paolo - Frutti							
Cultivar	Potatura media per pianta [kg]	Sostanza secca [kg]	kgC per pianta	kgCO ₂ per pianta	N° piante	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Moraiolo	9,7	4,365	2,183	8,083	475	3.839,58	3,301
Moraiolo - secolari	11,3	5,085	2,543	9,417	475	4.472,92	3,846
TOTALE					950	8.312,50	7,147

Combinando i risultati sopra visti, sia per le componenti permanenti che non, è stato possibile determinare la capacità di rimozione complessiva per i diversi oliveti studiati.

Tuttavia, poiché il carbonio stoccato dalle componenti non permanenti è in parte riemesso in atmosfera a seguito dei processi di trasformazione subiti dall'oliva (lavorazioni subite in frantoio) e dalle patate (a seguito della trinciatura, una volta disposte sul campo, per effetto dell'attività microbica si ha una re-immissione parziale di CO₂ in atmosfera) la quantità netta effettivamente stoccata è inferiore rispetto alla quantità totale valutato come somma sei contributi sopra visti. Dal momento che la valutazione della quantità di CO₂ riemessa in atmosfera non rientrava nelle finalità del progetto, a titolo precauzionale, si è scelto di calcolare la capacità di sequestro effettiva andando a trascurare il contributo associato ai frutti e dimezzando il valore delle patate anche secondo studi disponibili in letteratura. In questo modo si è determinata la capacità di stoccaggio per le varie aziende che è risultata essere pari a:

Azienda	Resa [kg _{olio} /kg _{olive}]	Capacità di rimozione [kgCO ₂]	Capacità di rimozione [kgCO ₂ /l _{olio}]
Azienda agricola Bacci Noemio	0,171	28.998,96	1,038
Azienda agricola Arcioni Sergio - Patate	0,140	11.454,61	3,569
Azienda agricola Petesse Maria Angela	0,178	28.621,44	1,236
Azienda agricola Rosati Bruna	0,148	871,56	1,810
Azienda agricola Sorelle Zappelli Cardarelli	0,122	20.021,65	6,155
Società agricola Trevi "Il Frantoio" S.p.A.	0,114	4738,90	5,922
Azienda agricola Apolloni Paolo	0,178	1234,09	1,061

Tabella 4-2: Capacità di sequestro della CO₂ totale

Dall'analisi dei risultati si può osservare come il legame tra rendimento e capacità di rimozione sia inversamente proporzionale e cioè maggiore è il rendimento, minore è la capacità di sequestro di CO₂ per litro d'olio realizzata dall'uliveto essendo questa determinata come rapporto tra la capacità di sequestro totale e i litri d'olio prodotti.

4.1.3 Monitoraggio delle fasi colturali e di trasformazione

Per poter determinare in modo esaustivo le emissioni associate alla fasi colturali e di trasformazione, ogni singola operazione è stata monitorata andando quindi a definire il consumo energetico e di materiali. Per poter poi quantificare il corrispondente carico di CO₂ equivalente (emissioni associate a tutti i gas clima-alternati convertite in unità equivalenti di anidride carbonica), i consumi determinati sono stati trasformati in unità tra loro paragonabili e riferiti tutti alla medesima unità di riferimento.

Nel dettaglio sono state monitorate tutte le fasi del processo produttivo e di trasformazione dell'olio, raccogliendo tutti i necessari dati di consumo.

Fase colturale	Dati raccolti
Potatura (per la quale si sono rese necessarie le fasi raccolta e pesatura legna post-potatura, raccolta e andana tura frascome, imballo, trasporto e pesatura del frascome)	consumi energetici delle macchine impiegate (motoseghe pneumatiche e/o attrezzature elettriche).
Trinciatura delle potature	consumi di carburante della macchina impiegata (trinciacocchi).
Trinciatura erbe spontanee	consumi di carburante della macchina impiegata (trinciacocchi). Viene ripetuta più volte nel periodo che va da Aprile a Settembre.
Fertilizzazione	quantità di fertilizzante utilizzato; consumi di carburante per il trasporto e per le operazioni colturali di distribuzione del concime.
Raccolta delle olive	consumi energetici delle macchine impiegate (agevolatori elettrici o pneumatici, vibratorii del tronco).
Trasporto delle olive al frantoio	Consumi di carburante delle macchine impiegate (trattori, pickup).

Per realizzare il monitoraggio sono stati condotti diversi sopralluoghi nelle aziende durante i periodi di lavorazione tipicamente compresi tra Ottobre e Dicembre, per quanto riguarda la fase di raccolta e successiva trasformazione, e tra Febbraio e Maggio, per le fasi di potatura e trinciatura delle potature/erbe spontanee. Monitorando le fasi colturali è stato possibile evidenziare l'importanza di scegliere determinate tecniche colturali piuttosto che altre per raggiungere prima il punto di compensazione oltre il quale il bilancio assorbimento/emissione assume un valore positivo.

Si sono monitorate anche le operazioni condotte in laboratorio, per quantificare sia il contributo al sequestro della CO₂ atmosferica da parte della piantagione, e le operazioni condotte all'interno del frantoio per determinare le emissioni in atmosfera dei processi di trasformazione e di imbottigliamento dell'olio d'oliva. In quest'ultimo caso, le tecniche adottate per determinare l'impatto ambientale, sono dettagliatamente illustrate nei paragrafi successivi.

5. Macrofase 3: Analisi del ciclo di vita e dell'impronta di carbonio

Tutti i principali strumenti per calcolare le emissioni di CO₂ si basano sull'approccio Life Cycle Thinking (LCT) e, in particolare, lo strumento fondamentale è la valutazione del ciclo di vita o studio di tipo Life Cycle Assessment (LCA). Per LCT si intende il filo conduttore che lega la definizione delle strategie e della gestione di chiunque (imprese produttrici e distributrici, consumatori, soggetti pubblici, ecc.) contribuisca alle varie fasi del ciclo di vita del prodotto.

I modelli di calcolo riferiti all'LCA offrono un approccio dinamico e un'analisi completa dei contributi diretti ed indiretti di emissioni nell'intero ciclo di vita per il calcolo del GWP. Al fine di analizzare l'impronta di carbonio dell'olio d'oliva si è fatto riferimento alle norme ISO della serie 14000 relative ai sistemi di gestione ambientale (SGA) e agli strumenti per la loro attuazione che definiscono la struttura e le caratteristiche che deve avere l'analisi LCA:

- **UNI EN ISO 14040:2006.** Environmental management - life cycle assessment - principles and framework.
- **UNI EN ISO 14044:2006.** Environmental management - life cycle assessment - requirements and guidelines.
- **ISO/TS 14067:2013.** Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification and communication.

A supporto delle norme sono disponibili inoltre dei *rapporti tecnici e specifiche*:

- **ISO/TS 14048:2002.** Environmental management - Data documentation format;
- **ISO/TR 14047:2012.** Environmental management - illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations;
- **ISO/TR 14049:2012.** Environmental management - illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis.

Infine, è stato necessario considerare anche le **Product Category Rules (PCR)** specifiche per l'olio d'oliva aggiornate il 24 Aprile 2014: Virgin olive oil and its fractions (Version 2.01). Questo perché, nella ISO 14067 è specificato che, nel caso in cui siano state definite delle PCR per il prodotto/processo oggetto di analisi, è obbligatorio utilizzare tali regole nella valutazione della Carbon Footprint.

In particolare, la Carbon Footprint dei prodotti comprende l'assorbimento e l'emissione di gas clima-alteranti nell'arco dell'intera vita di un prodotto o servizio, dall'estrazione delle materie prime e la loro lavorazione, al loro uso e al loro finale utilizzo, riciclaggio o smaltimento. In ciascuna delle suddette fasi, le emissioni di gas ad effetto serra possono derivare da sorgenti come: l'utilizzo di energia e di combustibili per trasporto, i rifiuti e le perdite di refrigeranti da sistemi di refrigerazione, mentre gli assorbimenti possono derivare dalla fissazione della CO₂ atmosferica da parte delle piante o del suolo. La Carbon Footprint viene pertanto calcolata mediante uno studio LCA conforme alle norme citate, evidenziando

soltanto le emissioni che hanno effetto sul fenomeno del cambiamento climatico. È pertanto improprio affermare che la Carbon Footprint fornisce un risultato dell'intero impatto ambientale del prodotto in esame, in quanto altri impatti, normalmente ricompresi in una LCA non sono quantificati. Tuttavia, rispetto ad una LCA completa, la CF è di facile comunicazione e comprensione da parte del pubblico, potendo essere direttamente collegata a una delle priorità ambientali universalmente riconosciute e affrontate dalle politiche ambientali. Una bassa Carbon Footprint significa infatti che il prodotto in esame dà un basso contributo ai cambiamenti climatici.

La valutazione del ciclo di vita, si articola quindi in quattro fasi (Figura 5.1) secondo un approccio “from cradle to grave” (cioè dalla culla alla tomba in modo da considerare tutte le fasi associate alla produzione del bene/servizio in analisi): definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione; analisi dell'inventario, cioè quantificazione degli input e degli output (Life Cycle Inventory – LCI); valutazione degli impatti (Life Cycle Impact Assessment); interpretazione del ciclo di vita.

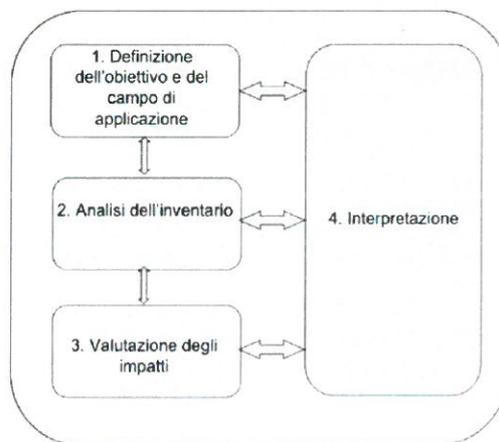


Figura 5.1 - Fasi di uno studio LCA

5.1 Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

Obiettivo del presente progetto era determinare, attraverso un'analisi LCA, l'impatto ambientale derivante dalla produzione d'olio extra vergine d'oliva per le aziende umbra sopra viste, e in particolare avere una visione consapevole delle emissioni associate all'intero ciclo di vita volendo creare una filiera olivicola sostenibile.

In questa fase si è reso necessario definire:

- **Unità funzionale (U.F.):** indica il riferimento rispetto al quale tutti i dati che compongono il bilancio ambientale del sistema in esame saranno normalizzati; indica una prestazione quantificabile e oggettivamente riscontrabile di un prodotto, per consentire la comparabilità dei risultati dell'LCA. La scelta è stata effettuata sulla base di regole di categoria di prodotto (Product Category Rules - PCR) nell'ambito delle dichiarazioni ambientali di prodotto (Environmental Product Declaration - EPD) e in accordo con studi di letteratura condotti sull'argomento. Aggiornate il 27 Aprile 2014, le PCR per l'olio

vergine di oliva e sue frazioni, prevedono che come unità funzionale di riferimento si consideri 1 litro di olio extra vergine.

- **Confini del sistema prodotto:** determinano le unità di processo che devono essere incluse nell'LCA. È utile rappresentare attraverso un diagramma del flusso le unità di processo e le loro interrelazioni. Anche in questo caso, i confini del sistema sono stati determinati in accordo con le PCR specifiche per l'olio che riportano il seguente schema (Figura 5.2) per l'identificazione dei processi di Upstream (cioè a monte della fase di lavorazione/strazione, considerando quindi tutto ciò che è connesso alla produzione delle olive fino al loro trasporto in frantoio), Core (nel quale rientrano le fasi di lavorazione in frantoio) e Downstream (cioè successive alla lavorazione, quindi di utilizzo e fine vita del prodotto).

