

sheep  
to sheep  
LIFE



Con il contributo dello strumento  
finanziario LIFE dell'Unione Europea

LIFE15 CCM/IT/000123

# Relazione finale studio LCA su formaggi ovini DOP della Sardegna



C.1.2 Studio LCA su formaggi ovini

Maggio 2021

Language: IT



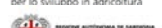
Consiglio Nazionale delle Ricerche  
Istituto per la BioEconomia



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

**Agris Laore**

Agenzia regionale  
per la ricerca in agricoltura



**uniss**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI  
**agraria**  
DIPARTIMENTO DI AGRARIA



**uniss**  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI SASSARI  
**disea**  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE E AZIENDALI

## Autori

### **CNR IBE / ISPAAM**

Delia Cossu (IBE)  
Enrico Vagnoni (IBE)  
Pasquale Arca (IBE)  
Antonello Franca (ISPAAM)  
Pierpaolo Duce (IBE)

### **Agris Sardegna**

Gabriella Serra  
Salvatore Contini  
Mauro Decandia  
Giovanni Molle

### **Laore Sardegna**

Alberto Manca  
Domenico Usai

### **Dipartimento di Agraria UNISS**

Paola Sau  
Mondina Lunesu  
Alberto S. Atzori

## Coordinato da



**CNR IBE**

Istituto per la BioEconomia

**Si ringraziano vivamente le aziende Caseificio F.O.I. s.r.l. e Azienda Agricola F.Ili Riu Michele e Domenico per la preziosa collaborazione nella raccolta dati.**



## Sommario

<i>Executive summary</i> .....	2
<i>Il report in sintesi</i> .....	3
Introduzione .....	4
<b>1. Obiettivi e campo di applicazione</b> .....	6
<b>1.1 Unità funzionale e confini del sistema</b> .....	6
<b>1.2 Fonti dei dati per l'inventario</b> .....	7
<b>1.3 Assunzioni, allocazione e criteri di esclusione</b> .....	7
<b>1.4 Metodi per la valutazione degli impatti</b> .....	8
<b>2. Analisi dell'Inventario (LCI)</b> .....	9
<b>2.2 Mini caseificio (Formaggio Fiore Sardo)</b> .....	9
<b>2.3 Caseificio industriale (Pecorino Romano e Pecorino Sardo)</b> .....	10
<b>3. Valutazione degli impatti</b> .....	10
<b>3.1 Formaggio Fiore Sardo</b> .....	12
<b>3.2 Pecorino Sardo DOP</b> .....	13
<b>3.3 Pecorino Romano DOP</b> .....	14
<b>4. Interpretazione dei risultati</b> .....	17
<b>5. Conclusioni</b> .....	19
<b>Bibliografia</b> .....	20



### ***Executive summary***

The Life Cycle Assessment (LCA) study presented in this report, carried out within the SheepToShip LIFE project, was aimed at identifying climate change implications of the production of three Sardinian sheep cheeses, representing the final stage of the environmental characterization of Sardinian dairy sheep supply chain.

The environmental profile of the three Sardinian sheep cheeses (Pecorino Romano, Pecorino Sardo and Fiore Sardo) was determined using an LCA approach with the following specific goals: i) defining the environmental hotspots of the cheese-making phase; ii) identifying potential GHG mitigation solutions in order to improve the environmental performances of the three cheeses. The analysis conducted “from cradle to first buyer” was based on 1 kg packaged cheese. Data regarding Fiore Sardo production were collected in a semi-artisanal plant which transforms only the sheep milk produced on-farm. Instead, for Pecorino Romano and Pecorino Sardo, an industrial plant was surveyed.

Results showed that GHG emission intensity of the three analyzed cheeses was similar. Fiore Sardo showed the lowest emission intensity (20.1 kg CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup> of cheese) and Pecorino Romano the highest one (26.4 kg CO<sub>2</sub>eq kg<sup>-1</sup> of cheese). Milk production phase was, by far, the most contributor to the total emission intensity for all cases (over 95%). The hotspots of the cheese-making phase were: thermal and electric energy, for both Pecorino Romano and Pecorino Sardo, with around 55% and 36% of contribution to total emission intensity, respectively; electricity (42%) and refrigerants leakage (38%) for Fiore Sardo.

GHG’s mitigation measures involving cheese-making phase shall be focused basically on i) power source and consumption, and ii) refrigerant’s leakage monitoring. However, considering the supply chain as a whole, the main mitigation efforts should be addressed to the sheep farm level, since milk production phase represents the most of cheese GWP footprint.

### **Il report in sintesi**

Il presente studio *Life Cycle Assessment*, realizzato nell’ambito del progetto SheepToShip LIFE, ha come oggetto l’analisi delle implicazioni ambientali del ciclo di vita di tre principali formaggi ovin sardi: Pecorino Romano, Pecorino Sardo e Fiore Sardo. Il ciclo di vita è stato analizzato “from cradle to first buyer” seguendo le norme ISO 14040/14044, con lo scopo di: (i) valutare gli impatti ambientali del ciclo di vita dei tre principali formaggi ovin prodotti in Sardegna; (ii) individuare i punti critici ambientali dei formaggi, ovvero delle fasi e/o processi che influiscono maggiormente sulle loro prestazioni ambientali; (iii) identificare possibili soluzioni migliorative per la mitigazione delle emissioni di gas serra.

I dati sono stati raccolti in due caseifici, uno di tipo semi-artigianale, in cui viene trasformato esclusivamente il latte prodotto dalla stessa azienda, ed uno di tipo industriale, che trasforma circa 17 milioni e mezzo di latte proveniente da oltre 900 aziende ovine distribuite in tutto il territorio regionale. L’unità funzionale scelta per lo studio è 1 kg di formaggio completo di packaging e consegnato al primo acquirente. Per la valutazione degli impatti è stato applicato il metodo EF 2.0 adapted, con particolare attenzione per la categoria di impatto Cambiamento Climatico (*Climate Change*).

I risultati ottenuti hanno evidenziato, per tutti i formaggi analizzati, un contributo predominante all’intensità di emissioni della fase di produzione del latte (oltre il 95%). I consumi di energia elettrica sono emersi come punto critico della fase di trasformazione, nei 3 formaggi oggetto di studio. Per Pecorino Romano e Pecorino Sardo gli impatti maggiori della fase di caseificazione sono riconducibili ai consumi di energia termica, mentre nel formaggio Fiore Sardo è apparso rilevante il contributo dei refrigeranti.