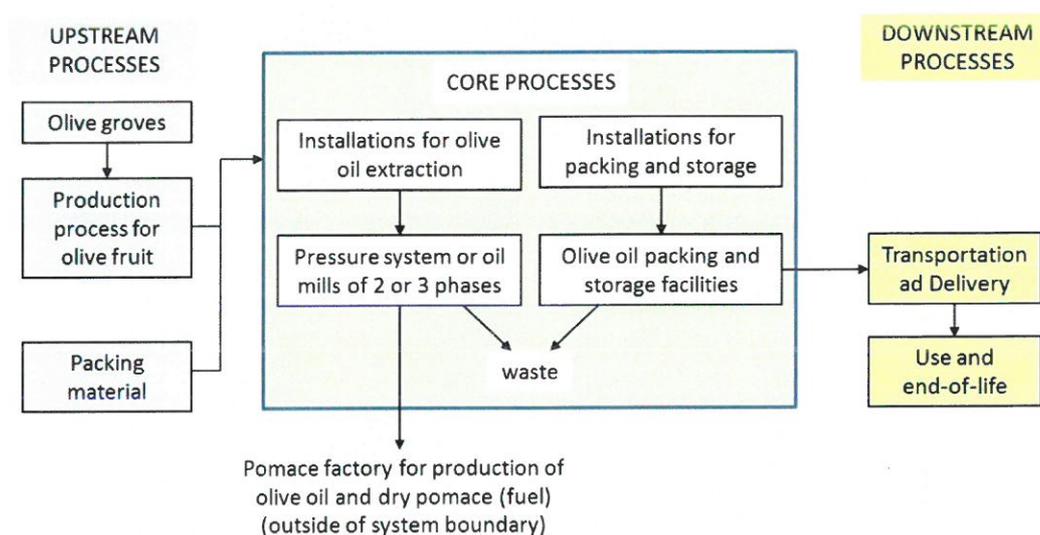


Figura 5.2 - Processi di Upstream, Core e Downstream secondo le PCR

Tuttavia, dal momento per la fase d'uso e di smaltimento finale del prodotto sono stati evidenziati numerosi possibili scenari, con significative difficoltà per realizzare in modo adeguato la raccolta dati corrispondenti, si è scelto di non considerare i processi a valle del confezionamento del prodotto (Downstream) applicando un approccio "dalla culla alla porta". Questo tipo di analisi, tuttavia, è consentito dalla ISO / TS 14067 in cui sono definiti anche le raccomandazioni per una valutazione parziale PCF (Partial Carbon Footprint).

Già in questa fase è stato possibile distinguere i dati che potevano essere monitorati/misurati nelle aziende o richiesti ai fornitori diretti delle materie oggetto di lavorazione, e quelli reperibili nelle banche dati di riferimento (es. mix energetico nazionale per la fornitura di energia elettrica dalla rete).

5.2 LCI (Life Cycle Inventory): analisi dell'inventario

L'analisi dell'inventario consiste nella descrizione di tutte le operazioni necessarie per la realizzazione del prodotto finale, in termini di flussi di materia, energia ed emissione di possibili inquinanti. Questa fase

comprende la raccolta dei dati ed i procedimenti di calcolo che consentono di quantificare gli elementi in ingresso e in uscita di un sistema di prodotto. Il processo è iterativo: man mano che i dati vengono raccolti e il sistema è meglio conosciuto, possono essere identificati nuovi requisiti e limitazioni, che richiedono un cambiamento della procedura di raccolta dei dati.

Per ogni processo unitario entro il confine di sistema, i dati si possono classificare in quattro macrocategorie: elementi in ingresso (energia, materie prime, materiali ausiliari o altre entità fisiche); prodotti, coprodotti e rifiuti; emissioni in aria e scarichi nell'acqua e nel suolo; altri aspetti ambientali. Questi possono essere inoltre distinti in 3 classi: dati primari (rilevamenti diretti); dati secondari (ricavati dalla letteratura, database di software specifici, ecc.); dati terziari (provenienti da stime, da statistiche ambientali, ecc.).

5.2.1 Schede di raccolta dati

Sulla base di quanto detto, si è scelto, per quanto possibile, di effettuare la raccolta dati ricorrendo, per la maggior parte dei casi, a dati primari cioè forniti direttamente dall'azienda a seguito di rilevamenti. Per facilitare la raccolta sono state quindi predisposte diverse schede di monitoraggio per le fasi di Upstream e Core, successivamente consegnate agli agricoltori, a cui sono state affiancate delle interviste condotte presso le aziende. Queste schede sono state redatte secondo gli schemi riportati nell'allegato A della norma UNI EN ISO 14044:2006, opportunamente modificati per i casi studio analizzati. In particolare, è stato definito uno schema modello per:

1. L'uliveto, cioè per il processo di produzione dell'oliva.
2. L'estrazione, ossia le operazioni che sono state condotte all'interno del frantoio fino allo stoccaggio dell'olio extra vergine di oliva.
3. L'imbottigliamento e il confezionamento.

In particolare, ogni scheda è stata pensata come un insieme di 4 tabelle:

- Tabella 1, flussi di materiali in ingresso, in cui dovevano essere specificati i diversi materiali utilizzati durante il processo, specificandone le fasi di utilizzo, le quantità e la provenienza, gli eventuali mezzi di trasporto utilizzati;
- Tabella 2, flussi di materiali in uscita, in cui è stato richiesto di elencare i materiali prodotti durante il processo in esame (output che potrebbe anche essere utilizzato come input in un processo successivo), specificando la fase in cui è stato prodotto, le quantità prodotte, la destinazione prevista e qualsiasi mezzo di trasporto utilizzato;
- Tabella 3, consumi energetici e lavorazioni, in cui era richiesto di specificare il consumo di energia associato al processo in esame, sia termica che elettrica, accompagnate dalle fatture corrispondenti. Insieme a queste informazioni è stato richiesto di specificare, per ogni fase di lavorazione, il mezzo utilizzato (marca, il modello, il consumo specifico, il tempo di utilizzo, combustibile di alimentazione,

etc.);

- Tabella 4, produzione di rifiuti, sono stati i vari tipi e le quantità di rifiuti dovevano essere specificato, la segnalazione anche la fase in cui sono stati prodotti e la loro successiva destinazione (riciclaggio, messa in discarica, altri processi).

In Figura 5.3 è riportato, a titolo di esempio, il modello utilizzato per raccogliere i dati associati all'oliveto. In particolare, per ogni tabella del modello considerato, alcune righe sono state completate secondo le indicazioni fornite degli agricoltori.

La raccolta dati ha permesso di definire le seguenti unità di processo:

- **Processi di UPSTREAM**

1. **Potatura:** consumi energetici delle macchine impiegate (motoseghe ad asta elettriche).
2. **Trinciatura delle potature:** consumi di carburante della macchina impiegata (trinciastocchi).
3. **Falciatura erbe spontanee:** consumi di carburante della macchina impiegata (trinciastocchi). Viene ripetuta più volte nel periodo che va da Maggio a Settembre.
4. **Fertilizzazione:** quantità di fertilizzante utilizzato; consumi di carburante per il trasporto e l'applicazione in campo.
5. **Raccolta delle olive:** consumi energetici delle macchine impiegate (agevolatore elettronico).
6. **Trasporto delle olive al frantoio:** consumi di carburante del mezzo impiegato (trattore con rimorchio).

- **Processi di CORE:**

1. **Estrazione:** consumi associati ai processi di lavaggio delle olive, frangitura, gramolatura, centrifugazione orizzontale nel decanter e centrifugazione verticale (elettrici, termici e di acqua).
2. **Filtrazione:** materiale impiegato per la filtrazione (cotone) prima dell'imbottigliamento.
3. **Imbottigliamento:** processo di produzione delle bottiglie in vetro (1l) e delle lattine in acciaio (5l); consumi energetici per l'imbottigliamento e confezionamento.

I confini del sistema e le diverse unità di processo considerate nello studio sono mostrati nella Figura 5.4.

Le aziende coinvolte, per effettuare questa fase, si sono avvalse di consulenze altamente specialistiche. In particolare, il servizio di consulenza ha garantito la predisposizione delle schede per la raccolta dati da consegnare alle aziende, così da poter implementare il monitoraggio dei parametri necessari allo studio di LCA e CF. Ha inoltre provveduto alla verifica e alla raccolta periodica dei dati "d'inventario" e ad una prima elaborazione degli stessi, così da renderli fruibili per l'inserimento all'interno dello specifico software dedicato.

Quanto monitorato nella macrofase 2 è propedeutico alla presente fase.

Scheda ULIVETO, Tabella 1 - Flussi di materiali in ingresso									
Materiali in input	Tipologia di materiale	Quantità	Fase di utilizzo	Periodo di utilizzo (da...a)	Provenienza	Distanza[km]	Mezzo di trasporto utilizzato	Capacità del mezzo [ton or q]	Combustibile
Fertilizzante	Es. organico	Ton	Fertilizzazione	Dopo potatura o autunno	Luogo di acquisto	Tra il luogo di acquisto e l'azienda	Es. trattore (marca, modello)	-	diesel
Prodotti fitosanitari	Es. solfato di rame + acqua	Kg	Trattamento occhio di pavone, mosca dell'olivo,...	primavera			Es. camion	-	Diesel

Scheda ULIVETO, Tabella 2 - Flussi di materiali in uscita							
Materiale in output	Quantità	Fase di utilizzo	Destinazione	Distanza tra la destinazione e l'azienda [km]	Mezzo di trasporto utilizzato	Capacità del mezzo [ton or q]	Combustibile
Olive	Ton	Trasporto al frantoio	Frantoio di lavorazione	-	Es. trattore (marca, modello)	-	diesel

Scheda ULIVETO, Tabella 3 - Consumi energetici e lavorazioni					
Lavorazione	Descrizione	Macchine impiegate	Combustibile	Consumi	N. ore o N. km totali
Lavorazione del terreno	Inerbito, nessuna lavorazione meccanica	-	-	-	-
Potatura	Forbici e seghe elettriche	Marca e modello	Energia elettrica da rete	La batteria è caricata 2 volte al giorno	6 ore per ha
Raccolta delle olive	A mano o con agevolatori elettrici	Marca e modello	Energia elettrica da rete	LA batteria è caricata 1 volta al giorno	6,5 ore per giorno
Trinciatura potature e erbe spontanee	Trinciastocchi collegato al trattore	Marca e modello del trattore	Diesel	16/18 l per ha	6 ore per ha

Scheda ULIVETO, Tabella 4 - Produzione di rifiuti			
Rifiuti prodotti	Descrizione	Quantità	Trattamento dei rifiuti
Sacchi e imballaggi fertilizzante	Sacchi di plastica	25 kg di fertilizzante per sacco -sulla base del quantitativo totale di fertilizzante è possibile determinare il numero totale di sacchi	Raccolta differenziata - riciclaggio

Figura 5.3 - Modello per la raccolta dati della fase di produzione

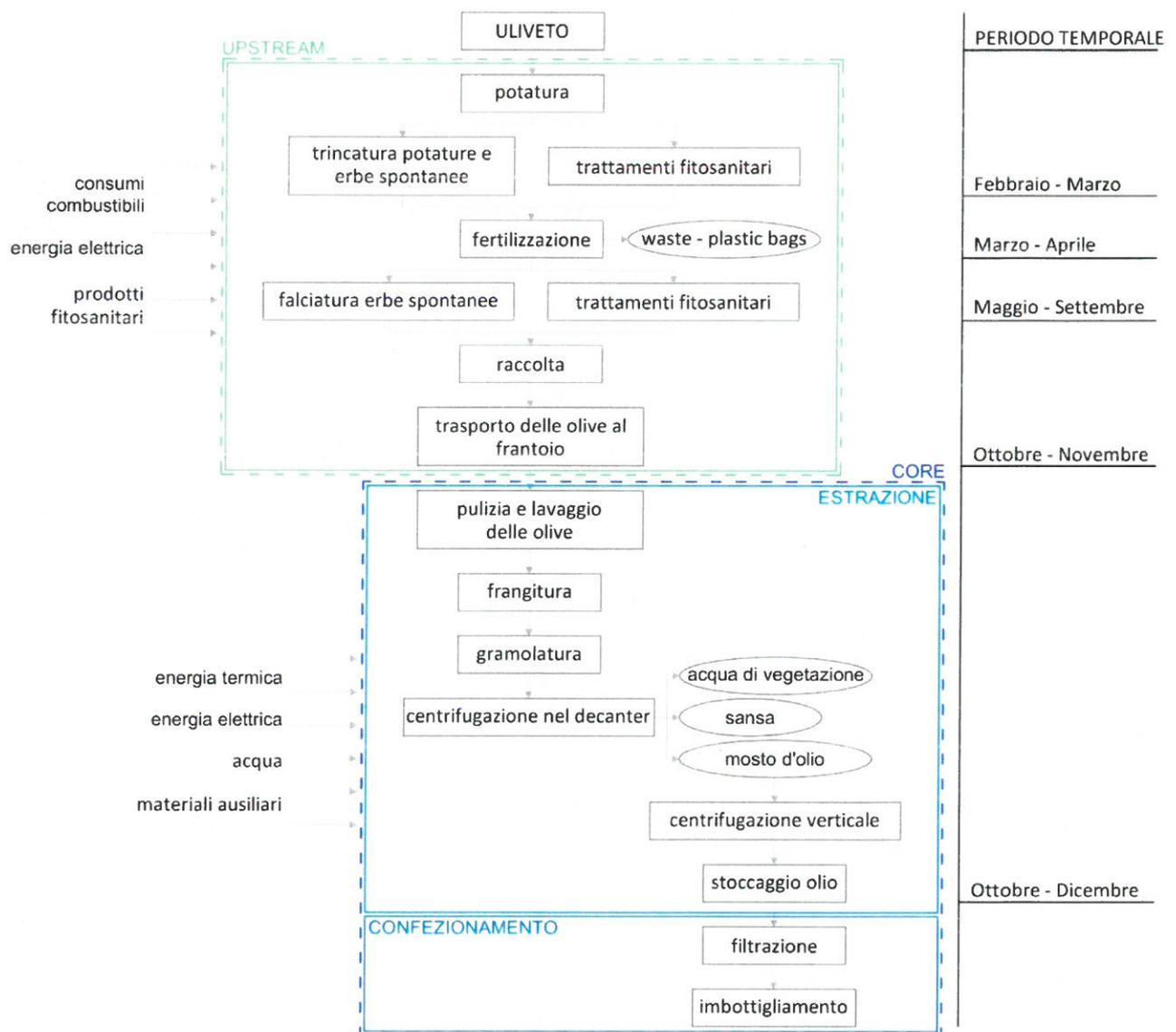


Figura 5.4 - Confini di sistema e unità di processo considerate

5.2.2 Monitoraggio consumi elettrici del frantoio

Come già anticipato precedentemente, per conoscere i consumi elettrici del frantoio, oltre ai dati forniti dall'azienda attraverso i moduli, si è fatto ricorso ad analizzatori di rete. Attraverso l'installazione di tali strumenti è stato possibile registrare l'andamento del carico elettrico in modo continuo per alcuni giorni della lavorazione.

Azienda agricola Petesse Maria Angela

La registrazione dei consumi è stata effettuata nel periodo dal 5/12 al 9/12. Per lo stesso periodo sono stati ricavati i dati sulle quantità di oliva macinata e sulle rese ottenute necessari poi per definire il consumo come $\text{kWh}/q_{\text{oliva}}$ o $\text{kWh}/l_{\text{olio}}$.

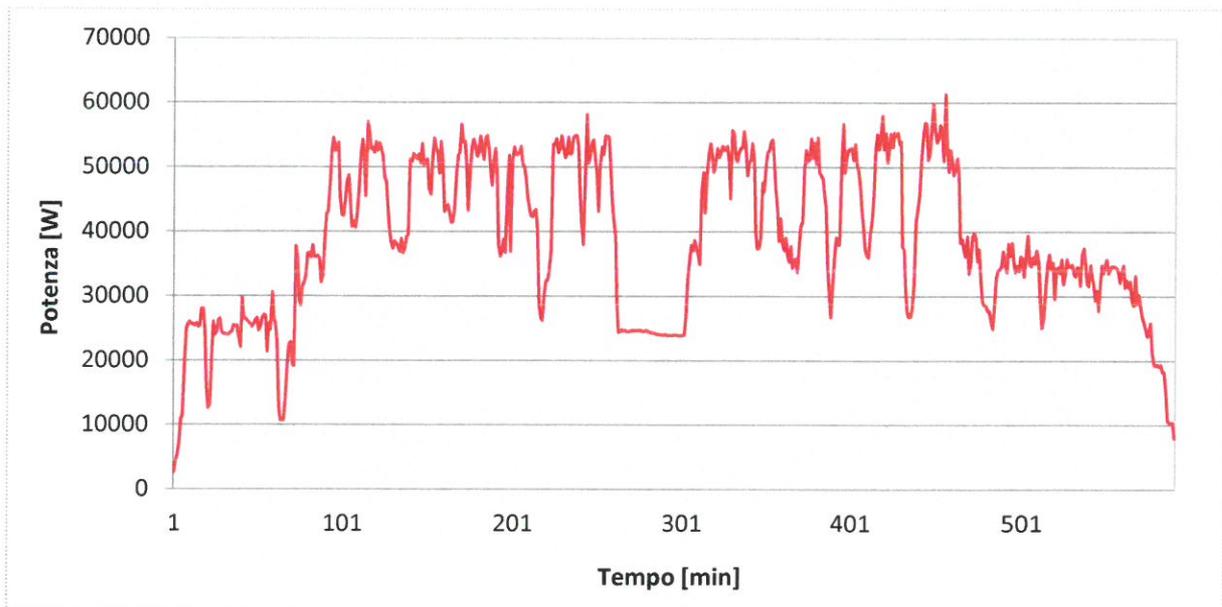
Giorno di lavorazione	Quantità di oliva macinata [kg]	Resa media [kg _{olio} /kg _{oliva}]
05/12/2013	8176	0,1752
06/12/2013	9097	0,1864
07/12/2013	8160	0,1727

Tabella 5-1: Resa media per i giorni di lavorazione analizzati

Dato l'elevato numero di singole frangiture effettuate e l'impossibilità di ricondurre le stesse a periodi di tempo ben definiti, si è scelto di utilizzare come dato della resa quello risultante dalla media pesata delle varie rese ottenute all'interno della stessa giornata.

1. Consumi del 05/12/2013

Dall'analisi dei dati registrati dall'analizzatore risulta che durante le lavorazioni del 05/12 sono stati assorbiti, al netto dell'energia necessaria per l'illuminazione (pari a circa 30 Wh ogni minuto, e dovuta ai circa 1,8 kW di potenza necessaria) circa 361,850 kWh per lavorare 8176 kg di oliva. A questo assorbimento globale di energia va sottratta l'energia elettrica impiegata dal denocciolatore pari a 8,95 Wh/kg di oliva.



Pertanto, l'energia effettivamente impiegata dal frantoio per le operazioni di lavaggio, frangitura, gramolatura, decantazione e separazione centrifuga verticale, è pari a:

$$361.850 \text{ Wh} - \left(8,95 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}} \cdot 8176 \text{ kg}_{\text{oliva}} \right) = 288,675 \text{ kWh}$$

Da tale calcolo si può risalire all'energia utilizzata per ogni litro di olio extravergine di oliva ricavato partendo dai dati riportanti nella tabella sopra vista. In particolare, la resa media per il giorno 5 dicembre è stata pari a 0,1752 kg di olio per kg di oliva macinata e, assumendo la densità dell'olio pari a 0,92 kg/l di olio, si ha che per ogni kg di oliva macinata si sono ottenuti circa $0,1752/0,92 = 0,1904$ l_{olio}/kg_{oliva} . Si può pertanto dire che il 5 dicembre sono stati ottenuti:

$$0,1904 \frac{l_{olio}}{kg_{oliva}} \cdot 8.176 kg_{oliva} = 1557 l_{olio}$$

Perciò la quantità di energia elettrica spesa per le varie fasi di lavorazione dell'oliva è pari a:

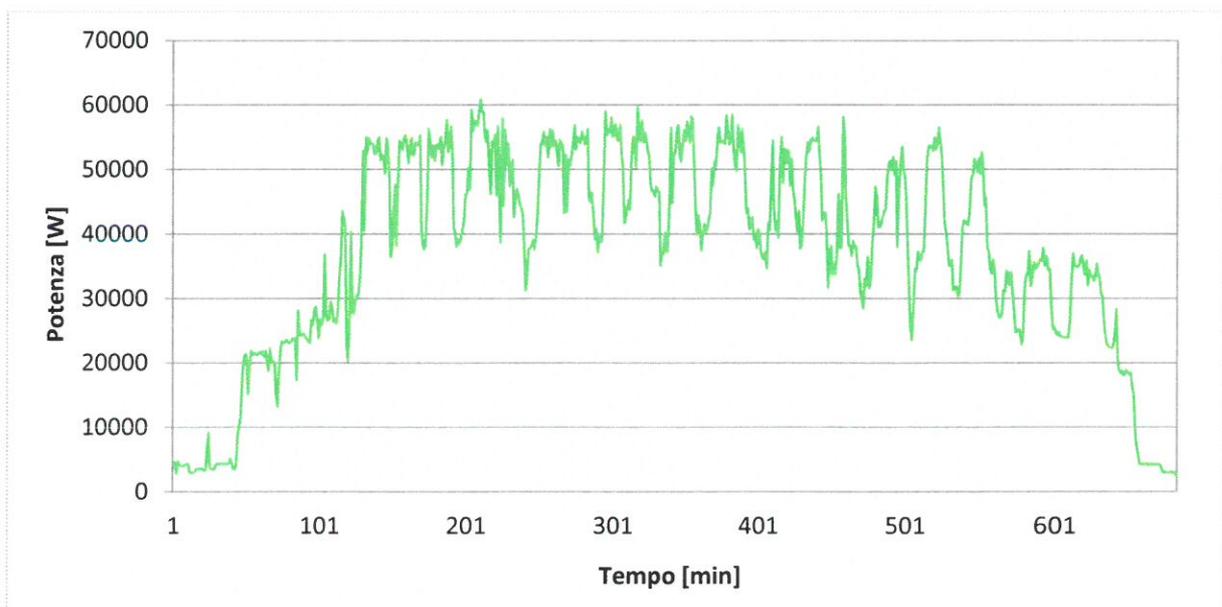
$$\frac{288,675}{1557} = 0,185 \frac{kWh}{l_{olio}}$$

o in termini di quintali di oliva lavorata:

$$\frac{288,675}{81,76} = 3,531 \frac{kWh}{q_{oliva}}$$

2. Consumi del 06/12/2013

Analogamente a quanto fatto in precedenza, si ricava innanzitutto dalla tabella dei valori registrati dall'analizzatore l'energia globalmente assorbita durante le ore di lavorazione nel frantoio, pari a 424,104 kWh.



Si procede poi alla sottrazione del contributo dato dall'illuminazione dei locali del frantoio, considerando i 30 Wh per ogni minuto calcolati in precedenza (tempo di lavorazione pari a 11 ore e 23 minuti):

$$424.104 \text{ Wh} - \left(30 \frac{\text{Wh}}{\text{min}} * 683 \text{ min} \right) = 403,614 \text{ kWh}$$

Nota la quantità di oliva macinata, si procede al calcolo dell'energia assorbita dal denocciolatore ed alla sua sottrazione al consumo globale:

$$403.614 \text{ Wh} - \left(8,95 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}} \cdot 9097 \text{ kg}_{\text{oliva}} \right) = 322,196 \text{ kWh}$$

Data una resa media di 18,64 kg di olio per ogni quintale di oliva macinata per il giorno di lavorazione si sono ottenuti circa 1843 litri di olio. L'energia elettrica spesa per le varie fasi di lavorazione dell'oliva all'interno del frantoio risulta pertanto pari a:

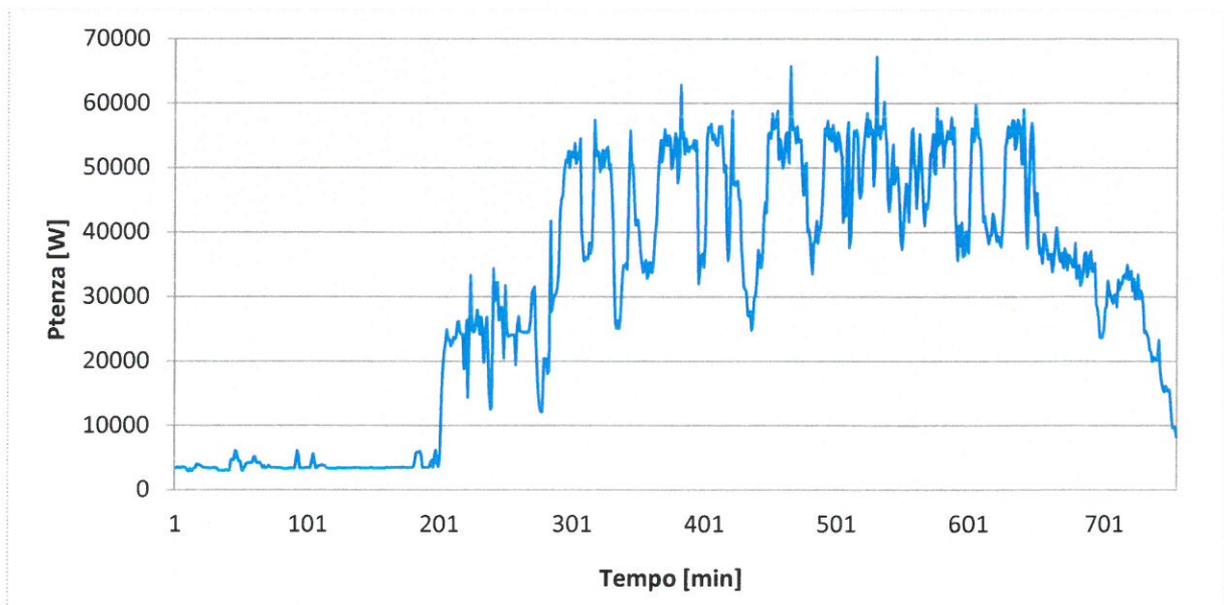
$$\frac{322,196}{1843} = 0,175 \frac{\text{kWh}}{\text{l}_{\text{olio}}}$$

o in termini di quintali di oliva lavorata:

$$\frac{322,196}{90,97} = 3,542 \frac{\text{kWh}}{\text{q}_{\text{oliva}}}$$

3. Consumi del 07/12/2013

L'energia globalmente assorbita nelle ore di lavorazione presso il frantoio è stata pari a 382,635 kWh.