<b>GWP Pecorino Romano</b> (kgCO <sub>2</sub> eq.*kg <sub>formaggio</sub> <sup>-1</sup> )	<b>GWP Pecorino Sardo</b> (kgCO <sub>2</sub> eq.*kg <sub>formaggio</sub> <sup>-1</sup> )	<b>GWP Fiore Sardo</b> (kgCO <sub>2</sub> eq.*kg <sub>formaggio</sub> <sup>-1</sup> )
26,4	23,1	20,1



## Introduzione

La presente relazione, relativa a uno studio Life Cycle Assessment (LCA) sviluppato nell'ambito del progetto *SheepToShip LIFE - Looking for an eco-sustainable sheep supply chain: environmental benefits and implications*, esamina le performances ambientali di tre formaggi ovini prodotti in Sardegna: Pecorino Romano, Pecorino Sardo e formaggio Fiore Sardo.

SheepToShip LIFE ([www.sheeptoship.eu](http://www.sheeptoship.eu)) è un progetto della durata di cinque anni (2016-2021), co-finanziato dall'Unione Europea tramite il Programma LIFE (principale strumento europeo per la salvaguardia ambientale, la conservazione della natura e della biodiversità, e l'azione per il clima), il cui fine è contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso la riduzione del 20% in 10 anni delle emissioni di gas serra del settore lattiero-caseario ovino della Sardegna.

Il raggiungimento dello scopo del progetto impone la valutazione delle implicazioni ambientali dell'intera filiera ovina (Azione C.1). L'analisi degli impatti ambientali del ciclo di vita del latte ovino e dei formaggi Pecorino Romano, Pecorino Sardo e Fiore Sardo servirà, dunque, da base diagnostica per l'individuazione di strategie e tecniche per l'eco-innovazione del comparto (Azioni C.2 e C.3). Seguendo tale percorso si arriverà all'elaborazione di un Piano d'Azione Ambientale per il comparto ovino Regionale, che miri al raggiungimento degli obiettivi ambientali di lungo periodo ed al costante monitoraggio dei relativi indicatori ambientali (Azione C.4).

Lo studio in oggetto si riferisce alla LCA della produzione di tre formaggi ovini interamente realizzati in Sardegna: Pecorino Romano DOP, Pecorino Sardo DOP e tipo Fiore Sardo. I dati relativi la produzione dei due Pecorini DOP, Romano e Sardo, sono stati raccolti presso uno stabilimento di trasformazione che trasforma circa 17 milioni e mezzo di litri di latte all'anno, proveniente da oltre 900 aziende ovine sparse in tutto il territorio regionale. Per il formaggio tipo Fiore Sardo è stato, invece, selezionato un mini caseificio semi-artigianale, con caratteristiche tipiche della filiera tradizionale del Fiore Sardo e che utilizza unicamente il latte di pecora di propria produzione.

Per definire le performance ambientali del latte ovino sardo, ingrediente principale nella preparazione dei formaggi analizzati, sono stati realizzati studi LCA in 18 aziende ovine specializzate, selezionate in modo da rappresentare i principali sistemi ovini diffusi nell'Isola<sup>1</sup>.

Attraverso i risultati ottenuti dagli studi LCA sulle aziende ovine selezionate, è stato possibile definire due classi di efficienza ambientale, basate su differenti livelli di produttività annuale di latte per capo presente:

- > 130 L latte normalizzato/capo\*anno;
- < 130 L latte normalizzato/capo\*anno.

Le 18 aziende campione hanno prodotto, per l'anno in esame, un totale di 1.160 tonnellate di latte normalizzato, il 65% del quale è stato realizzato in aziende ad alta produttività (>130 L/capo\*anno) e il rimanente 35% in aziende a bassa produttività (<130 L/capo\*anno). Questa informazione è stata utilizzata nella modellizzazione di un profilo latte ovino medio ponderato prodotto in Sardegna: ogni litro di latte utilizzato in ingresso al caseificio industriale ha infatti per il 65% le caratteristiche di un profilo medio di aziende ad alta produttività e per il 35% residuo quello di un profilo medio a bassa

---

<sup>1</sup> per dettagli consultare il *Report of the characterization of Sardinian dairy sheep production systems* - [http://www.sheeptoship.eu/images/Report/A.1.3\\_Report%20char.%20Sard.%20pr.%20systems.pdf](http://www.sheeptoship.eu/images/Report/A.1.3_Report%20char.%20Sard.%20pr.%20systems.pdf)



produttività. Per il latte trasformato in Fiore sardo semi-artigianale si è fatto riferimento ai risultati della LCA sul latte prodotto nella stessa azienda ovina a cui è annesso il mini-caseificio.

Per i dettagli relativi allo studio LCA sulla produzione di latte di pecora, si rimanda alla specifica relazione scaricabile dal sito [sheeptoship.eu](http://sheeptoship.eu).

L'applicazione del metodo LCA ha fatto riferimento ai principali standard internazionali. Di fatto, lo studio LCA è stato realizzato in coerenza alle norme ISO 14040-44 (ISO, 2006a,b) e alle linee guida contenute nell'ILCD Handbook (2010). Inoltre, molte scelte metodologiche sono state adottate sulla base delle procedure descritte nelle Regole di Categoria di prodotto PEF (Product Environmental Footprint - PEFCR) per il settore lattiero-caseario bovino (EDA, 2018), emanate dal *Joint Research Center* della Commissione Europea. Ulteriori dettagli sulla metodologia utilizzata negli studi LCA in SheepToShip LIFE sono reperibili nel documento *Guidelines for LCA application on Mediterranean dairy sheep supply chains* scaricabile dal seguente link

[http://www.sheeptoship.eu/images/Report/C.1.1\\_LCA%20guidelines\\_v3.pdf](http://www.sheeptoship.eu/images/Report/C.1.1_LCA%20guidelines_v3.pdf)

Il modello LCA elaborato nel presente studio è stato sottoposto a revisione critica e, conseguentemente, rettificato sulla base delle modifiche suggerite dal revisore indipendente incaricato della verifica (Ecoinnovazione s.r.l).



## 1. Obiettivi e campo di applicazione

Il presente studio LCA ha i seguenti obiettivi:

- i. valutazione degli impatti ambientali del ciclo di vita dei tre principali formaggi ovis caprini prodotti in Sardegna;
- ii. individuazione dei punti critici ambientali dei formaggi, ovvero delle fasi e/o processi che influiscono maggiormente sulle loro prestazioni ambientali;
- iii. identificazione di possibili soluzioni migliorative per la riduzione delle emissioni di gas serra.

Il confronto tra le prestazioni ambientali dei differenti formaggi studiati è valido esclusivamente all'interno dello studio in oggetto (finalità SheepToShip LIFE), e non può essere utilizzato per esprimere alcun giudizio di merito o per stabilire una graduatoria tra formaggi e aziende analizzati. Lo scopo è piuttosto quello di individuare una baseline, prodotto per prodotto, alla quale confrontare gli effetti delle possibili azioni mitigatrici.

### 1.1 Unità funzionale e confini del sistema

In uno studio LCA l'unità funzionale (UF) rappresenta la quantità unitaria capace di descrivere compiutamente le funzioni fornite dal bene o servizio esaminato.

In questo studio LCA l'UF di riferimento è 1 kg di formaggio completo di packaging.

La scelta di utilizzare come UF quella basata sulla massa tal quale del formaggio, è coerente con le principali pubblicazioni scientifiche di settore (González-García et al., 2013; Vagnoni et al., 2017, Lovarelli et al., 2019).

I confini del sistema analizzato vanno dall'estrazione delle materie prime necessarie alla produzione di tutti gli input coinvolti nel processo produttivo, sino alla consegna del formaggio, completo di imballaggi primari e secondari al primo acquirente, sia esso grossista o venditore al dettaglio ("dalla culla al primo acquirente, *from cradle-to-first-customer*"). In particolare, i confini del sistema includono: *i*) la produzione del latte ovino, caratterizzato come riportato sopra, e il trasporto dalle aziende ovine allo stabilimento di trasformazione; *ii*) i consumi idrici ed energetici; *iii*) i materiali di consumo (sale, detersivi, packaging, etc.); *iv*) gli scarichi delle acque reflue; *v*) le perdite di refrigeranti; *vi*) il trasporto del formaggio dal caseificio al primo acquirente.



## 1.2 Fonti dei dati per l'inventario

I dati di inventario utilizzati per costruire i processi del ciclo di vita dei formaggi ovini sono, principalmente, dati primari (*foreground data*), ovvero dati raccolti presso i caseifici attraverso questionari, analisi documentali, interviste e sopralluoghi. In misura minore, sono stati utilizzati dati secondari rappresentativi (*background data*), provenienti da fonti esterne (banche dati e letteratura tecnico-scientifica) che soddisfano specifici requisiti di qualità (riferimento temporale, completezza, criteri di esclusione). I dati secondari sono stati estratti dal database LCA Ecoinvent Centre v3.6. (Moreno Ruiz et al., 2017). Non sono stati utilizzati dati generici.

Per informazioni dettagliate sulle modalità e gli strumenti utilizzati per la raccolta dati presso le aziende si rimanda al report *Manuale raccolta dati LCA*, scaricabile dal seguente link:

[http://www.sheeptoship.eu/images/Report/A.1.4\\_Guidelines\\_LCI\\_data\\_collection.pdf](http://www.sheeptoship.eu/images/Report/A.1.4_Guidelines_LCI_data_collection.pdf)

## 1.3 Assunzioni, allocazione e criteri di esclusione

I dati raccolti nel caseificio semi-artigianale si riferiscono all'annata 2016/2017, in coerenza con l'annata di produzione del latte prodotto dalla stessa azienda. Nel caseificio industriale si è considerato il periodo 01/09/2019 – 30/08/2020, ovvero l'annata casearia più recente, come suggerito dalle PEFCR (EDA, 2018).

La suddivisione degli impatti tra il formaggio oggetto di analisi e i co-prodotti (altri formaggi, ricotte, ecc.), coerentemente a quanto indicato dalle PEFCR (EDA, 2018), ha seguito il criterio di allocazione per massa di prodotto, sulla base del contenuto in sostanza secca.

I consumi di energia elettrica del mini-caseificio sono stati rilevati in base al consumo medio annuale riportato nelle bollette emesse dal fornitore, al netto dei consumi per usi familiari e per attività aziendali non riferibili alla caseificazione. Il caseificio industriale è dotato di un impianto fotovoltaico. Dunque, oltre ai kWh di energia elettrica riportati nelle bollette emesse dal fornitore, sono stati rilevati i consumi di energia elettrica prodotta dai pannelli fotovoltaici installati nello stabilimento. I datasets relativi al processo 'energia elettrica' sono stati costruiti sulla base dei mix energetici dichiarati dai vari fornitori per l'anno considerato, a partire dal processo Ecoinvent *Electricity, high voltage {IT} | market for | Cut-off, U*.

I consumi d'acqua del caseificio semi-artigianale sono stati stimati attraverso interviste. Per il caseificio industriale sono stati rilevati, grazie alla presenza di contatori di consumo.

I consumi di combustibili sono stati rilevati, per il caseificio semi-artigianale, in base agli acquisti di propano effettuati durante l'annata di riferimento, mentre, per il caseificio industriale si è fatto riferimento alle registrazioni manuali delle quantità di olio combustibile effettivamente consumate nel periodo esaminato.

Gli impatti relativi ai beni capitali e alle infrastrutture (macchinari, edifici, ecc.) sono stati esclusi dai confini del sistema, così come previsto dalle PEFCR di riferimento. Per la stessa motivazione, non è stata inclusa nel modello LCA la produzione del caglio ed il fine vita dei rifiuti solidi generati dal caseificio.



Sono stati considerati tutti i trasporti, distinti per tipologia e contabilizzati in base alle distanze percorse e alla massa trasportata. Per le classi EURO dei veicoli sono stati utilizzati dati primari, quando disponibili. In alternativa, il trasporto su strada ha fatto riferimento al processo Ecoinvent *Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RER}* / *transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4*.

In mancanza di dati primari, logistica e distanze sono state ricostruite utilizzando l'applicazione disponibile su <https://www.searates.com>.