A questa viene sottratta l'energia impiegata per l'illuminazione (tempo di lavorazione pari a 11 ore e 52 minuti):

$$382.635 \text{ Wh} - \left(30 \frac{\text{Wh}}{\text{min}} * 712 \text{ min} \right) = 361,275 \text{ kWh}$$

Escludendo il consumo dovuto al funzionamento del denocciolatore si avrà:

$$361.275 \text{ Wh} - \left(8,95 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}} * 8160 \text{ kg}_{\text{oliva}} \right) = 288,243 \text{ kWh}$$

Pertanto, il consumo di energia per litro di olio prodotto sarà dato dalla seguente:

$$\frac{288,243}{1532} = 0,188 \frac{\text{kWh}}{\text{l}_{\text{olio}}}$$

o in termini di quintali di oliva lavorata:

$$\frac{288,243}{81,60} = 3,532 \frac{\text{kWh}}{\text{q}_{\text{oliva}}}$$

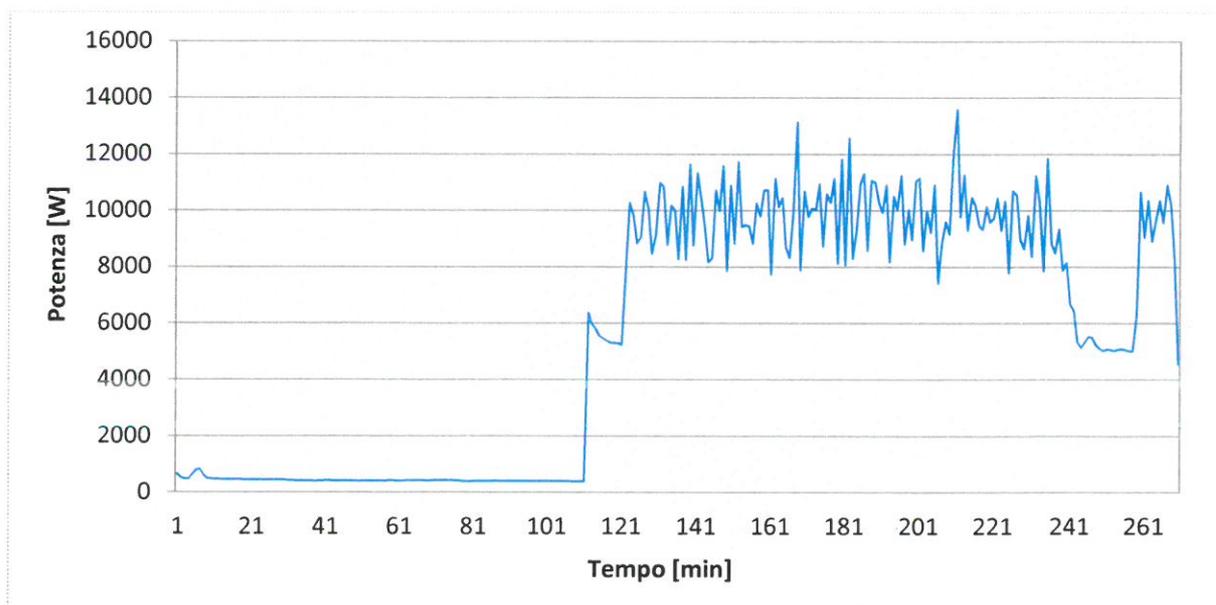
Anche in questo caso il risultato ottenuto risulta pienamente in linea con quelli ottenuti nei giorni precedenti. I risultati ottenuti sono riportati in tabella.

<i>Giorno di lavorazione</i>	<i>Energia assorbita/litro di olio [kWh/l]</i>	<i>Energia assorbita/quintale di oliva [kWh/q]</i>
05/12/2013	0,185	3,531
06/12/2013	0,175	3,542
07/12/2013	0,188	3,532
Media	0,182	3,535

Tabella 5-2: Energia elettrica assorbita per litro d'olio e quintale di oliva lavorata

4. Consumi del denocciolatore

Dato che i consumi rilevati dall'analizzatore di rete presso il frantoio Petesse sono comprensivi degli assorbimenti riconducibili al denocciolatore, si è determinato il consumo medio di energia per litro di olio di tale strumento. Tale consumo è stato poi sottratto ai consumi globali.



I dati a cui si è fatto riferimento sono quelli rilevati durante la mattina del 09/12/2013:

- Oliva in entrata al frantoio: 2.760 kg
- Sansa estratta: 1.600 kg
- Nocciolino ottenuto: 207 kg
- Olio estratto: 493 kg
- Energia elettrica assorbita: 24,7 kWh

Per determinare i consumi è sufficiente determinare il rapporto tra i consumi elettrici e i kg di oliva in entrata:

$$\frac{24.700 \text{ Wh}}{2.760 \text{ kg}_{\text{olive}}} = 8,95 \frac{\text{Wh}}{\text{kg}_{\text{olive}}}$$

Per avere un'idea dell'impatto associato all'estrazione del nocciolino sul processo di estrazione dell'olio extra vergine di oliva, dividendo l'energia assorbita non per l'olio ottenuto nel giorno di lavorazione si ottiene:

$$\frac{24,7 \text{ kWh}}{493 \text{ l}_{\text{olio}}} = 0,05 \frac{\text{kWh}}{\text{l}_{\text{olio}}}$$

Sommando tale contributo al consumo globale ottenuto (valore medio pari a 0,182 kWh/l_{olio}), si avrebbe un valore complessivo pari a 0,232 kWh/l_{olio} con un incremento di circa il 27,5%.

Tuttavia, è interessante confrontare tale consumi con l'energia che può essere ottenuta dalla combustione del nocciolino che quindi non è più un semplice rifiuto di lavorazione.

Si divide innanzitutto l'energia spesa per la massa di nocciolino ottenuto:

$$\frac{24,7}{207} = 0,12 \frac{\text{kWh}}{\text{kg}_{\text{nocciolino}}}$$

In termini di energia primaria, considerando un rendimento di produzione di energia elettrica medio nazionale di 0,4 kWh/kWh_{en.primaria}, si ottiene:

$$\frac{0,12}{0,4} = 0,3 \frac{\text{kWh}_{\text{en.primaria}}}{\text{kg}_{\text{nocciolino}}} = 1080 \frac{\text{kJ}_{\text{en.primaria}}}{\text{kg}_{\text{nocciolino}}}$$

Da un kg di nocciolino si possono però ottenere circa 4.000 kcal, cioè circa 16,5 MJ. Si ha pertanto che il prodotto in uscita possiede un potere calorifico nettamente superiore rispetto all'energia impiegata per estrarlo (16,5 MJ/kg contro circa 1,1 MJ/kg). Risulta quindi molto conveniente, a livello energetico, estrarre il nocciolino dalla sansa per poi utilizzarlo come combustibile.

Azienda agricola Bacci Noemio

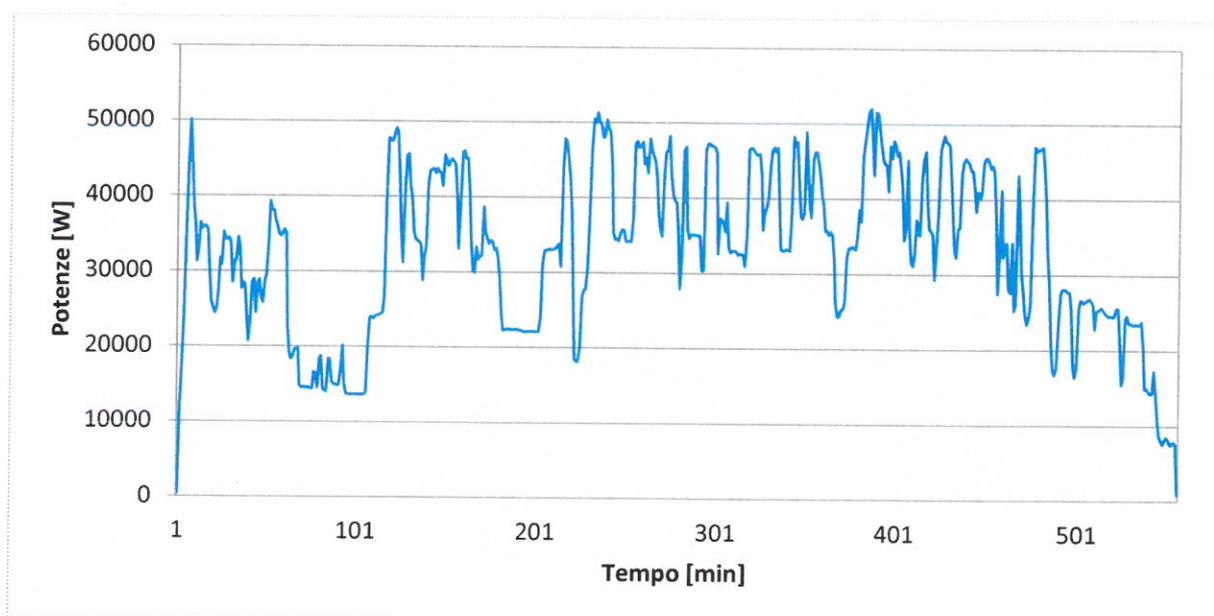
Per la stima dei consumi riconducibili alla sola lavorazione dell'oliva, si sono sottratti ai consumi globali registrati dall'analizzatore di rete, gli assorbimenti dovuti all'illuminazione. Sulla base dei dati registrati presso l'Azienda agricola Petesse, si è stimato un consumo di circa 20 Wh/min (presso il frantoio Petesse i consumi erano di 30 Wh, ma il luogo di lavoro necessitava di maggiore illuminazione, data la quasi assenza di illuminazione naturale).

Seguendo lo stesso procedimento sopra visto si sono innanzi tutto calcolate tutte le rese medie per i giorni di lavorazione studiati:

Giorno di lavorazione	Quantità di oliva macinata [kg]	Resa media [kg_{olio}/kg_{oliva}]
27/11/2013	6270	0,1561
28/11/2013	5114	0,1521
29/11/2013	1984	0,1557
30/11/2013	10544	0,1649
01/12/2013	2976	0,1811

Tabella 5-3: Resa media per i giorni di lavorazione analizzati

Dall'analisi dei dati registrati dall'analizzatore risulta che durante le lavorazioni del 27/11 sono stati assorbiti, al netto dell'energia necessaria per l'illuminazione circa 294,847 kWh per 6270 kg di oliva.