Per la costruzione del modello LCA ed i calcoli degli impatti, si è utilizzato il software SimaPro Analyst versione 9.1.1 (PRé Consultants, 2018).

#### **1.4 Metodi per la valutazione degli impatti**

Al fine di ottenere un quadro completo delle implicazioni ambientali correlate al ciclo di vita dei formaggi di pecora analizzati, si è utilizzato il metodo di valutazione *Environmental Footprint (EF) 2.0 adapted*. Tale metodo, definito nell'ambito dell'*Environmental Footprint initiative* (Fazio et al., 2018), contempla al suo interno 16 categorie di impatto (*midpoint categories*). Nello studio in oggetto si è posta particolare attenzione al Cambiamento Climatico (*Climate Change*), la categoria di impatto più rilevante rispetto agli obiettivi del progetto SheepToShip LIFE.

## 2. Analisi dell'Inventario (LCI)

La fase di analisi di inventario (LCI) consiste nella contabilità dettagliata dei flussi in entrata e in uscita dal sistema oggetto d'indagine e si basa sulla raccolta delle informazioni (dati) riguardanti le risorse impiegate, le emissioni, i consumi e i prodotti. L'inventario (LCI) rappresenta, quindi, il processo di quantificazione delle materie prime e dell'energia consumate, delle emissioni nell'atmosfera e in acqua, dei rifiuti generati e di tutte le altre emissioni legate al ciclo di vita del prodotto/processo/attività. Questo tipo di analisi può essere estremamente complessa e può coinvolgere decine di singole unità di processo in una filiera, così come varie centinaia di sostanze di cui occorre tenere traccia. Come tale, la fase di computo del LCI rappresenta il momento più importante di una LCA, in quanto da esso dipende il grado di affidabilità e 'precisione' del modello che descrive il sistema studiato. Inoltre, la raccolta dati che è alla base del LCI, è la fase di uno studio LCA che richiede maggiore dispendio di tempo.

I dati primari sono stati raccolti mediante interviste, analisi documentali e visite *in situ*, finalizzate alla compilazione e controverifica di due appositi questionari: 1) dati della produzione del formaggio; 2) dati della distribuzione e vendita del formaggio. In linea generale, in tali documenti si sono quantificati tutti gli input e output, del sistema produttivo. Tutti i dati raccolti sono stati sottoposti a una scrupolosa verifica di qualità, attraverso controlli incrociati tra differenti fonti di raccolta, compresa la letteratura scientifica di settore, ed effettuando bilanci di massa volti a garantire la congruenza dei flussi in entrata e uscita. Solo dopo il completamento di tutte le verifiche e rettifiche del caso, i dati sono stati validati e aggregati nel modello LCA elaborato con il software SimaPro Analyst.

Di seguito, si presentano le informazioni raccolte per i due caseifici oggetto di studio.

### 2.2 Mini caseificio (Formaggio Fiore Sardo)

Il formaggio Fiore Sardo analizzato è stato prodotto in un caseificio semi-artigianale ubicato nel rilievo montuoso di Monteforte, che costituisce il punto più alto del distretto agricolo della Nurra, sito nel Nord-Ovest della Sardegna (40°42'24"N e 8°15'13"E, altitudine 464 m s.l.m.). Il mini-caseificio trasforma poco più di 40.000 L di latte di pecora/anno, interamente provenienti dalla stessa azienda ovina a cui è annesso il piccolo caseificio. L'azienda ovina ha 278 capi, si estende su una superficie totale di 51,8 ha (di cui 43,8 ha di proprietà), costituita prevalentemente da pascoli naturali con presenza di macchia densa, in cui una parte dei suoli sono investiti a erbai autunno-vernini. Nell'annata di riferimento sono stati prodotti 5.404 kg di formaggio Fiore Sardo. Tale formaggio, pur essendo prodotto con la tradizionale tecnica di caseificazione del Fiore Sardo, non ha il marchio DOP per una precisa scelta aziendale. Pertanto, sarebbe più corretto parlare di formaggio *tipo* Fiore Sardo. Oltre al prodotto oggetto di analisi, l'azienda produce creme di formaggio, ricotta fresca e ricotta salata.

L'approvvigionamento idrico avviene da pozzo. Il fabbisogno di elettricità è interamente coperto dalla rete elettrica pubblica. Il combustibile utilizzato per la produzione di energia termica è gas propano liquido, stoccato in un'apposita cisterna posta nelle vicinanze del mini-caseificio.

È stato possibile stimare le perdite dei refrigeranti utilizzati nella cella frigo e nel refrigeratore latte attraverso la periodicità e le quantità ricaricate negli interventi di manutenzione avvenuti all'interno del caseificio.

I prodotti caseari, confezionati nel caseificio, vengono distribuiti direttamente dal titolare dell'azienda con la propria autovettura, principalmente presso commercianti della zona: negozi di alimentari, hotel e personalmente attraverso sagre e mercati. Una piccola parte del Fiore Sardo, circa 104 kg, è stata venduta all'estero, più precisamente in Spagna e Slovacchia.

### **2.3 Caseificio industriale (Pecorino Romano e Pecorino Sardo)**

I formaggi Pecorino Romano e Pecorino Sardo analizzati sono stati prodotti da un caseificio industriale situato nella zona industriale di Tossilo, comune di Macomer (NU). Nell'annata di riferimento, il caseificio ha lavorato più di 17 milioni e mezzo di latte ovino, proveniente da oltre 900 aziende distribuite in tutta la Sardegna. Le produzioni di Pecorino Romano e Pecorino Sardo, entrambe con certificazione DOP, sono state, rispettivamente, 4 milioni e 40 mila kg circa. Oltre ai due formaggi oggetto di studio, il caseificio produce altre tipologie di formaggi pecorini, oltre a ricotta gentile (fresca) o salata/affumicata e panna ovina.

Lo stabilimento è dotato di un impianto fotovoltaico di potenza nominale pari a 321 kW. L'energia elettrica autoprodotta viene interamente consumata in azienda e rappresenta l'11% dei consumi totali del caseificio, la restante parte sono coperti dai prelievi dalla rete elettrica. Il combustibile utilizzato per la produzione di energia termica è olio combustibile denso. Il latte utilizzato per la realizzazione di entrambi i formaggi inventariati è sottoposto a trattamenti termici di pastorizzazione/termizzazione nel processo di trasformazione. L'approvvigionamento idrico aziendale avviene quasi totalmente da pozzo, infatti, solamente l'1% dell'acqua utilizzata è prelevata dalla rete idrica pubblica.

La perdita di refrigeranti, utilizzati nelle celle UTA (Unità Trattamento Aria), nel fabbricatore ghiaccio e nei serbatoi del latte, è stata stimata pari al 2% annuo della capacità interna dei macchinari interessati.

Circa il 90% della produzione di Pecorino Romano DOP è venduto negli Stati Uniti. Il restante 10% è destinato al mercato nazionale. Per il Pecorino Sardo DOP il mercato di riferimento è esclusivamente quello italiano.

### **3. Valutazione degli impatti**

Il riscaldamento globale è causato da una concentrazione crescente in atmosfera di cosiddetti "gas ad effetto serra", come l'anidride carbonica, il metano, l'ossido di azoto (N<sub>2</sub>O), etc. i quali, assorbendo in parte la radiazione terrestre, portano ad un aumento della temperatura atmosferica globale ("effetto serra") a cui sono associati i cambiamenti climatici. L'indicatore caratteristico dell'effetto serra è il *Global Warming Potential* (GWP) che, nel caso del metodo EF 2.0. (adapted) (Fazio et al., 2018), è valutato per un periodo di esposizione, chiamato "tempo di orizzonte", pari a 100 anni. La sostanza di riferimento utilizzata per la misura del forzante radiativo che determina l'aumento della temperatura e



quindi il cambiamento climatico è la CO<sub>2</sub>, a cui corrisponde il valore unitario (GWP = 1). Agli altri gas responsabili del cambiamento climatico è attribuito un fattore di caratterizzazione, che rappresenta la misura del potenziale contributo all'effetto serra rispetto alla CO<sub>2</sub>. Per tale ragione, l'unità di misura del GWP si esprime in kg di CO<sub>2</sub> equivalenti (CO<sub>2</sub>eq).

Come detto, la valutazione degli impatti è riferita all'UF 1 kg di formaggio. Il ciclo di vita del formaggio è stato suddiviso nelle fasi i) *produzione latte*, che comprendente anche la colletta del latte dalle aziende ovine, ii) *caseificio* (tutte le operazioni di trasformazione del latte, compreso il packaging del prodotto finito), e iii) *distribuzione*. A sua volta, la fase *caseificio* comprende i seguenti singoli processi:

- Consumi elettrici: approvvigionamento e consumo di energia elettrica;
- Consumi termici: approvvigionamento e consumo di energia termica;
- Consumi idrici: approvvigionamento idrico funzionale alla produzione;
- Imballaggi: materiali per il packaging di ciascun formaggio;
- Sostanze chimiche: detergenti e sanificanti utilizzati per pulizia e disinfezione delle attrezzature e dello stabilimento;
- Refrigeranti: produzione e uso di refrigeranti utilizzati negli apparecchi di refrigerazione;
- Acque reflue: trattamento delle acque in uscita dal caseificio.
- Sale: produzione del sale utilizzato come ingrediente nella produzione dei formaggi.

### 3.1 Formaggio Fiore Sardo

Di seguito sono riportati i risultati di GWP riferiti ad 1 kg di formaggio Fiore Sardo prodotto nel caseificio semi-artigianale:

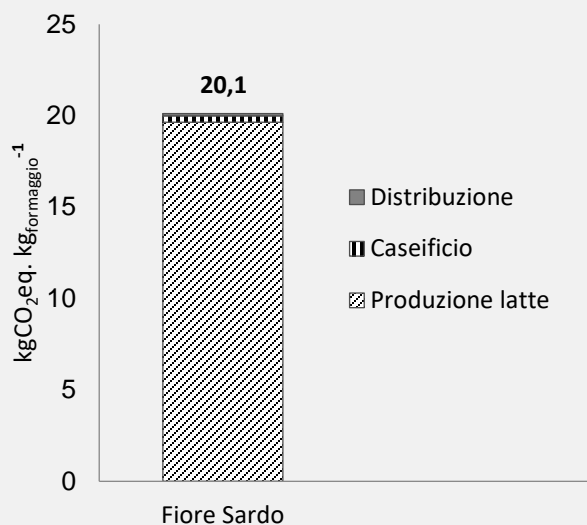


Figura 1: Analisi di contributo GWP per il Fiore Sardo, riferita a 1 kg di formaggio ed ottenuta attraverso l'applicazione del metodo EF 2.0 (adapted) (Fazio et al., 2018)

Come si evince dalla Figura 1, la fase di *produzione latte*, che in questo specifico caso non comprende la colletta (l'azienda trasforma il latte di propria produzione), è responsabile del 97,7% del valore di GWP. L'analisi di contributo evidenzia inoltre che soltanto l'1,7% dell'impatto totale è attribuibile alle attività di caseificazione, lo 0,6% è dato dalla distribuzione del prodotto.

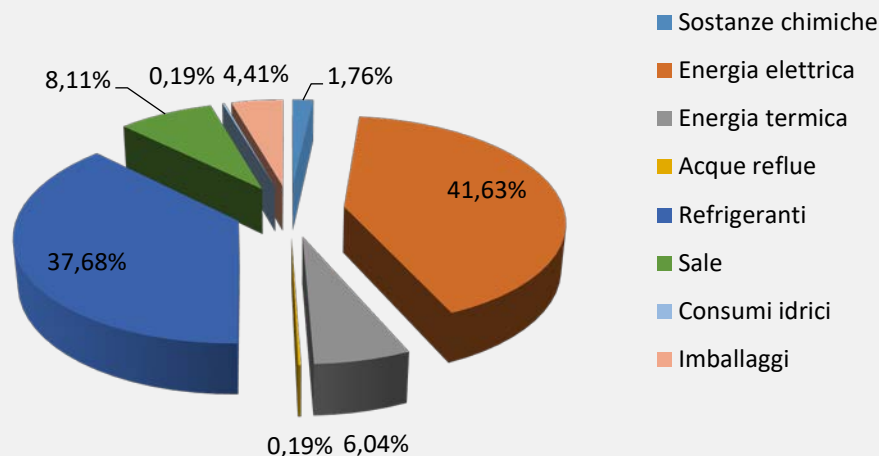
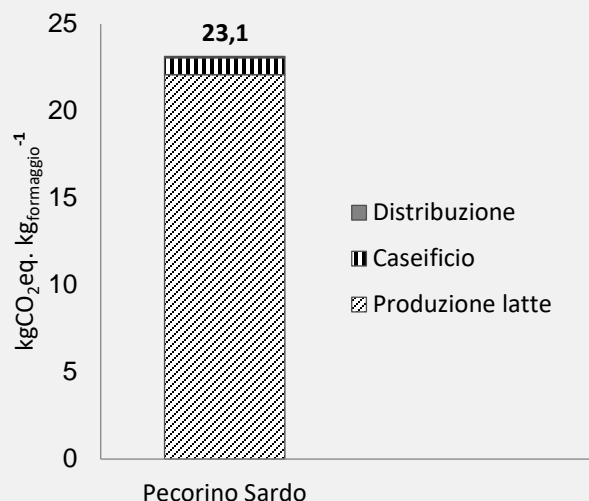