Da tale valore si può rapidamente risalire all'energia utilizzata per ogni litro di olio extravergine di oliva ricavato, essendo nota la produzione di olio:

$$\frac{294,847}{1064} = 0,277 \frac{\text{kWh}}{\text{l}_{\text{olio}}}$$

o riferendo il dato al quintale di olive lavorate:

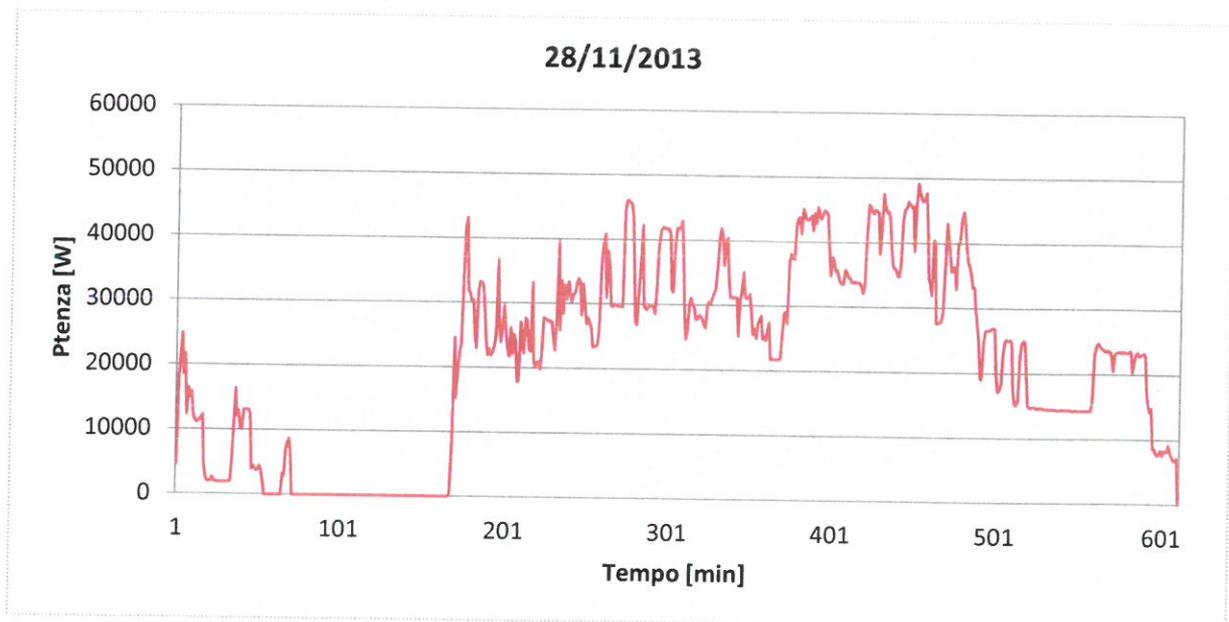
$$\frac{294,847}{62,7} = 4,7 \frac{\text{kWh}}{q_{\text{olive}}}$$

In Tabella 5.4 si riportano sinteticamente i consumi per tutti i giorni di lavorazione studiati:

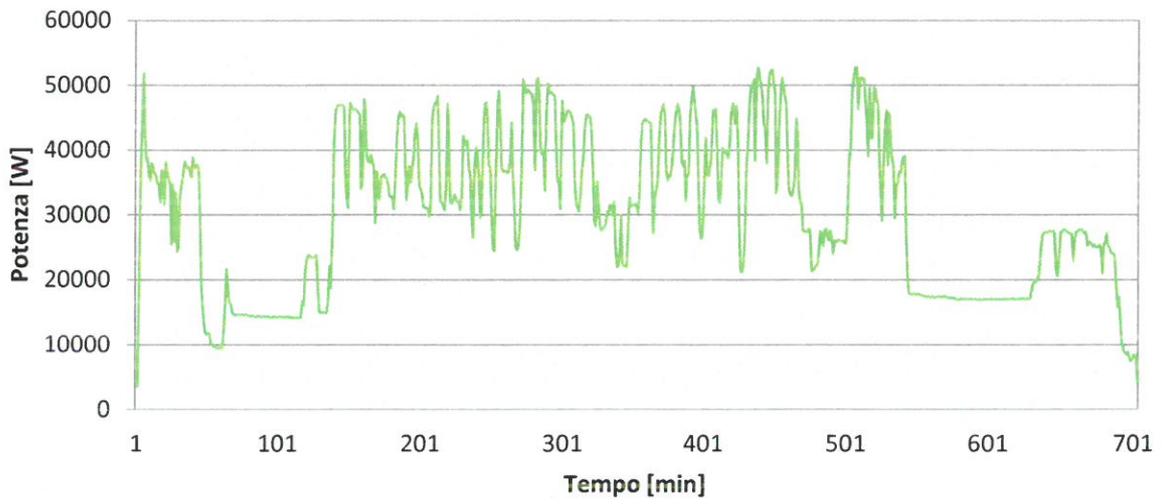
<i>Giorno di lavorazione</i>	<i>Consumi</i>	
	<i>kWh/l_{otto}</i>	<i>kWh/q_{olive}</i>
27/11/2013	0,277	4,70
28/11/2013	0,249	4,12
29/11/2013*	0,187	2,91
30/11/2013	0,250	4,48
01/12/2013**	0,187	3,39
Media	0,230	3,92

* si sono considerati solo i 19,84 quintali di olive molite tra le 15:45 e le 17:10.
 ** si sono considerati solo i 29,76 quintali di olive molite tra le 07:40 e le 11:10.

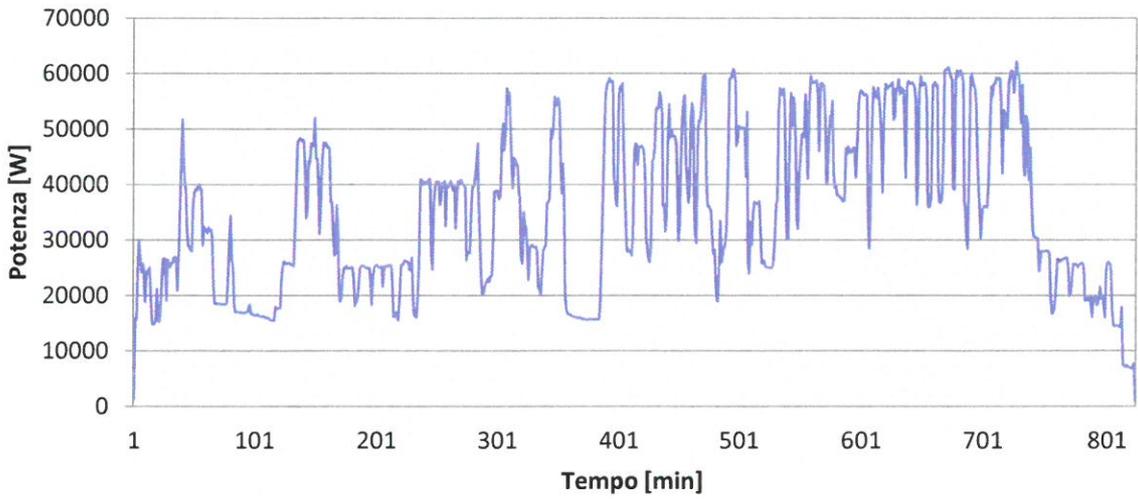
Tabella 5-4: Energia elettrica assorbita per litro d'olio e quintale di oliva lavorata



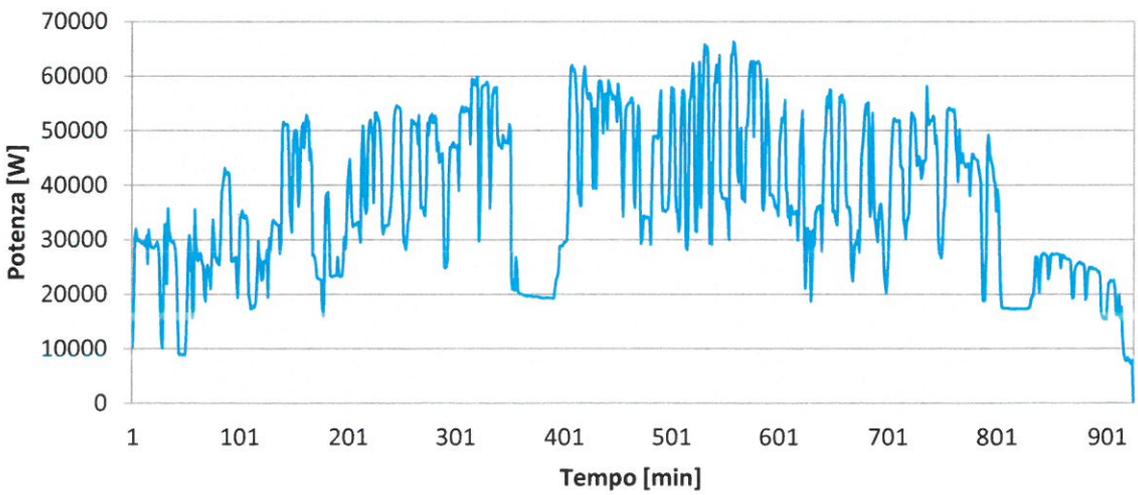
29/11/2013



30/11/2013



01/12/2013



Società agricola Trevi "Il Frantoio" SpA

Contrariamente a quanto effettuato per gli altri frantoi in cui i consumi determinati sulla base dei dati registrati dagli analizzatori di rete, in questo caso i consumi sono stati dedotti da valori istantanei della potenza. Infatti, data l'estrema complessità del quadro generale del frantoio, in cui sono presenti dei PLC per la regolazione ed il controllo dei processi e dei rifasatori per l'ottimizzazione dell'utilizzo dell'energia elettrica, non è stato possibile installare l'analizzatore a monte di tutti i macchinari, benché coadiuvati da un tecnico progettista dell'impianto stesso. Anche per motivi logistici non è stato poi possibile installare gli analizzatori (2 quelli in dotazione al Dipartimento di Ingegneria) a monte dei 5 quadri dei macchinari (o sei, considerando anche l'imbottigliamento).

Tramite pinza amperometrica si sono quindi rilevati istantaneamente gli assorbimenti in corrente dei macchinari. Come anticipato dal tecnico progettista dell'impianto, si è osservato che i valori di corrente assorbita si mantenevano pressoché costanti durante le rilevazioni, per un tempo ritenuto significativo.

Da questa osservazione, e considerando che i tempi di lavorazione sono noti e ben definiti per ogni macchinario, si sono potuti determinare gli assorbimenti istantanei dell'energia applicando la seguente relazione:

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

dove V è la tensione di esercizio (400 Volt) e I è l'assorbimento medio in corrente rilevato.

Nell'espressione della potenza erogata dal macchinario andrebbero tenuti in considerazione il rendimento η e lo sfasamento ϕ , ma dato che la grandezza di interesse nel nostro caso è la potenza assorbita, e successivamente l'energia assorbita, il rendimento non va considerato. Per lo stesso motivo non va considerato dunque il $\cos\phi$ (peraltro approssimabile ad 1, data la presenza di un sistema di rifasamento particolarmente efficiente).

Potenza assorbita dai singoli macchinari

- SEZIONE DI LAVAGGIO

Dato l'assorbimento in corrente medio rilevato, pari a 13,6 A, si avrà (dovrebbe essere al max 5,77):

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 13,6 = 9,4 \text{ kW}$$

In questo caso si riscontra un'anomalia che andrà verificata in seguito, in quanto dal sopralluogo effettuato in data 30/09/2013, la potenza nominale del macchinario rilevata risultava pari a circa 4 kW, quindi ben al di sotto del valore calcolato in questa sede.

- FRANGITORE:

Nell'impianto sono presenti due frangitori, uno dei quali, quello a martelli/coltelli, è quello utilizzato nella maggior parte dei casi. Per questo motivo l'assorbimento è stato rilevato solo per questo

macchinario e la misurazione è avvenuta a vuoto, data l'assenza in quel momento di oliva nel frangitore stesso. Analogamente a quanto effettuato prima, dato l'assorbimento in corrente medio rilevato, pari a 21 A, si avrà:

$$P = \sqrt{3} * 400 * 21 = 14,5 \text{ kW}$$

Il valore misurato risulta coerente con quello di targa, pari a 22,4 kW circa.