Figura 2: Analisi di Contributo GWP per la fase caseificio del tipo Fiore Sardo, riferita ad 1 kg di formaggio ed ottenuta attraverso l'applicazione del metodo EF 2.0 (adapted) (Fazio et al., 2018)

In Figura 2 sono mostrati i processi che influiscono maggiormente sulle prestazioni ambientali della fase di caseificazione. Particolarmente rilevanti sono i contributi dei consumi elettrici (41,6%) e delle perdite di gas refrigeranti (37,7%). L'apporto delle acque reflue e dell'approvvigionamento idrico al valore di GWP appare del tutto trascurabile (entrambi al 0,19%). La somma dei contributi dei processi sale, energia termica, detersivi ed imballaggi non supera il 10%.

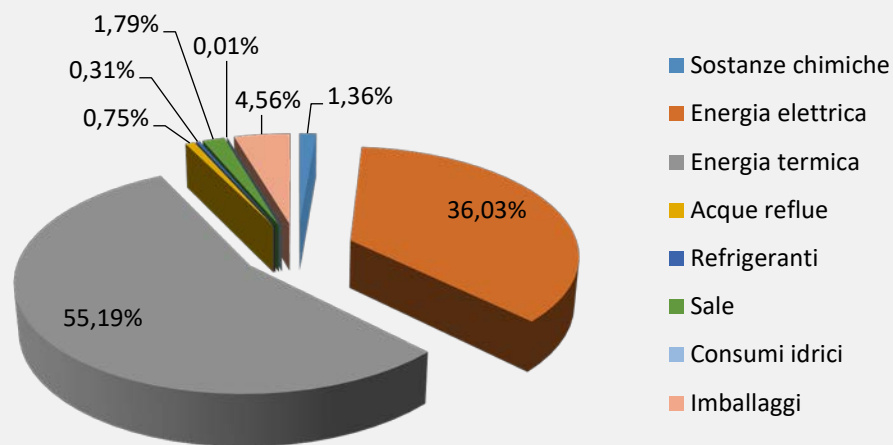
### 3.2 Pecorino Sardo DOP

La Figura 3 riportata i risultati di GWP riferiti ad 1 kg di formaggio Pecorino Sardo, prodotto nello stabilimento di trasformazione industriale:



**Figura 3: Analisi di contributo del GWP per il Pecorino Sardo, riferita a 1 kg di formaggio ed ottenuta attraverso l'applicazione del metodo EF 2.0 (adapted) (Fazio et al., 2018)**

Il contributo preponderante al totale dell'impatto è dato dalla fase comprendente la produzione del latte ovino e la relativa colletta (95,4%). Il contributo della colletta del latte rimane comunque trascurabile, non superando lo 0,2% di contributo sull'intero ciclo di vita analizzato. Solo lo 0,3% delle emissioni di gas serra è imputabile alla fase di distribuzione, risultando anch'essa poco influente. Il 4,3% dell'impatto totale è invece attribuibile al processo di trasformazione. Nella figura sottostante sono mostrati in dettaglio i processi che influiscono su questa fase ed il loro contributo:



**Figura 4: Analisi di Contributo del GWP per la fase caseificio del Pecorino Sardo, riferita ad 1 kg di formaggio ed ottenuta attraverso l'applicazione del metodo EF 2.0 (adapted) (Fazio et al., 2018)**

I contributi preponderanti alle emissioni di gas serra derivanti dal caseificio sono imputabili ai consumi energetici: 55,19% per approvvigionamento di energia termica e 36,03% per energia elettrica. Le restanti fasi si suddividono il rimanente 8,78%, di cui il 4,56% è rappresentato dagli imballaggi.

### 3.3 Pecorino Romano DOP

In figura 5 è rappresentato il valore ottenuto per il formaggio Pecorino Romano relativo alla categoria di impatto Climate Change:



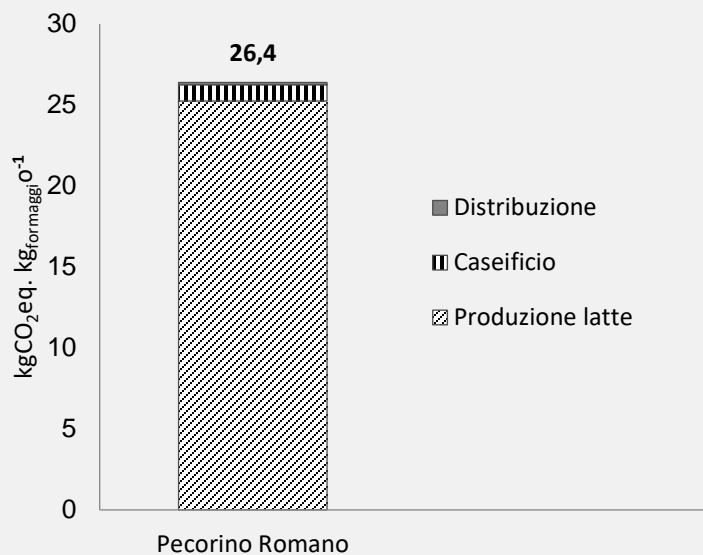


Figura 5: Analisi di contributo del GWP per il Pecorino Romano, riferita a 1 kg di formaggio ed ottenuta attraverso l'applicazione del metodo EF 2.0 (adapted) (Fazio et al., 2018)