- GRAMOLATURA

Al momento della misurazione nel quadro delle gramole (sui cavi che conducono corrente a tutta la serie), vi erano due gramole piene in funzione e la corrente rilevata è a 6,5 A. Secondo le indicazioni del tecnico del frantoio, tuttavia, le gramole accese per il funzionamento normale dell'impianto, con 6 quintali di oliva in ingresso, sono sempre 3, pertanto si considerano 9,75 A. Utilizzare come dato di riferimento quello per il funzionamento con 6 quintali di oliva risulta particolarmente utile perché tutte le durate dei tempi di lavorazione sono riferite a tale quantitativo di oliva. Si avrà dunque:

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 9,75 = 6,75 \text{ kW}$$

Il valore calcolato risulta compatibile con i dati di targa delle gramole, le cui potenze sono pari a 1,5 kW ciascuna, cui vanno sommati 2 kW per ogni motore che spinge la pasta da ciascuna gramola al decanter. Devono essere inoltre considerati:

- 1,5 kW per la coclea che manda la pasta macinata dal frangitore alle gramole
- 1,5 kW per un'altra coclea che distribuisce la pasta alle diverse gramole,

Apparecchi che però lavorano per tutte le gramole installate.

Complessivamente, dai valori di targa, si ottengono quindi 13,5 kW.

- DECANTER:

La corrente assorbita da un decanter durante il funzionamento è pari a 20 A, dunque:

$$P = \sqrt{3} * 400 * 20 = 13,8 \text{ kW}$$

Anche in questo caso la potenza rilevata è inferiore a quella di targa (22 kW).

- SEPARATORE CENTRIFUGO VERTICALE

Il valore della corrente assorbita da un separatore verticale, necessario per il normale funzionamento con 6 quintali di oliva, è risultato pari a 10 A, si avrà dunque:

$$P = \sqrt{3} * 400 * 10 = 6,9 \text{ kW}$$

I dati di targa registrati durante il sopralluogo forniscono per i separatori verticali un valore della

potenza pari a circa 8 kW, quindi il valore calcolato risulta plausibile.

- IMBOTTIGLIAMENTO

Le rilevazioni eseguite durante il funzionamento dell'impianto di imbottigliamento mostrano un valore di corrente assorbita pari a circa 5 A, da cui:

$$P = \sqrt{3} * 400 * 5 = 3,5 \text{ kW}$$

Valore compatibile con i riferimenti di targa.

Calcolo dell'energia assorbita nelle varie fasi

Per la stima dei consumi di energia, una volta calcolate le potenze, risulterà sufficiente moltiplicarle per il tempo di funzionamento dei vari macchinari, per poi sommare tutti i vari contributi, come mostrato nella formula sotto riportata.

Tutte le energie considerate di seguito sono riferite alla lavorazione di 6 quintali di oliva; per calcolare l'energia assorbita riferita al litro d'olio si utilizzerà il valore della resa media del giorno 12/11/2013 in cui le misurazioni sono state effettuate, pari a $13,46 \text{ kg}_{\text{olio}}/q_{\text{oliva}}$. Dalla densità dell'olio extravergine di oliva, pari a circa $0,92 \text{ kg/l}$, si avrà una resa pari a circa $14,63 \text{ l}_{\text{olio}}/q_{\text{oliva}}$. I valori ottenuti per l'energia assorbita andranno pertanto divisi per $14,63 \frac{\text{l}_{\text{olio}}}{q_{\text{olive}}} \cdot 6 q_{\text{olive}} = 87,78$ litri.

$$E = \sum_i P_i * t_i$$

- SEZIONE DI LAVAGGIO

Il tempo di funzionamento della sezione è pari a 15 minuti, pertanto:

$$E_{6q} = 9,4 * \frac{1}{4} = 2,35 \text{ kWh}$$

che, in termini di consumo riferito al litro è pari a:

$$E_l = \frac{2,35}{87,78} = 0,027 \text{ kWh/l}_{\text{olio}}$$

- FRANGITURA

Dato il tempo di funzionamento del frangitore a martelli/coltelli pari a 15 minuti, si avrà:

$$E = 14,5 * \frac{1}{4} = 3,62 \text{ kWh}$$

che, in termini di consumo riferito al litro è pari a:

$$E_l = \frac{3,62}{87,78} = 0,041 \text{ kWh/l}_{\text{olio}}$$

- GRAMOLATURA

Il tempo complessivo di lavorazione, considerando il tempo di carico gramole, gramolatura stessa e scarico delle gramole, è pari circa 30 minuti, per cui si può considerare un valore medio della potenza assorbita pari al valore calcolato precedentemente (6,75 kW) che già tiene in considerazione l'utilizzo di 3 gramole, anziché le 2 in funzione al momento della rilevazione. Si avrà pertanto:

$$E = 6,75 * \frac{1}{2} = 3,38 \text{ kWh}$$

che, in termini di consumo riferito al litro è pari a:

$$E_1 = \frac{3,38}{87,78} = 0,038 \text{ kWh/l}_{\text{olio}}$$

- DECANTAZIONE

Il tempo impiegato per la decantazione della pasta proveniente dalle gramole è pari a 25 minuti, si avrà pertanto:

$$E = 13,8 * \frac{25}{60} = 5,75 \text{ kWh}$$

che, in termini di consumo riferito al litro è pari a:

$$E_1 = \frac{5,75}{87,78} = 0,065 \text{ kWh/l}_{\text{olio}}$$

- SEPARAZIONE CENTRIFUGA VERTICALE

Il tempo impiegato è pari a 25 minuti, pertanto:

$$E = 6,9 * \frac{25}{60} = 2,88 \text{ kWh}$$

che, in termini di consumo riferito al litro è pari a:

$$E_1 = \frac{2,88}{87,78} = 0,033 \text{ kWh/l}_{\text{olio}}$$

- IMBOTTIGLIAMENTO

Per quanto riguarda l'imbottigliamento le valutazioni da fare sono molto diverse da quelle realizzate in precedenza. Innanzi tutto il flusso in entrata non è più pari a quello di 6 quintali di oliva come per tutti gli altri macchinari. In questo caso si ha evidentemente il prodotto finito in ingresso al sistema, l'olio stesso. Inoltre, la lavorazione è discontinua, in quanto l'impianto non è completamente automatizzato. Gran parte dell'olio prodotto, infatti, non viene imbottigliato, ma consegnato in apposite taniche ai clienti oppure inserito nelle latte da 5 litri. Le operazioni di imbottigliamento vengono quindi realizzate solo saltuariamente e in bottiglie da 1 l, da 0,75 l e 0,5 l e in alcuni casi 0,25 l.

Il consumo di energia elettrica per tale fase viene quindi stimato, ipotizzando che l'impianto completi

le operazioni di imbottigliamento in circa 30 secondi per ogni bottiglia. In tal caso si avrebbe un consumo di:

$$E = 3,46 * \frac{1}{120} = 0,029 \text{ kWh/l}_{\text{olio}}$$

Andando a considerare tutti i contributi delle varie fasi, si ottiene quindi come valore dell'energia elettrica consumata il seguente:

$$E_1 = 0,027 + 0,041 + 0,038 + 0,065 + 0,033 + 0,029 = 0,233 \text{ kWh/l}_{\text{olio}}$$

Se si esclude il contributo dato dall'imbottigliamento il valore è pari a 0,204 kWh/l_{olio}.

In termini percentuali, se si effettua l'allocazione dei consumi elettrici escluso l' imbottigliamento, in quanto come detto interessa solo una parte marginale dell'olio prodotto, si ottiene:

<i>Fase</i>	<i>kWh/l</i>	<i>%</i>
Lavaggio	0,027	13,2
Frangitura	0,041	20,1
Gramolatura	0,038	18,6
Decantazione	0,065	31,9
Separazione Centrifuga	0,033	16,2
Totale	0,204	100

Tabella 5-5: Allocazione dei consumi nel ciclo di lavorazione

Si può notare che la voce di consumo più alta, come atteso, è quella derivante dalla decantazione, mentre le altre fasi hanno un consumo simile tra loro.

In termini di quintali di oliva lavorata, tenendo conto che il calcolo è stato fatto considerando condizioni standard di funzionamento con 6 quintali di oliva in ingresso si ha:

$$\frac{2,35 + 3,62 + 3,38 + 5,75 + 2,88}{6} = 3 \text{ kWh/q}_{\text{oliva}}$$

Azienda agricola Nizzi - Il Frantoio di Assisi

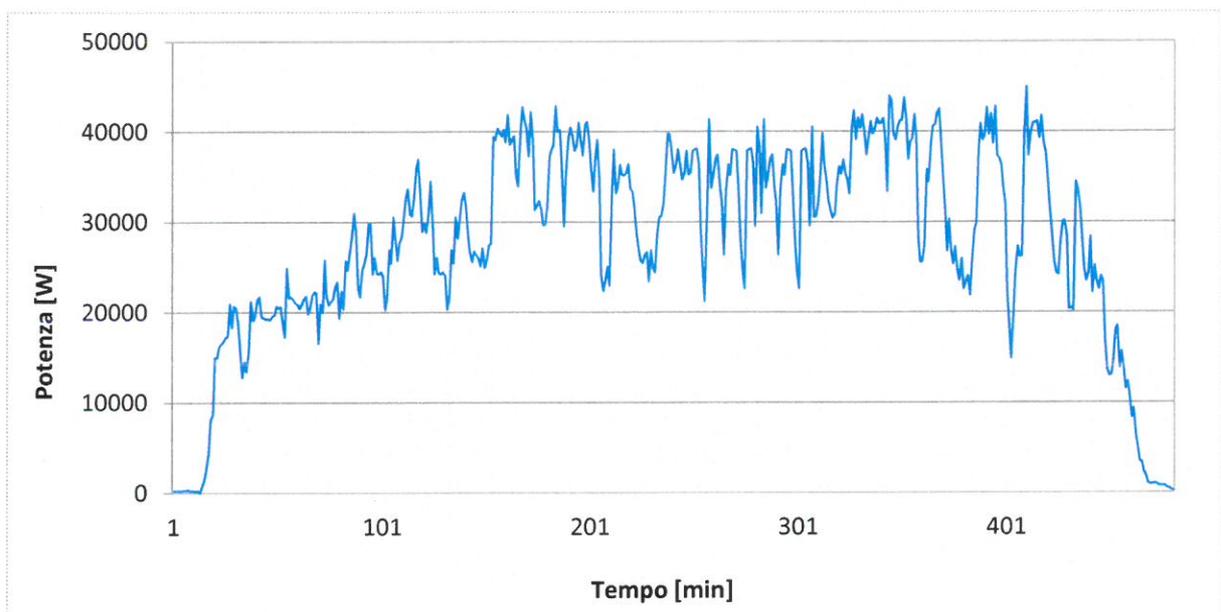
Per la stima dei consumi riconducibili alla sola lavorazione dell'oliva, si sono sottratti ai consumi globali registrati dall'analizzatore di rete, gli assorbimenti dovuti all'illuminazione. Sulla base dei dati registrati presso l'Azienda agricola Petesse, si è stimato un consumo di circa 20 Wh/min (anziché 30 Wh/min) data la maggiore illuminazione naturale dei locali.

Seguendo lo stesso procedimento sopra visto si sono innanzi tutto calcolate tutte le rese medie per i giorni di lavorazione studiati:

<i>Giorno di lavorazione</i>	<i>Quantità di oliva macinata [kg]</i>	<i>Resa media [kg_{olio}/kg_{oliva}]</i>
09/12/2013	6350	0,161
10/12/2013	6550	0,158
11/12/2013	8320	0,159
12/12/2013	4640	0,163
13/12/2013	6420	0,160

Tabella 5-6: Resa media per i giorni di lavorazione analizzati

Dall'analisi dei dati registrati dall'analizzatore risulta che durante le lavorazioni del 09/12 sono stati assorbiti, al netto dell'energia necessaria per l'illuminazione circa 222,965 kWh per 6350 kg di oliva.



Da tale valore si può rapidamente risalire all'energia utilizzata per ogni litro di olio extravergine di oliva ricavato, essendo nota la produzione di olio:

$$\frac{222,965}{1109} = 0,201 \frac{\text{kWh}}{l_{\text{olio}}}$$

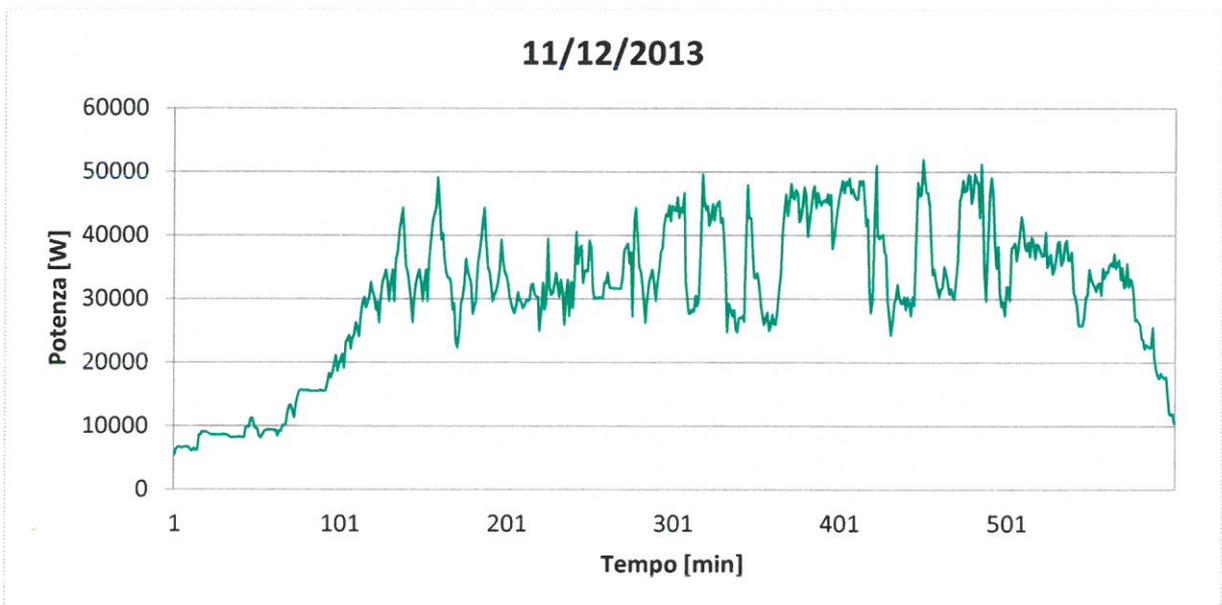
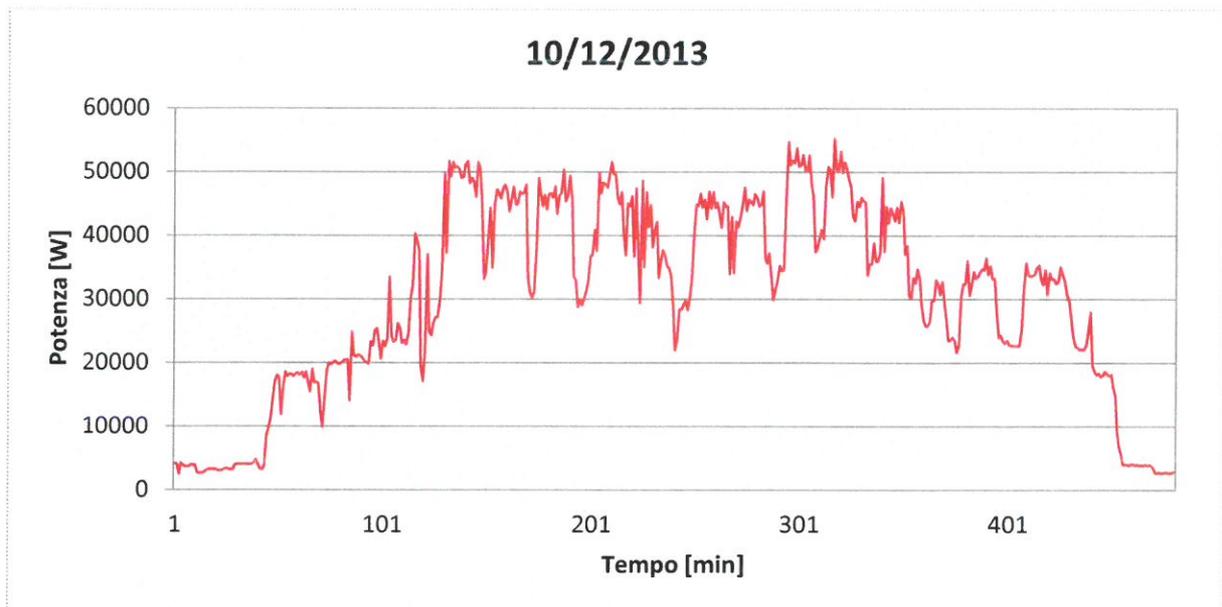
o riferendo il dato al quintale di olive lavorate:

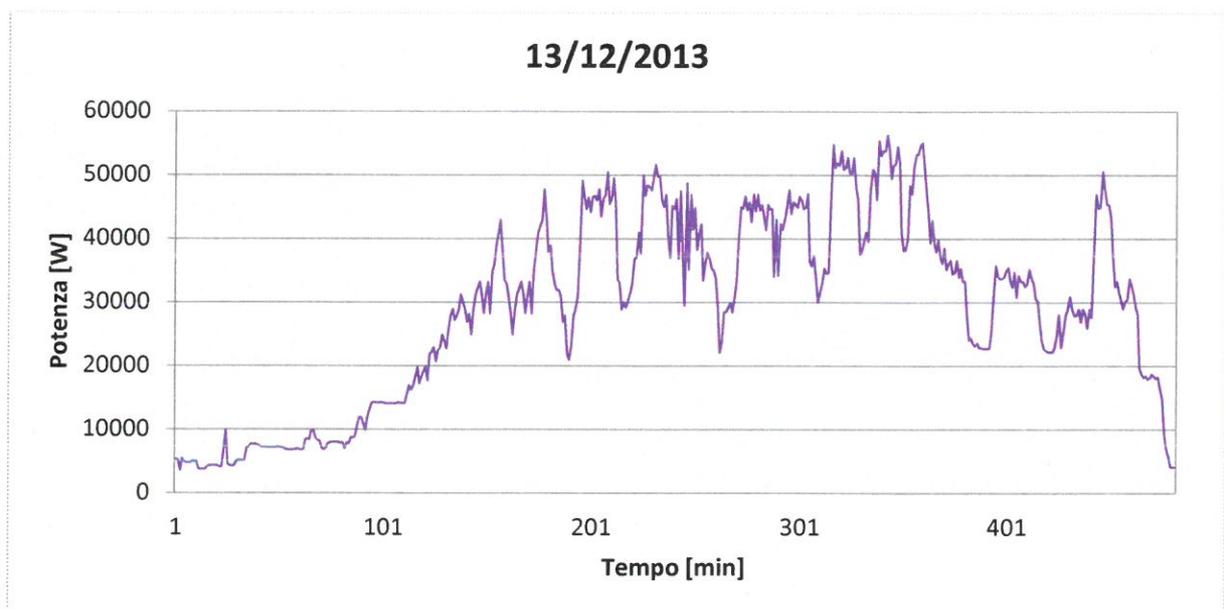
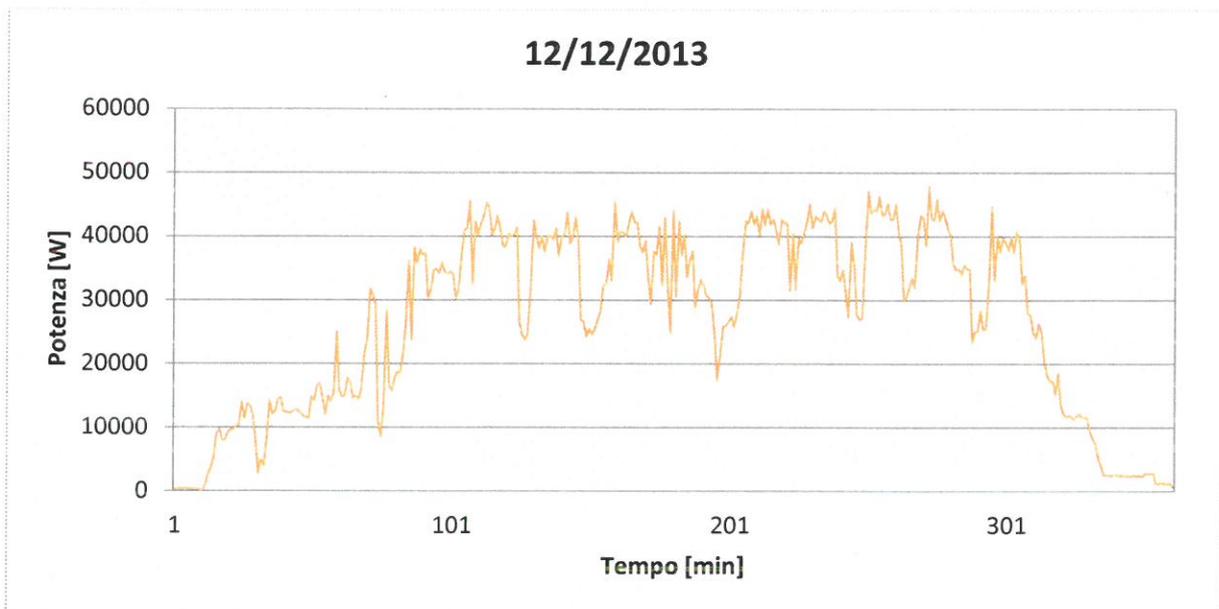
$$\frac{222,965}{63,5} = 3,51 \frac{\text{kWh}}{q_{\text{olive}}}$$

In tabella si riportano sinteticamente i consumi per tutti i giorni di lavorazione studiati.

Giorno di lavorazione	Consumi	
	kWh/l_{olio}	kWh/q_{olive}
09/12/2013	0,277	3,51
10/12/2013	0,214	3,67
11/12/2013	0,214	3,71
12/12/2013	0,197	3,48
13/12/2013	0,208	3,62
Media	0,222	3,598

Tabella 5-7: Energia elettrica assorbita per litro d'olio e quintale di oliva lavorata





5.3 LCIA (Life Cycle Impact Assessment): valutazione dell'impatto

Per valutare l'impatto ambientale legato al ciclo di vita di un prodotto è necessario stilare un inventario di tutti gli input ed output conosciuti associati ai singoli processi (LCI). Una volta quantificati con precisione tali flussi, è necessario valutare l'impatto relativo di ciascuno sull'ambiente, sulla salute umana e sul depauperamento delle risorse.

La valutazione dell'impatto del ciclo di vita (fase LCIA – Life Cycle Impact Assessment), terza fase dell'LCA, si propone quindi di fornire ulteriori informazioni per valutare i risultati dell'LCI in modo da comprendere meglio la rilevanza ambientale del sistema analizzato, associando i dati di inventario a specifiche categorie di impatto ambientale⁵ e agli indicatori di categoria⁶. Tuttavia, tratta solo i problemi

⁵ Classe che rappresenta le problematiche ambientali di interesse per il ciclo di vita.

⁶ Rappresentazione quantitativa di una categoria d'impatto.

ambientali specificati nell'obiettivo e nel campo di applicazione, pertanto non è una valutazione completa di tutte le problematiche ambientali del sistema di prodotto studiato. Questa fase fornisce anche informazioni per la successiva interpretazione del ciclo di vita.

L'LCIA può comprendere una procedura iterativa di revisione dell'obiettivo dell'analisi per verificarne il raggiungimento e, in caso contrario, procedere alla modifica dello stesso.

La scelta, la modellazione e la valutazione delle categorie di impatto possono essere soggettive. Pertanto, la trasparenza è di fondamentale importanza e assicura che le ipotesi siano descritte e riportate chiaramente nella relazione.