La produzione del latte ovino, comprendente per il sistema industriale anche la quota di collettamento latte, è la fase di gran lunga maggiormente impattante sul GWP riferita all'unità funzionale 1 kg di Pecorino Romano (95,6%). Come nel Pecorino Sardo, anche sul formaggio Pecorino Romano il trasporto del latte ovino dalle aziende di produzione all'impianto di trasformazione non supera lo 0,2% di contributo delle emissioni. Dal grafico si evince inoltre che le emissioni di gas serra totali imputabili alle attività di caseificazione equivalgono al 3,8%. In particolare, queste sono così ripartite:

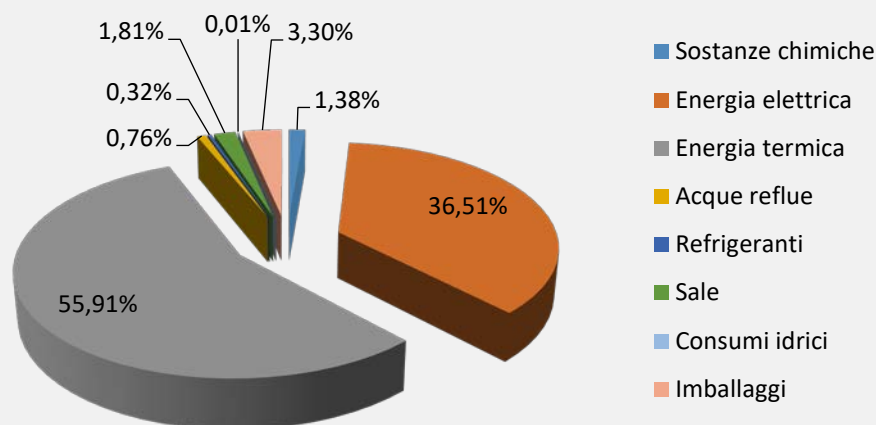


Figura 6: Analisi di Contributo del GWP per la fase caseificio del Pecorino Romano, riferita ad 1 kg di formaggio ed ottenuta attraverso l'applicazione del metodo EF 2.0 (adapted) (Fazio et al., 2018)



I consumi energetici rappresentano il maggior contributo al Climate Change della fase di caseificazione. Energia termica (55,91%) ed energia elettrica (36,51%) coprono infatti oltre il 92% dell'impatto totale. Il 3,30% è attribuibile agli imballaggi, mentre le restanti fasi sono tutte al di sotto del 2%.

#### 4. Interpretazione dei risultati

Lo studio LCA sui tre principali formaggi ovini della Sardegna ha confermato che la fase agricola, ovvero la produzione del latte nelle aziende ovine, rappresenta la fase decisamente più impattante del ciclo di vita (“from cradle to the first customer”) del formaggio. Di fatto, la produzione del latte contribuisce per oltre il 95% alle emissioni totali di CO<sub>2</sub>eq calcolate per 1 kg di ciascun formaggio. Tale risultato, è del tutto coerente con altri studi pubblicati nella letteratura scientifica internazionale (González-García et al., 2013; Vagnoni et al., 2017; Lovarelli et al., 2019).

In generale, le prestazioni ambientali dei tre formaggi analizzati non si discostano in maniera rilevante con un leggero vantaggio del formaggio Fiore Sardo, prodotto con un sistema semi-artigianale, sui formaggi Pecorino Romano e Pecorino Sardo, ottenuti con un sistema di tipo industriale. In particolare, l’intensità di emissioni (GWP/kg formaggio) stimata per il Fiore Sardo è del 7% inferiore alla media degli altri due formaggi.

La colletta del latte ovino, presente nello stabilimento industriale, rappresenta lo 0,2% delle emissioni totali di gas serra sul ciclo di vita “from cradle to first customer” dei due formaggi Pecorino Romano e Pecorino Sardo. Nel caso analizzato dunque, il trasporto del latte dalle aziende ovine allo stabilimento di trasformazione non è considerabile una criticità per la categoria di impatto Cambiamento Climatico.

Concentrando l’attenzione sulla fase di trasformazione del latte (per la discussione sui risultati dell’LCA del latte di pecora si rimanda al relativo report), il sistema industriale registra, sull’unità funzionale 1 kg di formaggio, valori di emissioni di gas serra di quasi tre volte maggiori del sistema semi-artigianale (1 kg CO<sub>2</sub>eq per il Pecorino Romano e 0,99 kg CO<sub>2</sub>eq per il Pecorino Sardo contro 0,34 kg CO<sub>2</sub>eq per il Fiore Sardo). Si può notare inoltre una marcata differenza dell’incidenza dei processi “energia termica” e “refrigeranti” tra il sistema industriale e quello semi-artigianale. Infatti, i processi maggiormente rilevanti per la categoria Cambiamento Climatico nel Pecorino Romano e nel Pecorino Sardo sono, in ordine decrescente di contributo, energia termica (55,91% e 55,19%), energia elettrica (36,51% e 36,03%), imballaggi (3,3% e 4,56%) e sale (1,81% e 1,79%); mentre nel Fiore sardo sono energia elettrica (41,63%), refrigeranti (37,68%), sale (8,11%) ed energia termica (6,04%).

Occorre sottolineare che l’ampio scostamento emerso per il processo “energia termica” tra i formaggi Pecorino Romano e Pecorino Sardo (rispettivamente circa 56% e 55% del totale per la fase caseificio) e il formaggio Fiore Sardo (6%), non sia del tutto imputabile al sistema di produzione (industriale vs semi-artigianale). Aldilà della diversa tipologia di combustibile, olio combustibile, nel primo caso, e gas propano, nel secondo, tale differenza appare imputabile al fatto che per la produzione del Fiore Sardo si è utilizzato latte (intero), fresco e crudo (come prevede il relativo disciplinare di produzione della DOP) senza cottura della cagliata mentre nel Pecorino Romano e nel Pecorino Sardo il latte e la cagliata hanno subito un trattamento termico. L’incremento delle emissioni di gas serra dovuto alla presenza delle fasi di pastorizzazione/termizzazione nel processo di trasformazione è stato evidenziato anche da Nigri et al., 2014, in uno studio LCA condotto su un tipico formaggio brasiliano “Minas cheese”, prodotto in sistemi sia industriali che artigianali.

In fase di caseificazione, l'energia elettrica risulta essere il principale hotspot nei tre formaggi analizzati. Il consumo elettrico è, infatti, responsabile di oltre il 41% dell'intensità di emissioni nel Fiore Sardo, e del 36% sia nel Pecorino Romano che nel Pecorino Sardo.

Dalla definizione degli hotspot ambientali (analisi di contributo) è possibile identificare potenziali soluzioni migliorative per la fase di trasformazione del latte. I principali sforzi dovrebbero essere indirizzati verso gli aspetti energetici, agendo, sulla riduzione e monitoraggio dei consumi, attraverso l'uso di attrezzature più efficienti, correttamente dimensionate, lo svolgimento di audit energetici periodici e puntuali, e il ricorso a fonti di energia maggiormente sostenibili (es. scelta dei combustibili e dei mix energetici disponibili sul mercato, auto-produzione di energia elettrica con fonti rinnovabili).

La distribuzione, per tutti i formaggi analizzati, contribuisce meno dell'1% sulle emissioni di gas serra totali riferibili all'unità funzionale. Sebbene differiscano sostanzialmente per logistica e distanze, l'impatto sul Cambiamento Climatico di tutti i trasporti dei formaggi ovini analizzati dai caseifici al primo acquirente sono trascurabili e non sono considerati hotspot per i sistemi studiati.

Le osservazioni riportate sopra sottolineano che, qualsiasi intervento di miglioramento nella fase di caseificazione e trasporti (distribuzione e collettata latte) avrebbe, comunque, un'incidenza limitata (seppure importante in termini relativi e, soprattutto, economici) sulla riduzione del GWP dei formaggi in esame. Infatti, la produzione del latte rimane l'hotspot principale, su cui è necessario concentrare i maggiori sforzi.

## 5. Conclusioni

I risultati ottenuti hanno mostrato l'incidenza preponderante della fase di produzione latte, rispetto a quelle di trasformazione e distribuzione, sul ciclo di vita *"from cradle to the first buyer"* dei formaggi ovini Sardi sotto analisi. Per il processo di caseificazione, gli hotspot maggiormente impattanti sono risultati essere i consumi di energia termica ed elettrica per i Pecorini Romano e Sardo, energia elettrica e refrigeranti per il formaggio tipo Fiore Sardo. Queste informazioni hanno messo in evidenza che, per quanto le possibilità di miglioramento delle prestazioni ambientali della fase di trasformazione del latte abbiano estrema importanza e siano meritevoli di specifiche azioni d'intervento (agendo, in particolare, sui livelli di consumo e sulla scelta delle fonti di energia), guardando all'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra a cui mira SheepToShip LIFE appare evidente che i principali sforzi di mitigazione dei cambiamenti climatici debbano essere concentrati sulla fase di allevamento.

## Bibliografia

Atzori A. S., Molle G., Decandia M., Duce P., Vagnoni E. (2017). Facing mitigation: estimation of a GHG emission baseline trend for the Sardinian dairy sheep sector. SheepToShip LIFE project report. [http://www.sheeptoship.eu/images/Report/A.2.1\\_Report\\_GHG\\_baseline.pdf](http://www.sheeptoship.eu/images/Report/A.2.1_Report_GHG_baseline.pdf)

Baldini C., Gardoni D., Guarino M. (2017). A critical review of the recent evolution of Life Cycle Assessment applied to milk production. *J Clean Prod* 140:421-435. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.078>

EDA European Dairy Association. (2018). Product Environmental Footprint Category Rules for dairy products. [Accessed 2019 Dec 10]. [http://ec.europa.eu/environment/eusd/smgp/pdf/PEFCR-DairyProducts\\_2018-04-25\\_V1.pdf](http://ec.europa.eu/environment/eusd/smgp/pdf/PEFCR-DairyProducts_2018-04-25_V1.pdf)

Fazio S. Castellani, V. Sala, S. Schau, EM. Secchi, M. Zampori L. Supporting information to the characterisation factors of recommended EF Life Cycle Impact Assessment methods, EUR 28888 EN, European Commission, Ispra (2018), ISBN 978-92-79-76742-5, doi:10.2760/671368, JRC109369.

González-García S., Hospido A., Moreira M.T., Feijoo G., Arroja L., Environmental Life Cycle Assessment of a Galician cheese: San Simon da Costa, *Journal of Cleaner Production*, Volume 52, 2013, Pages 253-262, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.006>.

ILCD (2010). European Commission - Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability: International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - General guide for Life Cycle Assessment - Detailed guidance. First edition March 2010. EUR 24708 EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union; 2010, 397.

IPCC (2006) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change, Paris (France). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>. Accessed 10 June 2018.

ISO 14040 (2006a). Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework, International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland.

ISO 14044 (2006b). Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines. International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland.

Lovarelli D., Bava L., Zucali M., D'Imporzano G., Adani F., Tamburini A. & Sandrucci A. (2019) Improvements to dairy farms for environmental sustainability in Grana Padano and Parmigiano Reggiano production systems, *Italian Journal of Animal Science*, 18:1, 1035-1048, DOI: [10.1080/1828051X.2019.1611389](https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1611389)

Moreno Ruiz E., Valsasina L., Fitzgerald D., Brunner F., Vadenbo C., Bauer C., Bourgault G., Symeonidis A., Wernet G. (2017) Documentation of changes implemented in the Ecoinvent database v3.4. Ecoinvent, Zürich, Switzerland.



PRé Consultants (2018) Software LCA SimaPro Analyst 9.1.1.

Nemecek T. & Kägi T. (2007) Life Cycle Inventories of Swiss and European Agricultural Production Systems. Final report ecoinvent V2.0 No. 15a. Agroscope Reckenholz-Taenikon Research Station ART, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Zurich and Dübendorf, CH, retrieved from: [www.ecoinvent.ch](http://www.ecoinvent.ch).

Vagnoni E., Franca A., Porqueddu C., Duce P., Environmental profile of Sardinian sheep milk cheese supply chain: A comparison between two contrasting dairy systems, *Journal of Cleaner Production*, Volume 165, 2017, Pages 1078-1089, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.115>.

sheep  
to snip  
LIFE