Le tecniche per la valutazione dell'impatto sono tuttavia molto numerose ed in continua evoluzione; a seconda del caso di studio può essere conveniente utilizzare l'una o l'altra. Per questo motivo i software in commercio offrono la possibilità di selezionare tutta una serie di metodi già implementati, che operano secondo i seguenti passaggi obbligatori:

- Selezione delle categorie d'impatto, degli indicatori di categoria e dei modelli di caratterizzazione: la selezione delle categorie d'impatto deve riflettere una serie completa di problemi ambientali correlati al sistema di prodotto allo studio. Ogni categoria d'impatto ha il proprio meccanismo ambientale, che si riflette nei modelli di caratterizzazione mediante la descrizione della relazione tra i risultati dell'LCI, gli indicatori di categoria e, in alcuni casi, le finalità di categoria. L'indicatore deve essere individuato per ogni categoria d'impatto.
- Assegnazione dei risultati dell'LCI alle categorie d'impatto selezionate (classificazione): ciascun impatto quantificato nella fase di inventario viene "classificato" sulla base dei problemi ambientali a cui può potenzialmente contribuire (la stessa sostanza o materiale potrà essere contenuta all'interno di più categorie ambientali).
- Caratterizzazione: i risultati dell'LCI vengono convertiti in unità comuni e aggregati all'interno della medesima categoria d'impatto. Ciascuna sostanza contribuisce in maniera differente allo stesso problema ambientale; le quantità di ciascun input ed output vengono quindi moltiplicate per un "fattore di peso" (fattore di caratterizzazione, ad es. per l'effetto serra è il GWP), che misura l'intensità dell'effetto di una sostanza sul problema ambientale considerato. I dati possono essere sommati all'interno di ciascuna categoria ambientale e si ottiene così un insieme di valori adimensionali, che definisce il profilo ambientale del sistema.

Nel caso in esame è stato scelto come metodo per l'analisi dei risultati il metodo EPD.

METODO EPD

Questo metodo è il successore del metodo EPD (2008) e deve essere utilizzato, secondo la Product Category Rules, per la creazione di Dichiarazioni Ambientali di Prodotto (EPD), così come pubblicato sul sito web dello Swedish Environmental Management Council (SEMC). Tutte le categorie di impatto, cioè gli

indicatori che rappresentano gli effetti prodotti lungo il meccanismo ambientale da parte del prodotto analizzato, sono prese direttamente dal metodo di base CML-IA (eutrofizzazione, il riscaldamento globale e l'ossidazione fotochimica) e dal metodo LMC-IA (acidificazione).

In accordo con il GEPD, alcune categorie di impatto devono essere obbligatoriamente riportate nell'analisi LCA:

- potenziale di acidificazione (acidification espresso in $\text{kgSO}_{2\text{eq}}$);
- potenziale eutrofizzazione (eutrophication la cui unità di misura è kgPO_4);
- potenziale di riscaldamento globale (global warming - GWP 100a, espresso in $\text{kgCO}_{2\text{eq}}$);
- potenziale di formazione fotochimica ossidante (photochemical oxidation - POCP, in $\text{kgC}_2\text{H}_{4\text{eq}}$).

Insieme con le categorie di impatto di cui sopra, nello studio LCA possono essere evidenziate altre due categorie aggiuntive:

- i gas che riducono l'ozono (ozone layer depletion - ODP valutato in $\text{kgCFC-11}_{\text{eq}}$);
- esaurimento delle risorse abiotiche (abiotic depletion espresso in kgSb_{eq}).

La categoria d'impatto relativa al surriscaldamento globale risulta essere quella di maggiore interesse per lo studio condotto in quanto rappresenta a tutti gli effetti la Carbon Footprint associata al processo in analisi. Come già detto, la Carbon Footprint è un indicatore ambientale che misura l'impatto delle attività umane sul clima globale; esprime quantitativamente gli effetti prodotti sul clima da parte dei cosiddetti gas serra generati da una persona, da un'organizzazione, da un evento o da un prodotto, sia esso un bene o un servizio. Nel calcolo della Carbon Footprint si tiene conto di tutti i gas clima-alteranti del Protocollo di Kyoto: anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4), ossido nitroso (N_2O), il gruppo degli idrofluorocarburi (HFCs), dei perfluorocarburi (PFCs) e l'esfluoruro di zolfo (SF_6).

L'unità di misura della Carbon Footprint è la tonnellata di anidride carbonica equivalente (tCO_2e). L'anidride carbonica equivalente (CO_2e) permette un confronto dei differenti tipi di gas ad effetto serra in rapporto ad una unità di CO_2 . La CO_2e viene calcolata moltiplicando le emissioni di ciascun dei gas ad effetto serra per il suo potenziale di riscaldamento (GWP).

Il GWP rappresenta il rapporto fra il riscaldamento causato da un gas ad effetto serra in uno specifico intervallo di tempo (normalmente 100 anni) e il riscaldamento causato nello stesso periodo dal CO_2 nella stessa quantità (Tabella 5.8). Quindi questo indice è basato su una scala relativa che confronta il gas considerato con un'uguale massa di CO_2 , il cui GWP è per definizione pari a 1. I potenziali di emissione differenti di gas ad effetto serra possono essere sommati fra loro in un singolo indicatore che esprime il contributo complessivo clima-alterante di queste emissioni.

Gas a effetto serra	Formula chimica	GWP_{100a}
Anidride carbonica	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Ossido nitroso	N ₂ O	298
HFCs	-	124-14800
Esafluoturo di zolfo	SF ₆	22800
PFCs	-	7390-12200

Tabella 5-8: Global warming potential dei gas ad effetto serra

L'elaborazione dei dati, in particolare, è stata effettuata attraverso il software SimpaPro 8. SimaPro, acronimo di "System for Integrated Environmental Assessment of Products", è un software della società PRé Consultant che permette di raccogliere, monitorare e analizzare le prestazioni ambientali di prodotti, servizi e attività di origine antropica, modellando cicli di vita, anche complessi, in modo trasparente e sistematico, seguendo una procedura di carattere generale redatta secondo le norme UNI EN ISO 14040 e UNI EN ISO 14044. Introdotto negli anni '90, è attualmente uno dei programmi maggiormente diffusi per la valutazione dell'impatto ambientale, infatti, è utilizzato in più di 60 paesi da società di consulenza, industrie e multinazionali, istituti di ricerca e università.

5.4 Interpretazione dei risultati

I risultati dell'LCI e dell'LCIA sono stati strutturati allo scopo di determinare i fattori significativi, secondo approcci basati ad esempio sulla differenziazione delle fasi individuali del ciclo di vita, dei gruppi di processi, dei processi che presentano diversi gradi di influenza gestionale o dei singoli processi unitari.

I suddetti risultati sono stati combinati tra loro, al fine di trarre conclusioni, spiegare le limitazioni e fornire raccomandazioni (per il miglioramento della performance ambientale del sistema studiato) indirizzate a coloro che debbono prendere decisioni, in coerenza con l'obiettivo ed il campo di applicazione dello studio. Tale fase può generare un procedimento iterativo di riesame e di revisione del campo di applicazione e della natura e qualità dei dati raccolti.

5.4.1 Azienda agricola Sorelle Zappelli Cardarelli

In Figura 5.5 si riportano i risultati dell'analisi LCA condotta considerando oltre alle operazioni di produzione (Potatura, Trinciatura patate, Fertilizzazione, Raccolta olive, Trasporto al frantoio, Trattamenti fitosanitari e Falciatura erbe spontanee) e confezionamento (Filtrazione e Imbottigliamento), anche il processo di estrazione dell'olio. Per ricostruire tale processo, non direttamente svolto in azienda, sono state inizialmente raccolte informazioni sul frantoio al quale tipicamente l'azienda si rivolge. Tale informazioni sono quindi state calibrate sulla base dei dati raccolti nei frantoi monitorati andando quindi a definire il processo Estrazione per l'azienda in esame.

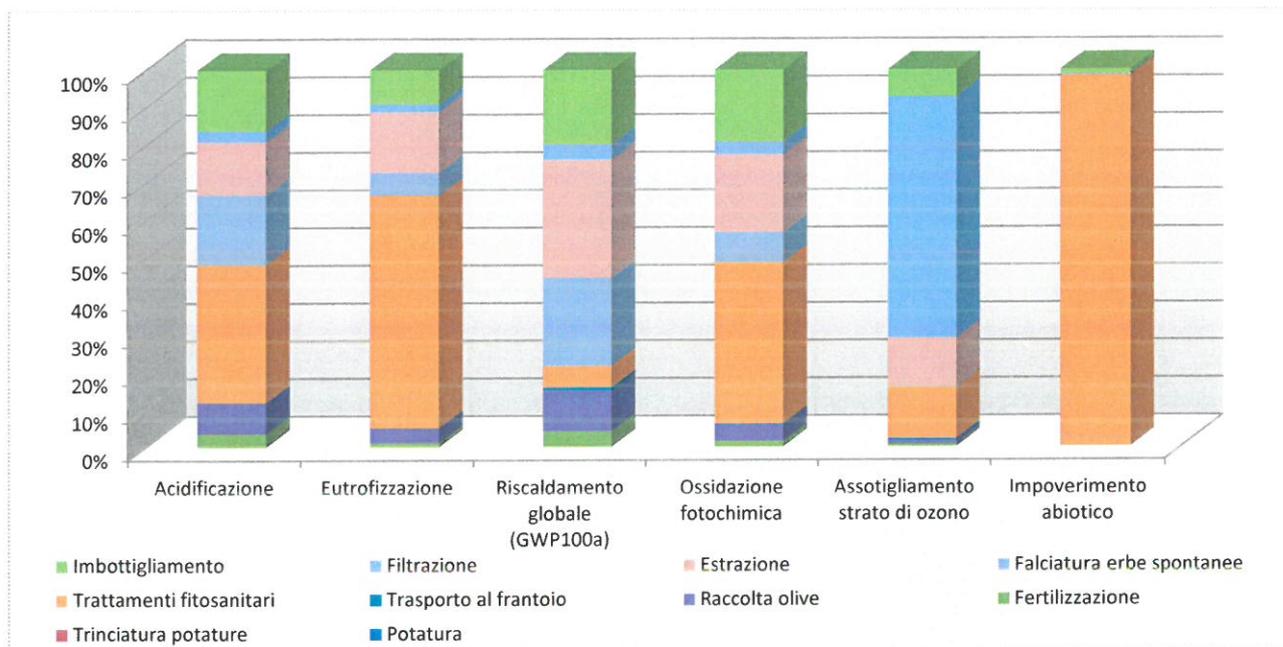


Figura 5.5 - Risultati percentuali dell'analisi LCA

Gli stessi risultati sono riportati in tabella 5.9.

Categoria d'impatto	Unità	UPSREAM PROCESSES							CORE			Totale
		Potatura	Trinciatura potature	Fertilizzazione	Raccolta olive	Trasporto al frantoio	Trattamenti fitosanitari	Falcatura erbe spontanee	Estrazione	Filtrazione	Imbottigliamento	
Acidificazione	kgSO _{2eq}	0	0	1,0E+00	2,4E+00	5,4E-02	1,1E+01	5,4E+00	4,1E+00	9,0E-01	4,7E+00	2,9E+01
Eutrofizzazione	kg PO ₄ ³⁻ eq	0	0	1,8E-01	6,1E-01	8,0E-03	9,8E+00	9,6E-01	2,5E+00	3,3E-01	1,4E+00	1,6E+01
Riscaldamento globale (GWP100a)	kgCO _{2eq}	0	0	1,5E+02	3,9E+02	2,4E+01	2,1E+02	8,3E+02	1,1E+03	1,5E+02	7,0E+02	3,6E+03
Ossidazione fotochimica	kgC ₂ H _{4eq}	0	0	1,7E-02	4,9E-02	2,8E-03	4,8E-01	9,1E-02	2,3E-01	3,9E-02	2,1E-01	1,1E+00
Assottigliamento strato di ozono	kgCFC-11eq	0	0	5,2E-06	1,0E-05	4,5E-06	1,3E-04	1,7E-06	1,2E-04	5,9E-04	6,5E-05	9,3E-04
Impoverimento abiotico	kgSbeq	0	0	4,9E-06	1,8E-05	8,2E-08	8,4E-02	3,3E-05	5,4E-05	1,1E-04	1,1E-03	8,5E-02

Tabella 5-9: Impatto ambientale secondo il metodo EPD

Dal momento che obiettivo dell'analisi era quello di determinare la Carbon Footprint associata alla produzione di un litro d'olio extra vergine è interessante evidenziare, tra i risultati dell'analisi LCA, la categoria d'impatto Riscaldamento Globale (Global warming - GWP) che appunto rappresenta i kg di CO₂ equivalente emessi per la produzione, l'estrazione e il confezionamento dell'olio. In termini percentuali si ottiene: