



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PERUGIA

Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Ambientali

Corso di Laurea Magistrale
in
Sviluppo Rurale Sostenibile

**AGRICOLTURA ED ECONOMIA CIRCOLARE.
UN'APPLICAZIONE IN AMBITO ZOOTECNICO**

**AGRICULTURE AND CIRCULAR ECONOMY. A
ZOOTECHNICAL APPLICATION**

Tesi di laurea di
Alessandrini Gian Maria

Relatore
Dr.ssa Lucia Rocchi

Anno Accademico - 2018/2019

INDICE

RIASSUNTO	a
ABSTRACT	b
INTRODUZIONE	1
Capitolo 1. ECONOMIA CIRCOLARE: STORIA, STATO DELL'ARTE, BENEFICI, CONTESTO INTERNAZIONALE, EUROPEO E ITALIANO	4
1.1 Economia Circolare	4
1.2 Un concetto tra tante scuole di pensiero	10
1.3 Diffusione e benefici dell'Economia Circolare	14
1.4 Il concetto di Economia Circolare è chiaro?	20
1.5 Economia Circolare nel contesto internazionale	24
1.6 Contesto Europeo	27
1.7 Contesto Italiano	34
Capitolo 2. INDICATORI: PERCHÈ MISURARE LA CIRCOLARITÀ?	39
2.1 Misurazione della circolarità perché è necessaria?	39
2.2 Stato dell'arte degli indicatori	44
2.1 Aspetto micro	45
Capitolo 3. CIRCOLARITÀ IN AGRICOLTURA	50
3.1 Introduzione	50
3.2 MCI (Material Circularity indicator)	58
3.2.1 Metodologia	60
3.2.2 Calcolo Material Circularity Indicator (MCI)	61
3.3 MCI modificato	64
3.3.1 Calcolo MCI modificato	65
Capitolo 4. SETTORE AVICOLO	68
4.1 Introduzione al settore avicolo	68
4.2 Settore avicolo in Italia	69
4.3 Impatti degli allevamenti zootecnici	73
4.4 Impatti del settore avicolo	76
4.5 Normative per gli allevamenti avicoli Europei	81

Capitolo 5. CASO AZIENDALE	83
5.1 Materiali e Metodi	83
5.2 Descrizione delle aziende	84
5.3 MCI allevamento biologico	88
5.4 MCI allevamento intensivo	91
5.4.1 Gestione alternativa nell'allevamento intensivo	94
5.5 Considerazioni LCA nel settore avicolo	96
CONCLUSIONE	98
BIBLIOGRAFIA	101
SITOGRAFIA	111
NORMATIVE	111

RIASSUNTO

La transizione verso un modello di economia circolare è necessaria se si vuole garantire uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri.

Nell'economia lineare le materie prime vengono sottratte alla natura, trasformate in prodotti finali che vengono poi utilizzati e diventano rifiuti. Al contrario, un'economia circolare è un modello economico ristorativo dove in rifiuti diventano risorsa.

Nonostante l'interesse da parte delle istituzioni pubbliche e un generale miglioramento del grado di utilizzo delle risorse, il concetto di Economia Circolare non è univoco. Ciò si riflette negativamente sulla sua misurazione, soprattutto a livello del singolo prodotto; di conseguenza non vi è una reale diffusione e implementazione al settore aziendale di indicatori di circolarità.

Nel paradigma dell'economia circolare esistono due tipi di cicli: quello tecnico e quello biologico. I cicli biologici sono legati principalmente al settore agricolo e per questo tipo di cicli, la mancanza di misurazione è ancora più grande. L'agricoltura è considerata intrinsecamente più circolare di un processo tecnico. Questo, però, non è sempre vero. Molti allevamenti zootecnici, come gli avicoli, sono delle vere e proprie industrie produttive con una certa linearità di struttura e con grande impatto ambientale soprattutto quando intensivi.

In questo contesto lo scopo del lavoro di tesi è stato applicare l'indicatore di circolarità del materiale, modificato per la zootecnia, al settore avicolo per analizzarne il grado di linearità che lo caratterizza. Nel dettaglio si è analizzato come circola il materiale in un confronto tra un allevamento avicolo intensivo e biologico.

La computazione rileva una completa linearità dell'intensivo e una scarsa circolarità per quanto concerne la gestione biologica, legato alla diversa gestione dei due sistemi.

ABSTRACT

The transition to a circular economy model is necessary for ensuring a development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. In the linear economy, raw materials are subtracted from nature, transformed into final products that are then used and become waste. On the contrary, a circular economy is a restorative economic model where waste becomes a resource.

Despite on interest of public institutions and a general improvement in the degree of use of resources, the concept of Circular Economy is not unique. This reflects negatively on its measurement, especially at the level of the individual product; consequently there is no real diffusion and implementation to the company sector of circularity indicators. In the circular economy paradigm there are two types of cycles: technical and biological. Organic cycles are mainly linked to the agricultural sector and for this type of cycles, the lack of measurement is even greater. Agriculture is considered inherently more circular than a technical process. This, however, is not always true. Many livestock farms, such as poultry, are real productive industries with a certain linearity of structure and with great environmental impact especially when intensive.

In this context, the aim of the dissertation has been to apply the material circularity indicator, modified for zootechnics, to the poultry sector to analyze the degree of linearity that characterizes it. In detail we analyzed how the material circulates in a comparison between an intensive and organic poultry farming.

The computation detects a complete linearity of intensive and a low circularity with regard to biological management, linked to the different management of the two systems.

INTRODUZIONE

La crescita economica che ha caratterizzato gli ultimi 150 anni di storia è stata sostenuta da un sistema economico “lineare”, cioè un’economia industriale, di mercato, basata sull’estrazione di materie prime sempre nuove, sul consumo di massa e sulla produzione di scarto una volta raggiunta la fine della vita del prodotto.

Il modello però non ha tenuto conto che il sistema economico si trova all’interno di un più ampio sistema ecologico del quale deve rispettarne regole di funzionamento e limiti fisici, biologici e climatici. Ciò ha portato al depauperamento delle risorse, al degrado ambientale, alla crescita della produzione dei rifiuti e al superamento dei limiti fisici della terra (*Fischer et al., 2007*).

In questo contesto emerge l’importanza dell’*Economia Circolare (EC)* in grado di sostituire il paradigma lineare a favore di un nuovo modello dove i prodotti di oggi sono le risorse di domani. Questa traiettoria sulla quale si stanno muovendo le aziende e i consumatori nel contesto internazionale contribuisce ad aumentare la produttività, ottimizzando l’uso delle risorse umane e naturali con relativi vantaggi a livello ambientale, economico e sociale, cioè le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile.

Il tema delle risorse è diventato oramai centrale nelle varie politiche. In termini di utilizzo emerge che le principali potenze economiche (G7) presentano valori più elevati rispetto ai loro omologhi BRICS, ma il divario si è ridotto significativamente negli ultimi anni. L’Italia, risulta efficiente su aspetti inerenti la produttività delle risorse e riciclo dei rifiuti ma deve ancora migliorare e continuare a muoversi in questa visione europea di transizione verso un’economia circolare, sfruttare le opportunità e farsi promotrice di iniziative concrete (*MATTM e MSE, 2017*).

La diffusione dell’economia circolare ai processi industriali è datata attorno agli anni ’70, nonostante ciò il suo concetto non è univoco e viene confuso con altre pratiche benefiche. Inoltre la sua misurazione, requisito essenziale per il conseguimento di azioni concrete e per il raggiungimento di obiettivi ancora è alle prime fasi e numerosi aspetti devono essere ancora definiti, soprattutto per l’aspetto imprenditoriale e il ciclo

biologico. Questo fa sì che le pratiche dell'economia circolare sono ancora molto lontane da essere diffuse completamente nei diversi settori (*Ghisellini et al., 2016*).

L'avicoltura rappresenta per il nostro paese una delle più importanti attività zootecniche. All'interno dell'UE, l'Italia si classifica sesta produttrice di carne avicola (*AVEC, 2019*) con un fatturato di 5.705 milioni di euro, circa il 4% del totale fatturato dall'agroalimentare italiano.

Gli allevamenti avicoli impattano a livello ambientale soprattutto per la produzione dei mangimi e per le emissioni di azoto in atmosfera derivanti dalle deiezioni ma comportano anche una riduzione della biodiversità per il massiccio uso di ibridi (*Mangimi&Alimenti.it., 2019*).

Nei sistemi intensivi come l'avicoltura, la circolarità si è persa per avvicinarsi di più ad una produzione di tipo industriale caratterizzata da un tasso di risorse piuttosto elevato, che non è tutto convertito in prodotti commestibili o rimesso in circolo, ma si traduce invece in una produzione dispendiosa (*Rocchi, 2018*). Nonostante ciò, l'estrema semplificazione del concetto di ciclo biologico che sta alla base dell'economia circolare, porta a considerare i settori agricoli, incluso quello zootecnico *più circolari* di un processo tecnico e con nessuna o minime perdite. Eppure, alcuni autori hanno già messo in evidenza come, per la presenza di alcune caratteristiche intrinseche del sistema produttivo, non sia così (*Van Zanten et al., 2019*). La zootecnia in particolare è più complessa e più difficile da controllare del sistema industriale e ha intrinsecamente delle perdite di sistema.

In questo contesto si inserisce l'**obiettivo della tesi**, ovvero dimostrare tramite la misurazione della circolarità che, gli allevamenti avicoli, anche quelli biologici, hanno assunto ormai una certa linearità di processo. In particolare l'analisi consiste nel confrontare casi reali di allevamento avicolo biologico e intensivo, osservando quale tra i due sistemi si dimostra essere più circolare e individuare le possibili alternative di gestione.

Siccome non vi sono indicatori per la misurazione della circolarità a livello aziendale per il ciclo biologico, lo strumento che verrà utilizzato è il Material Circulator Indicator (MCI),

il quale fornisce un'indicazione di quanto circola il flusso di materiale in un certo sistema aziendale. La metodologia è stata disegnata solo per il processo tecnico, di conseguenza verrà modificato per renderlo adattabile allo scopo di tesi.

I risultati della computazione dell'indicatore, prendendo riferimento le indicazioni della fondazione McArthur (*McArthur,2015*) evidenziano una completa linearità dell'allevamento intensivo e un processo ai limiti della circolarità per quanto concerne l'allevamento biologico.

La struttura della tesi è la seguente. Il primo capitolo descrive i principi dell'economia circolare, la storia e la sua diffusione nel contesto internazionale, Europeo e Italiano. Il secondo capitolo tratta della misurazione della circolarità analizzando lo stato dell'arte degli indicatori. Il terzo capitolo ha lo scopo di analizzare la circolarità in agricoltura e la sua importanza. Descrive inoltre l'MCI spiegandone la metodologia e la relativa modifica. Il quarto e ultimo capitolo descrive il settore avicolo e riporta il caso oggetto di studio.

ECONOMIA CIRCOLARE: STORIA, STATO DELL'ARTE, BENEFICI, CONTESTO INTERNAZIONALE, EUROPEO E ITALIANO

1.1 ECONOMIA CIRCOLARE

L'economia circolare (CE) secondo la definizione della Ellen MacArthur Foundation, uno dei principali fautori dello sviluppo della CE è *un termine generico per definire un'economia pensata per potersi rigenerare da sola. In un'economia circolare i flussi di materiali sono di due tipi: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati ad essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera*¹

Interessanti definizioni sono riportate anche nel documento "Una rassegna della politica dell'economia circolare dell'Unione Europea" (Dodick e Kauffman, 2020) dove diversi studiosi dimostrano, che pur con diverse terminologie, il concetto derivi dalla stretta correlazione tra il settore economico, ecologico e del design, i quali rispecchiano le tematiche che nel tempo hanno permesso di plasmare quello che oggi definiamo economia circolare. Nel dettaglio l'idea centrale che accumuna i diversi ricercatori, per definire l'economia circolare, è "l'uso riparativo" delle risorse in cui le materie prime non sarebbero più trasformate in rifiuti da scartare, come previsto nell'economia tradizionale ma reimpiegate nel processo produttivo nuovamente.

Oltre alle diverse definizioni offertesi dalla letteratura, il concetto cardine dell'economia circolare è creare *un modello economico globale che mira a disaccoppiare la crescita e sviluppo economico dal consumo di risorse limitate.*

La necessità deriva dal fatto che per molti decenni l'Europa e il contesto internazionale hanno conosciuto una crescita di prosperità e benessere basata su un uso intensivo delle risorse. Un uso spesso inefficiente e non sostenibile che ha depauperato

¹ www.EllenMacArthurFoundation.org

irreversibilmente risorse naturali con ripercussioni negativi nel contesto socio-economico-ambientale.

La crescita economica che ha caratterizzato gli ultimi 150 anni di storia, è stata sostenuta da un modello economico tradizionale aperto, sviluppato senza alcuna tendenza al riuso e al riciclo, e nella considerazione dell'ambiente come un serbatoio di rifiuti (*Su et al., 2013*). Il modello non ha tenuto conto dell'interazione con l'ambiente, evidenziato nel tempo i suoi numerosi limiti, che possono essere racchiusi in tre elementi principali: il fatto che molte delle risorse utilizzate non siano rinnovabili e destinate quindi all'esaurimento in tempi più o meno lunghi, il fatto che le risorse rinnovabili siano utilizzate in larga misura con un'intensità che supera la capacità di riproduzione del sistema ambientale e, infine, il fatto che i rifiuti e le sostanze inquinanti siano prodotti in eccesso rispetto alla capacità di assorbimento del sistema ambientale (*Silvestrini, 2017*). Si tratta di un sistema economico "lineare", cioè un'economia industriale, di mercato, basata sull'estrazione di materie prime sempre nuove, sul consumo di massa e sulla produzione di scarto una volta raggiunta la fine della vita del prodotto. Si tenga conto che secondo uno studio dell'Istituto di ricerca sull'Europa sostenibile (SERI), ogni anno, la fabbricazione di prodotti in paesi OCSE consuma oltre 21 miliardi di tonnellate di materiali secondari che non entrano mai nel sistema economico e quindi sono destinati alla discarica. Si tratta di materiali che provengono dal settore minerario, dall'attività di pesca, dal settore della lavorazione legno, dal settore agricolo, nonché dagli scavi del suolo e materiali provenienti dalle attività di costruzione (*MacArthur, 2013a*).

Anche se nel tempo sono stati compiuti grandi progressi nell'aumento dell'efficienza delle risorse, e nella ricerca di nuove forme di energia, vi è da sottolineare che meno pensiero è stato dato per progettare sistemi che comportino meno perdite di materiale e per la gestione dello smaltimento.

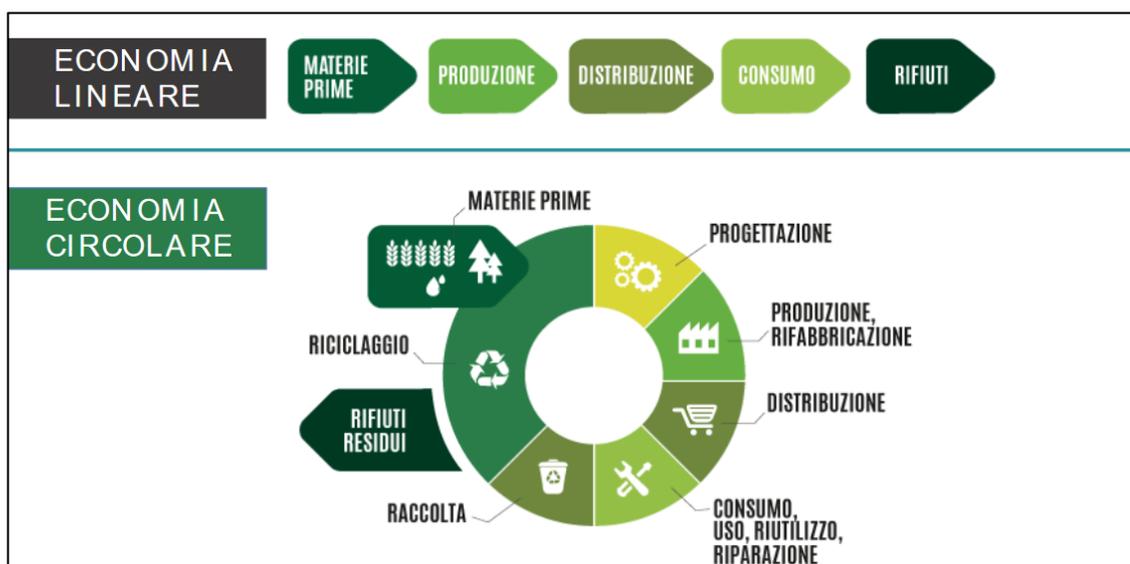
In conclusione, per molto tempo siamo stati abituati a vedere l'economia come un modello lineare dove ogni prodotto è inesorabilmente destinato ad essere creato, consumato e infine smaltito, quindi destinato a "morire". Questo non è più possibile

perché ci troviamo di fronte a una duplice sfida: favorire la crescita necessaria per creare occupazione e benessere per i cittadini e nel contempo garantire che sia di qualità tale da assicurare un futuro sostenibile. Per affrontare queste difficoltà e trasformarle in opportunità, la nostra economia dovrà subire una trasformazione profonda nell’arco di una generazione nei settori dell’energia, dei rifiuti, dell’industria, dell’agricoltura, della pesca e dei trasporti, ma anche nel comportamento di produttori e consumatori (Commissione Europea, 2011b)

Esattamente da questa necessità **che emerge la necessità dell’economia circolare**. A differenza del sistema definito lineare, che parte dalla materia e arriva al rifiuto, nell’economia circolare i prodotti di oggi sono le risorse di domani, in cui il valore dei materiali viene il più possibile mantenuto o recuperato, in cui c’è una minimizzazione degli scarti e degli impatti sull’ambiente.

L’economia circolare si basa su un cambio di paradigma fondamentale nel quale il sistema economico globale viene considerato come un sistema chiuso, in cui l’economia e l’ambiente non sono caratterizzate da correlazioni lineari, ma da una relazione circolare (Figura 1).

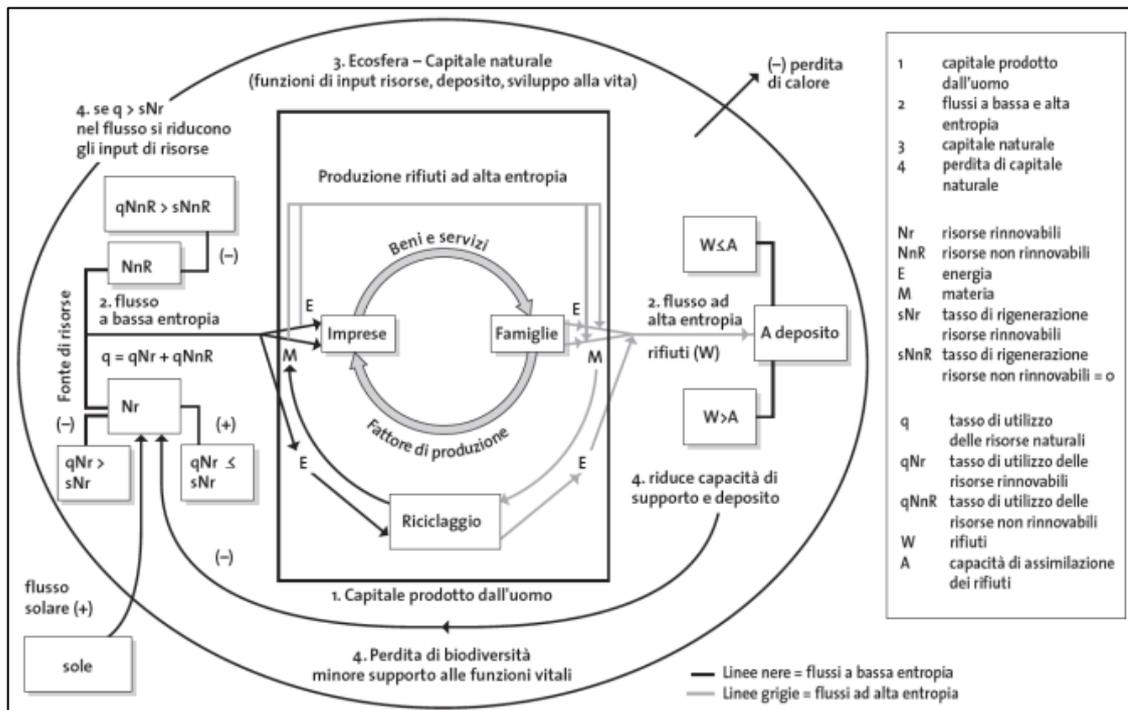
Figura 1.1 Differenza economia tradizionale e circolare



Fonte: Parlamento Europeo, 2015

Il sistema economico si trova all'interno di un più ampio sistema ecologico e, pur usufruendo delle sue risorse naturali e dei suoi servizi eco-sistemici, deve rispettarne regole di funzionamento e limiti fisici, biologici e climatici (Figura 1.2).

Figura 1.2 Visione del sistema economico come componente del sistema ecologico



Fonte: La Camera, 2009

La circolarità mira a trasformare in profondità il modo in cui utilizziamo le risorse, sostituendo i sistemi di produzione aperti esistenti in nuovi sistemi in cui le risorse sono riutilizzate e mantenute in un ciclo di produzione e utilizzo, permettendo di generare più valore e per un periodo più lungo.

L'economia circolare è normalmente rappresentata mediante quattro principi che rappresentano quattro principi fondamentali per l'economia circolare (MacArthur, 2013a).

1- L'estensione della durata di vita del prodotto: I prodotti sono progettati per essere durevoli, riducendo così il consumo. Tali prodotti sono per definizione di alta qualità, per

cui le imprese spesso hanno bisogno di cambiare il loro modello di business al fine di compensare l'aumento del costo del prodotto.

2 - La redistribuzione e il riutilizzo cioè usare nuovamente un oggetto o un materiale, per il proprio scopo originale o per scopi simili, senza alterarne in maniera significativa la sua forma fisica.

Il prodotto più sostenibile è spesso già di nostra proprietà e il suo riutilizzo recupera tutto il valore aggiunto di tale prodotto.

3 - Il processo di rigenerazione, cioè la serie di fasi di fabbricazione che agiscono su una parte o interamente su un prodotto a fine vita, al fine di restituirlo come nuovo o con migliori prestazioni;

4 - Infine vi è il riciclo, che è il più comune processo di Economia Circolare attraverso il quale i materiali usati sono trattati in modo da renderli idonei ad entrare in un nuovo ciclo produttivo.

Appare chiaramente che tutti questi principi si riferiscono ai prodotti, quindi l'unità chiave di analisi per l'economia circolare è il prodotto stesso.

Pertanto, i quattro principi dell'Economia Circolare sottolineano l'uso efficiente dei prodotti con l'obiettivo di mantenerli il più a lungo possibile nell'economia attraverso l'estensione della vita del prodotto, la redistribuzione/riutilizzo, la rigenerazione e il riciclaggio. In questo caso, il paradigma industriale dell'Economia Circolare mira a raggiungere un elevato valore aggiunto di prodotti il più a lungo possibile e ridurre al minimo la produzione di rifiuti, come avviene in una produzione lineare. Ogni ciclo può infatti aumentare il suo valore tanto quanto è breve il ciclo stesso. Quindi è necessario che le aziende cerchino di intervenire efficacemente sulla progettazione del prodotto, con l'obiettivo di garantire un efficace smontaggio “per il riutilizzo” una volta che il prodotto ha finito la vita utile. Dall'altra parte si dovrebbe estendere la responsabilità sugli utenti per quanto riguarda la proprietà dei prodotti, in quanto mantenere la proprietà dei prodotti comprende il più alto livello di responsabilità (Urbinati et al., 2017).

Dopo aver esplicitato i 4 principi che racchiudono i pilastri dell'economia circolare, la Ellen MacArthur Foundation fornisce altri fondamenti per l'economia circolare (*Mac Arthur, 2013a*)

- Il pensiero sistemico: consiste nel capire come all'interno di un insieme le diverse parti si influenzano reciprocamente. Questa abilità è fondamentale nell'economia circolare, perché permette di analizzare e progettare sistemi non lineari, evolutivi e ricchi di feedback. Per evitare errori di progettazione è necessaria la comprensione dell'intero sistema. Non bisogna massimizzare l'efficienza della singola parte se questo dovesse impattare negativamente su tutto il sistema.

- Favorire la resilienza attraverso la diversità: la resilienza indica la capacità di un sistema di resistere ad uno shock: si costruisce mediante diversità, modularità, versatilità e adattabilità. Sono caratteristiche fondamentali che devono essere prioritarie in un mondo incerto e in rapida evoluzione. Questi fattori lavorando con diversi input rendono il sistema più resistente rispetto a sistemi costruiti solamente per l'efficienza. Nel raggiungere questo obiettivo diventano fondamentali anche nodi ed interconnessioni inter ed intra-settoriali.

- azioni a cascata: comporta l'utilizzo degli scarti come input per altri prodotti, trasferendo "a cascata" il valore dei prodotti scartati a prodotti nuovi. Per attuare questo sono essenziali connessioni tra cicli e settori.

Emerge che l'economia circolare esige un cambiamento dell'intero funzionamento del sistema e che lavorare per una maggiore efficienza puntando solamente ad una riduzione delle risorse ed energia fossile non altererà la natura finita delle loro scorte, ma può solo ritardare inevitabile. Sistemi diversi ed una maggiore connessione tra cicli biologici e tecnici permette di essere più resistenti e resilienti rispetto ad un sistema lineare il cui scopo è solo quello di massimizzare la produzione, efficienza e reddito.

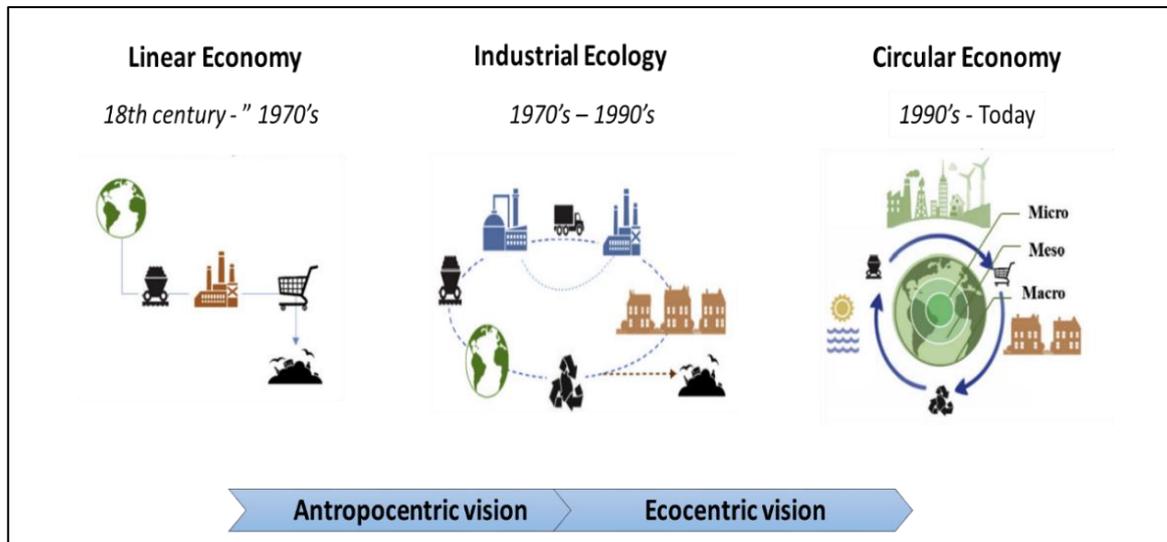
1.2 UN CONCETTO TRA TANTE SCUOLE DI PENSIERO

L'Economia Circolare è indubbiamente diventata uno dei temi caldi nei dibattiti pubblici in quanto risponde al desiderio di crescita sostenibile, nel quadro della pressione crescente a cui produzione e consumi sottopongono le risorse mondiali e l'ambiente. È la parola d'ordine per la costruzione di una società resiliente, efficiente nell'uso delle risorse e a basse emissioni di carbonio.

Nonostante la sua ampia diffusione, il concetto di economia circolare ha origini profonde e non può essere ricondotto a una singola data o autore. Le sue applicazioni pratiche ai moderni sistemi economici e ai processi industriali, tuttavia, hanno preso slancio dalla fine degli anni '70, guidate da un piccolo numero di accademici e leader del pensiero e imprese.

Il percorso che la società ha effettuato verso l'economia circolare può essere diviso in tre grandi tappe (*Prieto-Sandoval et al., 2018*). L'idea di un circuito circolare dei materiali venne presentata per la prima volta nel 1966 dall'economista Kenneth E. Boulding nel suo articolo "The Economics of the Coming Spaceship Earth", pubblicazione di notevole interesse ambientale che interrompe l'incessante visione dell'economia linear, iniziato dalla rivoluzione industriale, dove la società ha continuato a produrre con una visione antropocentrica. Negli anni 70-80', seconda fase, si accentua l'interesse verso l'ambiente e nascono iniziative pratiche di ecologia industriale (Ayres e Kneese, 1969; Ayres, 1989). Infine, la completa visione eco-centrica si matura agli inizi degli anni 90' quando Pearce e Turner (1990), ispirati dal lavoro di Boulding, coniarono il termine "economia circolare" per spiegare la fattibilità di tener conto della consapevolezza ambientale nei flussi economici mediante la chiusura circuiti industria (*Figura 1.3*).

Figura 1.3 Evoluzione concettuale dell'economia circolare all'interno della società



Fonte: Elaborazione PowerPoint, Prieto-Sandoval et al., 2018

Successivamente nel 1997, in un rapporto presentato alla Commissione europea, dal titolo "Il potenziale per sostituire la manodopera per l'energia" Walter Stahel e Genevieve Reday delinearono la visione di un'economia circolare e il suo impatto sulla creazione di posti di lavoro, sul risparmio di risorse e riduzione dei rifiuti.

Nel dettaglio, dalla prima fase antropocentrica fino ad oggi, il concetto generico è stato perfezionato e sviluppato dalle seguenti scuole di pensiero: Cradle to Cradle, Economia della performance, Bio-mimetismo, Ecologia industriale, Capitalismo naturale, Economia blu e Design rigenerativo (MacArthur, 2013b).

- La Filosofia *Cradle to cradle*, in italiano dalla culla alla culla, è una visione progettuale ideata dal chimico e visionario tedesco Michael Braungart insieme all'architetto americano Bill McDonough. Secondo questa scuola di pensiero tutti i materiali del processo produttivo e commerciale, sia tecnici che biologici, devono essere 'nutritivi' per poter essere continuamente riutilizzati all'interno dei loro rispettivi 'metabolismi'. Questa teoria elimina il concetto di rifiuto, perché "rifiuto è nutrimento".

Mettono in risalto l'energia rinnovabile, il rispetto per l'uomo e l'ambiente inteso come la preservazione della salute degli ecosistemi e la riduzione dell'impatto sui luoghi.

Sostengono che i sistemi naturali supportano la resilienza adattandosi ai loro ambienti con un mix infinito di diversità, uniformità e complessità a differenza della rivoluzione industriale e la globalizzazione incentrati invece sull'uniformità che comporta spesso instabilità. Propongono quindi la fabbricazione di prodotti con lo stesso stile di resilienza utilizzando sistemi naturali di successo come modelli.

- Walter Stahel, architetto e analista industriale ha ideato *l'Economia della performance*, cioè una visione di un'economia che genera impatti positivi sull'occupazione, sulla competitività economica, sul risparmio di risorse e sulla prevenzione dei rifiuti. Proponeva in sintesi un cambio di tassazione dal lavoro all'energia e ai materiali di consumo, elemento cruciale per muoversi verso modelli commerciali circolari.

Oltre alla nuova visione economica ha fondato nel 1982 il Product Life Institute a Ginevra, un'organizzazione no-profit che promuove lo sviluppo di strategie pratiche per la crescita economica con un minore consumo di risorse. I quattro fattori chiave sono: estensione della durata del prodotto, beni di lunga durata, attività di ricondizionamento e prevenzione dei rifiuti.

L'istituto sostiene quindi un'economia sostenibile e in particolar modo riconosce l'importanza dei servizi eco-sistemici forniti dall'ambiente naturale. Questa posizione si oppone intrinsecamente a qualsiasi forma di inquinamento.

- Janine Benyus, biologa, autrice, consulente per l'innovazione, può non aver coniato il termine *bio-mimetismo*, ma certamente lo ha reso popolare, nel 1997, attraverso il suo libro: "Mimetismo: Innovazione Ispirata dalla natura".

Nel libro definisce il suo approccio come "una nuova disciplina che studia le migliori idee della natura e poi imita questi progetti e processi per risolvere i problemi umani". Un chiaro esempio è lo studio di una foglia per inventare una cella solare.

Il bio-mimetismo si basa su tre principi chiave: studiare ed emulare la natura, usare uno standard ecologico per giudicare la sostenibilità delle nostre innovazioni e valutare la natura non per capire cosa ricavarne ma cosa possiamo apprendere da essa.

- *Un'altra interessante disciplina scientifica che ha contribuito a plasmare il concetto di economia circolare è l'Ecologia industriale*. Si tratta di una disciplina che nasce negli anni

'90 ed ha come oggetto lo studio di flussi di materiali e di energia del sistema umano (inteso come sistema produttivo ma anche sociale e culturale) visto nel contesto del proprio ambiente, la biosfera. Concentrandosi sulle connessioni tra operatori all'interno dell'ecosistema definito "industriale", questo approccio mira a creare processi a ciclo chiuso in cui i rifiuti servono come input, eliminando così la nozione di sottoprodotto indesiderabile. L'ecologia industriale adotta un punto di vista sistemico, progettando i processi di produzione in conformità con i vincoli ecologici, mentre osserva il loro impatto globale fin dall'inizio e cercando di modellarli in modo da eseguire il più vicino possibile ai sistemi viventi.

Questa struttura viene a volte indicata come "scienza della sostenibilità", data la sua natura interdisciplinare, ei suoi principi possono essere applicati anche nel settore dei servizi.

- Nel *Capitalismo naturale*, il soggetto principale è il capitale naturale, ovvero le riserve mondiali di beni naturali, inclusi suolo, aria, acqua e tutti gli esseri viventi. Nel loro libro "Capitalismo naturale: creazione della prossima rivoluzione industriale", Hawken, Lovins e Lovins (1999) descrivono un'economia in cui gli interessi economici e ambientali si sovrappongono, riconoscendo le interdipendenze esistenti tra la produzione e l'uso del capitale prodotto dall'uomo che si riferisce a tutta la gamma delle risorse naturali, compresi la terra, l'aria, l'acqua e tutte le cose viventi.

Si basa su quattro pilastri: incremento radicale della produttività delle risorse naturali, la dotazione di modelli e materiali di produzione ispirati alla biologia, un modello di business volto a garantire servizi e reinvestire sul capitale naturale.

- *L'Economia Blu* è un movimento *open source* che riunisce casi di studio concreti, inizialmente redatti in un omonimo rapporto consegnato dal Club di Roma. Come afferma il manifesto ufficiale, "utilizzando le risorse disponibili nei sistemi a cascata, (...). lo spreco di un prodotto diventa l'input per creare un nuovo flusso di cassa". Sulla base di 21 principi fondanti, l'economia blu insiste su soluzioni che derivano dall'interazione tra l'ambiente e le caratteristiche fisiche - ecologiche, ponendo l'accento sulla gravità come fonte primaria di energia.

- Infine vi è il *Design Rigenerativo*, una progettazione che tende ad una fusione armoniosa tra spazio antropizzato e contesto naturale. John T. Lyle teorizzò per primo l'applicazione a tutti i comparti produttivi di un sistema produttivo che utilizzasse una progettazione capace di rigenerare i prodotti e le risorse. Il design rigenerativo attualmente è considerato il passaggio ad una nuova coscienza progettuale, essenziale per garantire la sopravvivenza della specie umana. È un nuovo accordo tra mondo naturale e mondo artificiale. Un paradigma fondato sulla consapevolezza. Un accordo etico tra il benessere personale, collettivo e del pianeta. È diventato ormai la cornice dell'economia circolare (MacArthur, 2013a).

1.3 DIFFUSIONE E BENEFICI DELL'ECONOMIA CIRCOLARE

Le nostre economie spesso rimangono fortemente bloccate in un sistema in cui tutto, dall'economia della produzione ai contratti, dalla regolamentazione alla mentalità, *favorisce il modello lineare di produzione e consumo*. Questo modello consumistico tuttavia, sta diventando, lentamente sempre più debole sulla scia di informazioni, eventi e trend che andranno a modellare l'economia per gli anni a venire. In primo luogo, la scarsità di risorse, gli standard ambientali più rigidi ed i premi per la sostenibilità oramai caratterizzano il secondo millennio.

Questa percezione è sempre più accettata dal settore business. Si cominciano ora a vedere importanti cambiamenti attuati da grandi industrie, come ad esempio H&M, che ha adottato il modello circolare (acquista materiale usato e lo spedisce ad un centro dove viene selezionato ed indirizzato in base alla qualità a diversi canali: il mercato dei vestiti usati, la produzione di materiali assorbenti o isolanti, e la produzione di energia) e Ikea, che ha introdotto un modello di leasing per le cucine in oltre 30 paesi, e ciò dimostra i progressi fatti sul fronte delle imprese.

I concetti di circolarità sono intrapresi anche da piccole aziende. In ambito organico troviamo aziende che producono carta da scarti agroalimentari, pelle vegetale da vinacce, bio-plastica da gusci d'uovo. Vi sono stilisti che predispongono gratuitamente

attività di riparazione dei vestiti, consorzi di raccolta dei rifiuti che a partire da pneumatici non più utilizzabili ricavano isolanti acustici. Spazi in cui vi è la condivisione di stazioni di design, stampanti e laser scanner 3D, officina elettronica e robotica, piegatrice digitale, taglio laser per creare soluzioni innovative e circolari. Condivisione di beni come le macchine mediante determinati servizi².

Nella prima fase della distribuzione, il ruolo dei consumatori è rimasto quello di operatori urbani che si limitano a riciclare i rifiuti domestici, mentre l'attenzione si è concentrata sulle imprese. I consumatori sono pienamente consapevoli delle sfide sociali e ambientali ma il prezzo di un prodotto o servizio ha spesso più peso nelle loro decisioni rispetto alla qualità intrinseca degli acquisti. Infatti le famiglie possono giocare un ruolo importante se sono in grado di discriminare tra prodotti e servizi simili privilegiando, anche magari ad un costo leggermente più alto, prodotti di qualità migliore ovvero con un minore impatto sull'ambiente, rinunciando a soddisfare bisogni primari al prezzo più basso, anche eventualmente acquistando beni importati e/o prodotti regolati da una legislazione meno severa in tema ambientale e con una minore tutela del lavoro. La modifica dei comportamenti e delle scelte personali è un aspetto molto difficile da affrontare, perché ha a che fare con una molteplicità di sensibilità, bisogni, esigenze e desideri, priorità, abitudini, luoghi di vita, storie personali (*MATTM e MSE, 2017*).

L'informazione e l'educazione, tuttavia, sono fattori chiave per orientarli verso modelli di comportamento circolare. Occorre pertanto mettere in atto l'istruzione e l'apprendimento lungo tutto l'arco della vita e fornire ai consumatori informazioni quanto più possibile obiettive³.

² Si tratta di servizi che permettono ad utenti di mettersi in contatto tra loro per dividere un passaggio. Nel contesto italiano cresce di 14 unità il numero di servizi di mobilità condivisa innovativi, arrivando a un totale di 363 nel 2018, oltre 100 servizi in più di quelli presenti nel 2015 con un tasso di crescita medio del 12% all'anno (*Orsini e Ciuffini, 2018*).

³ Parere d'iniziativa del Comitato economico e sociale europeo: I consumatori nell'economia circolare. Relatore: Carlos TRIAS PINTÓ.

Un interessante lavoro (*Finlayson et al., 2014*) ha individuato come le tematiche circolari vengono affrontate principalmente (a livello universitario) nell'ambito di discipline ingegneristiche e ambientali, anche se stanno emergendo curricula di livello universitario. Dai programmi di corso analizzati, le principali materie insegnate sono principi introduttivi e strumenti generali. Gli aspetti avanzati o specialistici del settore sono comunque trattati meno frequentemente.

In secondo luogo, ma non meno importante è il ruolo centrale delle nuove tecnologie come descritto esaurientemente nel libro "Circular Economy. Dallo spreco al valore" (*Lacy, et al., 2016*). Permettono e hanno permesso alle imprese di accelerare il progresso verso l'economia circolare. Fino a poco tempo fa, semplicemente, non esistevano gli strumenti necessari per supportare le tipologie di modelli di business, come l'economia circolare, perlomeno non su una scala sufficientemente larga da avere un impatto. Le innovazioni digitali negli ambiti delle tecnologie social, mobili, analytics, cloud e della comunicazione machine-to machine (M2M) sono particolarmente efficaci nel connettere i canali fisici a quelli digitali. Permettono di scoprire, analizzare, pianificare, predire e collaborare con estrema facilità dati in tempo reale.

Questa traiettoria sulla quale si stanno muovendo le aziende e i consumatori nel contesto internazionale contribuisce ad aumentare la produttività, ottimizzando l'uso delle risorse umane e naturali con relativi vantaggi multisettoriali dei quali la letteratura scientifica offre numerosi e pragmatici esempi⁴.

Nel dettaglio per quanto concerne i vantaggi in termini dei materiali, conservando i materiali (primari) incorporati in prodotti di alto valore, o restituendo i rifiuti all'economia come materie prime secondarie di alta qualità, una CE ridurrebbe a domanda per le materie prime primarie e quindi ridurrebbe la dipendenza dell'Europa dalle importazioni, rendendo le catene di approvvigionamento per molti settori industriali meno soggette alla volatilità dei prezzi dei mercati internazionali delle materie prime e all'incertezza dell'offerta a causa di fattori geopolitici e/o dalla scarsità.

⁴ <https://www.eesc.europa.eu/it/news-media/news/economia-circolare-il-cese-e-il-momento-di-sfruttare-appieno-il-potenziale-dei-consumatori>

Si stima che un 6-12% di tutto il consumo dei materiali, compresi i combustibili fossili è attualmente evitato a seguito di politiche di riciclo, prevenzione dei rifiuti e progettazione ecocompatibile. Il massimo potenziale utilizzando la tecnologia esistente è stimato invece un 10-17 % (*Commissione Europea, 2011a*).

Un recente studio sugli impatti di un passaggio a un CE nei settori del cibo, mobilità e ambiente edificato risparmio annuo ha stimato un risparmio di 600 milioni di € di risorse primarie nell'UE-27 entro il 2030. Per ottenere questo risultato occorrerebbero cambiamenti sistemici in questi settori. Ad esempio, per il sistema alimentare, lo studio menziona pratiche agricole più sostenibili come l'agricoltura biologica, la chiusura dei cicli di nutrienti e la riduzione dei rifiuti alimentari (*AEA, 2016*).

Uno studio sulla modellizzazione degli impatti economici e ambientali del consumo di materie prime ha delineato che nel periodo fino al 2030 si prevede un miglioramento delle produttività delle risorse di circa il 15% per lo scenario modesto e fino al 50% per lo scenario ottimistico con conseguenti impatti positivi sul consumo di materiale (*Econometrics Cambridge e Bio Intelligence Service, 2014*)

A livello ambientale la Commissione europea, nonostante le attuali politiche in materia di rifiuti, stima che le diverse combinazioni degli ambiziosi obiettivi per il riciclo dei rifiuti urbani e di imballaggio e la riduzione delle discariche, potrebbero portare ad una riduzione delle emissioni di gas serra di circa 424–617 milioni di tonnellate di biossido di carbonio equivalente nel periodo 2015-2035, al quale si aggiungono le riduzioni attraverso la piena attuazione degli obiettivi esistenti (*EEA, 2016*). In aggiunta sostiene che una maggiore eco-innovazione stimolerebbe una migliore efficienza delle risorse fuori dall'Europa (attraverso esempio la vendita di tecnologie) la quale comporta la riduzione del depauperamento delle risorse globali. Gli studi riportati delineano un risparmio di energia globale del 30% entro il 2050 (*Commissione Europea, 2011a*).

Il lavoro dell'UNEP-IRP dimostra le politiche giuste potrebbero ridurre l'uso delle risorse naturali fino a 28 % e circa del 20% delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2050. Anche le misure che vanno oltre il riciclaggio dei rifiuti, potrebbero tuttavia ridurre ulteriormente le emissioni di gas a effetto serra (*UNEP-IRP, 2017*)

Altro dato interessante è che nella fabbricazione dei metalli e nel settore dell'ospitalità e ristorazione le misure di efficienza delle risorse potrebbero evitare circa 100–200 milioni di tonnellate di anidride carbonica equivalenti emessa ogni anno (*Lawton, K. 2013*).

Ultimo dato degno di nota è quello che deriva dallo studio del potenziale alimentare, della mobilità e dei sistemi ambientali costruiti (EEA, 2016). Viene affermato che mantenere i materiali nel ciclo migliorerebbe anche la resilienza dell'ecosistema e gli impatti ambientali derivanti dall'estrazione di materie prime, spesso al di fuori dell'Europa, con una potenziale riduzione di gas serra stimata del 48% entro il 2030 e dell'83% entro il 2050 rispetto ai livelli del 2012 e una riduzione dei costi dell'esternalità fino a 500 milioni di EUR entro il 2030 (*Ellen MacArthur e McKinsey, 2015*).

Per quanto riguarda gli aspetti economici un'economia circolare potrebbe consentire notevoli risparmi sui costi per vari settori industriali. Ad esempio, si stima che l'approccio circolare nella fabbricazione di beni complessi durevoli con vita media comporti un risparmio netto dei costi dei materiali pari a 340–630 miliardi di dollari l'anno nella sola UE, circa 12–23 % dei costi di produzione delle materie prime correnti in questi settori. Per alcuni beni di consumo come alimenti, bevande, tessili e imballaggi si è stimato un risparmio di materiale a livello mondiale di 700 miliardi di dollari l'anno, cioè circa il 20% dei costi di produzione dei materiali in queste settori (*MacArthur, 2013b*).

Un altro studio (*Lawton, 2013*) stima i benefici netti annui per le imprese dell'UE-27 derivanti dall'attuazione di misure di efficienza delle risorse come la prevenzione dei rifiuti, il recupero dei materiali, il cambiamento delle pratiche di approvvigionamento e la riprogettazione dei prodotti. Il risparmio varia da 245 miliardi di EUR a 604 miliardi di EUR, pari a una media di 3–8% del fatturato annuo.

Infine, la modellizzazione economica delineata nel report della Commissione Europea indica che le misure politiche che mirano all'efficienza delle risorse potrebbe eventualmente aumentare il PIL del 4% (in 15 anni) e ridurre conseguentemente la disoccupazione (*Commissione Europea, 2011a*).

L'innovazione sociale associata alla condivisione, eco-design, riutilizzo e riciclaggio si può tradurre in un comportamento dei consumatori più sostenibile, contribuendo nel contempo alla salute umana. Di certo questo è un grande vantaggio sociale il quale non deve precludere la *creazione di posti di lavoro*. In questo ambito è fondamentale che le risorse umane impiegate in settori ed imprese non più in linea con le esigenze dello sviluppo moderno e sostenibile non vengano escluse dal sistema socio-economico. Tali risorse vanno preparate ad occupare nuovi posti di lavoro, allineando le competenze alle attività produttive promosse e create dal processo di transizione (*MATTM e MSE, 2017*)

In particolare un elevato potenziale di crescita occupazionale riguarderà la costruzione, l'ecosistema e settori della gestione delle risorse, delle energie rinnovabili e del riciclaggio. In particolare se l'Europa raggiungerà entro il 2020 l'obiettivo di risparmiare il 20% di energia, potrebbe aumentare la competitività del settore industriale creando complessivamente due milioni di lavori nuovi (*Commissione Europea, 2011a*). Altri differenti studi delineano numeri occupazionali positivi nel breve futuro.

Secondo la Commissione europea per la valutazione d'impatto su una proposta legislativa sui rifiuti, l'aumento dei target di riciclo, la semplificazione della legislazione, il miglioramento del monitoraggio, la diffusione delle migliori pratiche per il raggiungimento dei target inerenti al riutilizzo dei rifiuti urbani e di imballaggio in combinazione con la riduzione delle discariche, potrebbe portare alla creazione di un massimo di 178.000 nuovi posti di lavoro entro il 2030 (*EEA, 2016*).

In termini di reddito, si stima che in un'economia circolare il reddito disponibile delle famiglie europee, entro il 2030, potrebbe risultare superiore di ben l'11% rispetto al percorso di sviluppo attuale. Ciò equivale a circa il 7% in più in termini di PIL (*Esposito et al., 2015*).

1.4 IL CONCETTO DI ECONOMIA CIRCOLARE È CHIARO?

Chiarita la filosofia dell'economia circolare e i suoi molteplici vantaggi a livello sociale-economico-ambientale si delinea però che le imprese spesso sono fortemente riluttanti a implementare le pratiche di circolarità (*Linder e Willinader, 2017*).

Stessa tesi anche nel lavoro di Ghisellini, dove emerge che nonostante alcuni esempi di successo, la scalabilità rimane un problema importante e le pratiche dell'economia circolare sono ancora molto lontane da essere diffuse completamente nei diversi settori (*Ghisellini et al., 2016*).

Questo comportamento deriva dal fatto che la nostra comprensione sulle differenze e somiglianze tra l'economia circolare e altri approcci non lineari non è abbastanza chiaro. A questo si deve aggiungere una scarsa organizzazione della ricerca scientifica e una superficialità del concetto. Spesso si tratta di raccolte ed idee vaghe e separate tra diversi settori e idee pseudoscientifiche, dove il concetto è spesso riportato da politici o membri istituzionali (*Korhonen et al., 2018*).

La superficialità della trattazione che induce una comprensione non ferrea degli interventi e delle condizioni necessarie per la diffusione e relativa implementazione dell'economia circolare, come suggerisce il lavoro "Circular economy: benefits, impacts and overlapping" (*Sehnem et al., 2019*), lo si denota anche dal numero di articoli dedicatogli. Un'analisi degli articoli disponibili nel database *Scopus*, mostra che le riviste appartenenti all'Associazione delle scuole di business (ABS) nel periodo 2007- agosto 2017, hanno pubblicato solo otto articoli in termini di CE.

Tra i pochi lavori che si sono dedicati alla ricerca di un consenso per una definizione concettuale univoca dell'economia circolare si riporta l'eccellente lavoro di sintesi (*Prieto-Sandoval et al., 2018*) nel quale i ricercatori dopo aver effettuato un'analisi del contenuto dei termini dell'economia circolare individuati nella letteratura scientifica, hanno riportato 12 interessanti definizioni.

Oltre allo sforzo di chiarire il concetto della CE, è stata effettuata una ricerca sistematica di letteratura sulla catena di approvvigionamento circolare cercando di identificare possibili sovrapposizioni tra ciò che rappresenta l'economia circolare e ciò che invece

richiama concetti di sostenibilità e quindi può creare confusione, come la logistica inversa, filiera verde, gestione sostenibile della catena di approvvigionamento e catene di approvvigionamento a circuito chiuso (*Batista et al., 2018*). È emersa la necessità di una visione più completa, chiara e specifica che spieghi con un linguaggio semplice ed efficiente le diversità e che catturi tutte le prospettive del settore. Inoltre, non è noto in quale misura i risultati di questi flussi di letteratura convergono e possono essere utilizzati per ampliare la nostra comprensione.

Queste ricerche, delineano che non vi è un concetto comune di economia circolare. I diversi attori hanno interpretazioni distinte di ciò che CE potrebbe o dovrebbe raffigurare (dove il collegamento con la sostenibilità non è sempre chiaro) (*Moraga et al., 2019*).

Di conseguenza, il numero di imprese che attuano realmente il sistema CE è ancora relativamente piccolo. Pertanto, l'evidenza empirica dei benefici di produzione derivanti da un modello economico non lineare sono scarsi, in particolare nelle aziende che adottano la circolarità. D'altra parte, come riporta l'UNEP, altre pratiche che si focalizzano su processi non lineari, come la logistica inversa e gli eco-parchi (simbiosi industriale) hanno visto una grande diffusione nell'ambito industriale (*UNEP, 2017*).

Dalla revisione delle politiche connesse alla circolarità (*Dodick e Kauffman, 2020*) emerge che per la maggior parte dei paesi l'economia circolare significa solamente una migliore gestione dei rifiuti. Infatti non vi è stata una piena implementazione dell'economia circolare all'interno dell'Europa poiché la maggior parte degli sforzi sono stati connessi al trattamento e al riciclo dei rifiuti, con l'obiettivo generale di ridurre la quantità di discariche.

Per delineare con maggiore chiarezza come i paesi Europei si riferiscono alla circolarità, lo stesso documento riporta uno studio che analizza l'efficienza delle risorse materiali dell'UE nel periodo 2011-2016. È emerso che non vi è stata nessuna variazione sostanziale.

Questi risultati sono rafforzati dalle indagini individuali dei paesi dell'UE dalla quale si evidenzia che solo dieci Stati membri dell'UE hanno la percezione del concetto di

economia circolare e di chiusura dei cicli dei materiali come mezzi per l'efficienza delle risorse materiali. Pochi paesi quali le Fiandre (Belgio), Germania, Scozia e Paesi Bassi hanno riferito di avere una strategia specifica per la chiusura dei cicli dei materiali. La Scozia (Regno Unito) e le fiandre hanno dedicato strategie a livello regionale. Inoltre, Belgio, Francia, Germania, Paesi Bassi, Svizzera e Regno Unito hanno menzionato iniziative preparatorie per sviluppare indicatori per l'economia circolare.

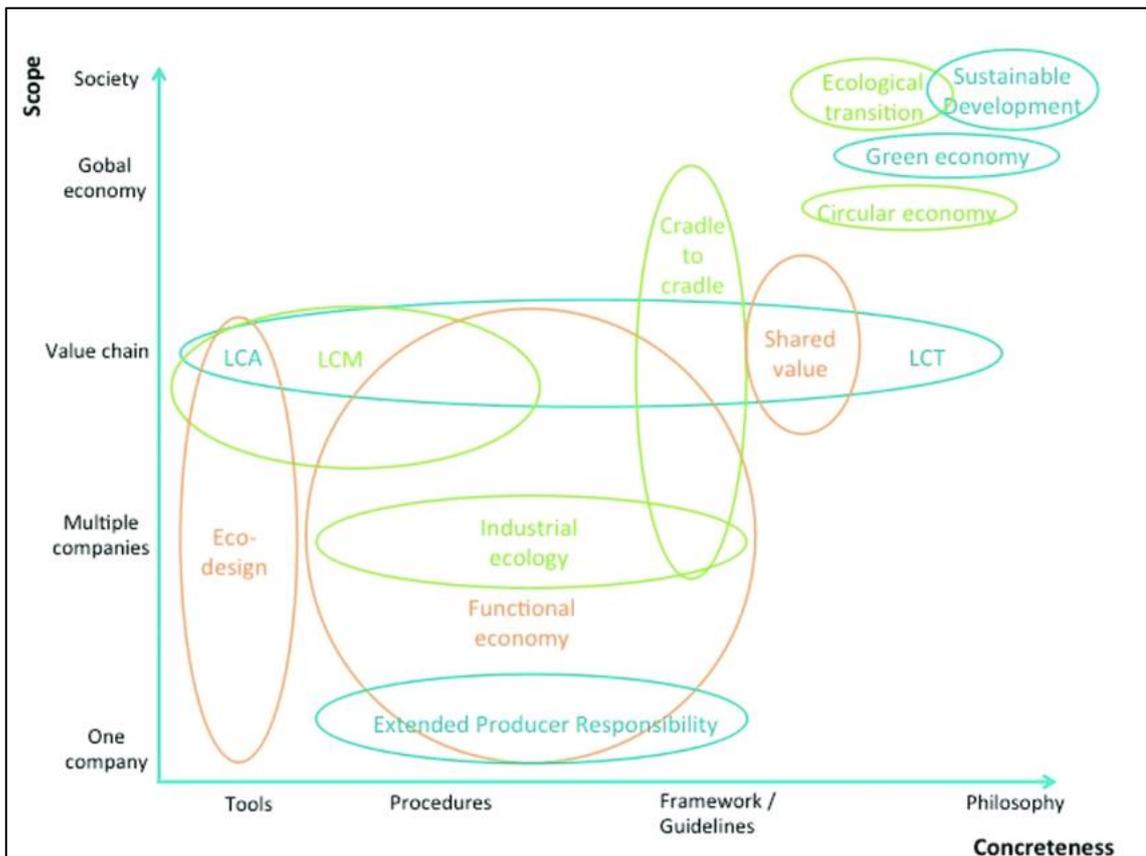
L'economia circolare è interpretata in modo diverso da diversi soggetti interessati e dai paesi europei. Tutto ciò evidenzia la necessità di una definizione concordata della CE, e le sue politiche necessarie.

Al fine di analizzare e comprendere meglio l'economia circolare e i concetti chiave associati è stata disegnata una mappa dello scopo e della concretezza (*Beaulieu et al., 2015*) (*Figura 1.4*). Tale mappa è costituita da una matrice a due assi nelle quale vengono posizionati i vari concetti. L'asse y rappresenta l'ambito di applicazione dello scopo a partire dal livello aziendale (micro) fino alla società (macro). Nel dettaglio l'estremità inferiore dell'asse indica che il concetto si riferisce a un'implementazione o una visione a livello di singola azienda, mentre un concetto situato all'estremità superiore si riferisce in definitiva alla società in generale. I livelli intermedi sono posizionate lungo l'asse per illustrare il continuum: "società multiple", "catene del valore" ed "economia globale". Il livello di "catene del valore" può comprendere le aziende direttamente coinvolte nei processi di produzione, ma anche le comunità locali coinvolte o interessate da questi processi.

L'asse delle x indica la gradazione della concretezza partendo dagli strumenti (micro) e arrivando al livello macro con la filosofia. Nel dettaglio l'asse presenta in quale misura il concetto dà indicazioni concrete per l'implementazione. Questo asse è anche un continuum, illustrato dai seguenti passi: "strumenti" (modo più concreto per l'implementazione), "procedure", "quadro / linee guida" e "filosofia". L'ultimo passo corrisponde a un concetto che dà un'idea generale o visione su come la società - o parti di essa - dovrebbe implementare il concetto, ma non dà indicazioni sull'attuazione di questa idea o visione. Certamente, la maggior parte dei concetti al livello di "filosofia"

può dare vita a concetti di implementazione, ma i concetti portano non intrinsecamente ad un manuale di implementazione.

Figura 1.4 Mappa della concretezza e scopo



Fonte: Beaulieu et al., 2015

La mappatura illustra chiaramente che i concetti esaminati rappresentano un'ampia gamma di realtà in termini di portata e in che misura guidano gli utenti nella loro attuazione pratica. Come si può vedere, i concetti sono approssimativamente posizionati lungo una diagonale, riflettendo l'idea generale che più ampia è la portata della visione del concetto, meno concreto è la sua attuazione.

1.5 ECONOMIA CIRCOLARE NEL CONTESTO INTERNAZIONALE

La transizione verso un'economia efficiente nell'uso delle risorse, a basse emissioni di carbonio e resiliente ai cambiamenti climatici costituisce la rinnovata sfida a livello mondiale per raggiungere una crescita sostenibile ed inclusiva. Con una popolazione mondiale di più di 9 miliardi di persone prevista per il 2050 e la rapida crescita economica dei paesi in via di sviluppo, la domanda di risorse naturali, in particolare di materie prime, si prevede che continuerà a crescere in maniera esponenziale nei prossimi decenni. Si stima che tre miliardi di persone si uniranno alla classe media dei consumatori entro il 2030 con un aumento della domanda nel più breve periodo che il mondo abbia mai sperimentato (*McKinsey*, 2011).

La letteratura offre numerosi studi e ricerche dalle quali emerge l'assoluta necessità e l'obbligo di cambiare rotta e imboccare la strada verso una maggiore efficienza nell'uso delle risorse. Tra questi ricordiamo lo scenario progettato dal lavoro dell'UNEP (2017), il quale evidenzia che l'uso delle risorse naturali aumenterà da 85 miliardi a 186 miliardi di tonnellate nei prossimi 35 anni fino al 2050, riflettendo un aumento del 28 % delle dimensioni della popolazione, probabilmente concentrata nelle regioni urbane dell'Africa e dell'Asia e un aumento del 71% del consumo pro capite delle risorse (*UNEP*, 2017). Tale tendenza si ripercuoterà negativamente sull'ambiente con un aumento degli impatti ambientali e climatici qualora non si adottino politiche e misure per un uso più efficiente delle risorse.

La diffusione di un nuovo modello "circolare" di produzione e consumo costituisce quindi elemento di importanza strategica per raggiungere gli obiettivi globali di sostenibilità e garantire un futuro prospero per l'umanità. Il disaccoppiamento assoluto della produzione economica e del benessere sociale dall'uso delle risorse e dell'energia, e dai relativi impatti ambientali deve essere il *principale obiettivo* della politica internazionale.

A tal proposito, numerose sedi internazionali hanno trattato il tema dell'economia circolare e dell'efficienza delle risorse in quest'anni. Segno evidente che il

disaccoppiamento assoluto della produzione economica e del benessere sociale dall'uso delle risorse e dell'energia, e dai relativi impatti ambientali è il *principale obiettivo* della politica per l'efficienza delle risorse.

Di particolare interesse vi sono il Forum delle Risorse Mondiali, sede di dibattito scientifico-accademico; i lavori dell'EREP (Piattaforma dell'Efficienza delle Risorse Europee), l'iniziativa FARO relativa all'efficienza delle risorse nell'ambito del Pacchetto Europa 2020; i lavori dell'Agenzia Europea dell'Ambiente fra i quali il rapporto "Più da meno: efficienza delle risorse materiali in Europa (2016), vertice G7 di Elmau del 2015 e iniziative G7/G20.

Interessante che tutti questi rapporti e studi traggono radice dal Rapporto del Club di Roma (1998) "Fattore 4: Raddoppiare la Ricchezza, Dimezzare l'Uso di Risorse". Si trattava di un concetto che andava oltre le solite indicazioni teoriche di cosa sarebbe più giusto fare per sviluppare un'economia mondiale equa e controllata. Dà, infatti, le indicazioni pratiche da seguire per ridurre l'impatto ambientale senza gravare sul benessere sociale (*MATTM e MSE, 2017*).

Recentemente due eventi storici nel 2015 occupano un posto di primo piano sulle questioni delle risorse: l'agenda 2030 sullo sviluppo sostenibile sottolinea attraverso 17 obiettivi di sviluppo sostenibile che la gestione delle risorse è fondamentale per l'eliminazione della povertà e per il futuro sostenibile e l'accordo di Parigi sul cambiamento climatico conferma che la de-carbonizzazione deve andare di pari passo con il disaccoppiamento della crescita economica dall'uso crescente delle risorse naturali e degradazione dell'ambiente così da realizzare la trasformazione verso un futuro migliore per le generazioni attuali e prossime.

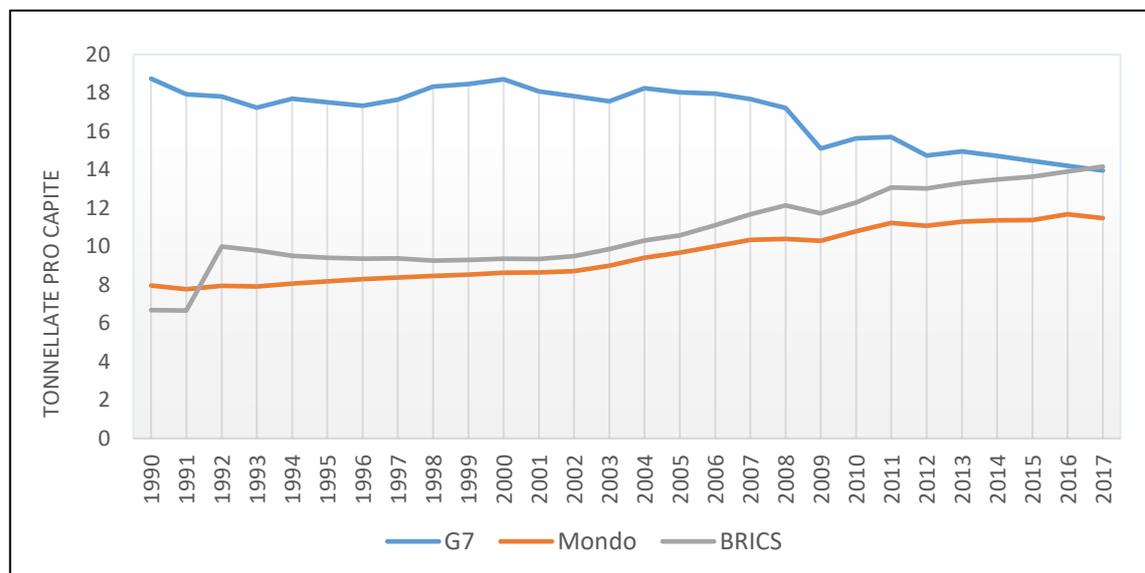
In particolare, l'accordo di Parigi, durante la COP 21 ha visto 195 paesi impegnarsi a mantenere l'aumento globale della temperatura a meno di 2°C al di sopra dei livelli preindustriali.

Proprio per questi motivi che il vertice G7 tenutosi in Germania nel giugno 2015, come parte del loro maggiore impegno a migliorare i loro sforzi per facilitare la transizione verso un modello economico circolare basato sulla gestione sostenibile dei materiali, ha

chiesto ad UNEP-IRP e OCSE di elaborare una relazione per individuare le soluzioni più promettenti per l'efficienza delle risorse per tutti i paesi sviluppati, recentemente industrializzati e in via di sviluppo.

In termini di G7 la necessità della transizione emerge anche dal grafico (*Figura 1.5*) sottostante il quale evidenzia che le economie del G7 industrializzato (Stati Uniti, Giappone, Germania, Regno Unito, Francia, Italia e Canada) tendono ad avere un uso delle risorse (consumo materiale domestico, abbreviato come DMC, misura la quantità totale di materie prime utilizzate direttamente da un'economia ed è definito come la quantità annuale di materie prime prodotte dal territorio nazionale, più tutte le importazioni meno tutte le esportazioni) molto più elevato per dei loro omologhi BRICS (Brasile, Russia, India, Cina, Sud Africa), anche se il divario si è ridotto significativamente negli ultimi anni.

Figura 1.5 Consumo interno pro capite di materiale (DMC) nel G7, nel BRICS e l'economia mondiale, 1970–2017



Fonte: Elaborazione dati UNEP 2020

Il rapporto dell'UNEP-IRP (*UNEP, 2017*) rappresenta una rassegna esemplare sul tema. Analizza i trend storici, presenta una serie di "buone" pratiche, valuta possibili traiettorie future, definisce le principali sfide e opportunità della transizione. Il principale messaggio del rapporto è che muoversi in direzione dell'economia circolare offre vantaggi sia dal punto di vista economico che ambientale. Sottolinea inoltre l'importanza di unire le forze immediatamente e di sostenerla in diversi settori e a più livelli. Invece l'OCSE, nel rapporto "Orientamenti politici sull'efficienza delle risorse" ha inserito studi ventennali di circolarità inerenti alla gestione sostenibile dei materiali, l'efficienza delle risorse e dell'economia circolare da cui derivano utili linee guida sia per l'azione politica che per le imprese. Emerge che il ruolo centrale per la transizione verso il nuovo paradigma è l'innovazione tecnologica di prodotto e di processo, stimolata da adeguati strumenti ed incentivi pubblici (*MATTM e MSE 2017*).

Il design sostenibile, piramide gerarchica nella gestione dei rifiuti, maggiore responsabilità del produttore, l'aumento del valore dei prodotti, ecologia industriale, costituiscono altri tasselli per raggiungere il nuovo modello circolare.

1.6 CONTESTO EUROPEO

L'economia Circolare è un caposaldo della politica europea, dal momento che ha un grandissimo potenziale per trasformare l'attuale economia in una più sostenibile, contribuire al raggiungimento degli obiettivi climatici, preservare le risorse a livello mondiale, creare nuovi posti di lavoro e aumentare la competitività dell'Europa.

In termini di risorse l'economia europea dipende da un flusso ininterrotto di materie naturali, tra cui acqua, colture, legname, metalli, minerali e vettori energetici. Una parte consistente di tali materie è importata. Si tratta spesso di materie prime strategiche, geograficamente concentrate la cui dipendenza in seguito all'aumento della concorrenza globale per le risorse naturali potrebbe diventare sempre più una fonte di vulnerabilità.

Per quanto concerne i rifiuti, al momento, nell'UE vengono utilizzate circa 5 tonnellate di materiali pro capite l'anno. Circa la metà dei rifiuti urbani è riciclato o compostato, con ampie variazioni tra gli Stati membri (*Eurostat, 2016*).

Tornando al contesto politico, l'economia circolare è uno dei programmi centrali della strategia Orizzonte 2020, il più grande programma quadro mai realizzato dall'Unione europea che mira ad una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva in grado di disaccoppiare la produzione economica e del benessere sociale dall'uso delle risorse e dell'energia, e dai relativi impatti ambientali. Frans Timmermans, vicepresidente responsabile per lo sviluppo sostenibile ha dichiarato "L'economia circolare è fondamentale per immettere la nostra economia su un percorso sostenibile e per realizzare gli obiettivi mondiali di sviluppo sostenibile" (*Commissione Europea, 2015*). Timmermans assieme ad altri politici e gruppi di coordinamento è stato supervisore dell'adozione da parte della commissione europea di un ambizioso pacchetto di misure sull'economia circolare⁵ per aiutare le imprese e i consumatori europei a effettuare la transizione verso un'economia più circolare e forte dove le risorse vengono utilizzate in modo più sostenibile. Le 54 azioni chiave del pacchetto prevedono sinteticamente un maggior ricorso al riciclo e al riutilizzo, costituendo "l'anello mancante" nel ciclo di vita dei prodotti, a beneficio sia dell'ambiente che dell'economia.

A distanza di tre anni dalla sua adozione, il piano d'azione per l'economia circolare può essere considerato pienamente completato. Le 54 azioni previste dal piano sono state attuate o sono in fase di attuazione. Secondo la commissione, l'attuazione del piano d'azione per l'economia circolare ha accelerato la transizione verso un'economia circolare in Europa, che a sua volta ha contribuito a riportare l'UE su un percorso favorevole all'aumento dell'occupazione (*Commissione Europea, 2019*).

In relazione al contesto ambientale, in linea con la strategia esistente, nel 2013 è stato approvato il Settimo programma di Azione Ambientale che definisce le coordinate entro le quali proporre le politiche ambientali europee dal 2014 fino al 2020. Il tratto distintivo

⁵ Pacchetto economia circolare, 2015.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/IP_15_6203

è rafforzare la tutela dell'ambiente e delle risorse naturali promuovendo uno sviluppo economico che sia efficiente nell'uso delle risorse e a basse emissioni di carbonio.

Ulteriore data importante è il 22 maggio 2018 come afferma Karmenu Vella, Commissario per l'Ambiente, gli affari marittimi e la pesca: "l'approvazione definitiva delle nuove norme dell'Unione sui rifiuti da parte del Consiglio segna un momento importante per l'economia circolare nel nostro continente" (*Commissione Europea, 2018*)

La data infatti segna il momento nel quale gli Stati Membri dell'Unione Europea hanno approvato una serie di misure ambiziose, in grado di affrontare le sfide future, adeguando la legislazione dell'UE sui rifiuti, nell'ottica più ampia di economia circolare. Le nuove norme, aiuteranno a produrre meno rifiuti e, quando ciò non è possibile, ad aumentare in modo sostanziale il riciclo dei rifiuti urbani e dei rifiuti d'imballaggio. Ridurrà gradualmente la pratica della discarica e promuoverà l'uso di strumenti economici, come i regimi di responsabilità estesa del produttore. La nuova legislazione inoltre rafforza la "gerarchia dei rifiuti", imponendo agli Stati Membri l'adozione di misure specifiche che diano priorità alla prevenzione, al riutilizzo e al riciclaggio rispetto allo smaltimento in discarica e all'incenerimento, facendo così diventare realtà l'economia circolare. Le nuove norme adottate oggi rappresentano la normativa in materia di rifiuti più moderna al mondo, un campo in cui l'UE sta dando l'esempio che altri dovrebbero imitare.⁶

Questo impegno Europeo per la transizione verso l'economia circolare ha generato effetti positivi nel contesto ambientale-economico-sociale. Il pacchetto europeo prevede misure a 365° che riguardano numerose tematiche, dai rifiuti, ai finanziamenti, alla progettazione. Per una panoramica generale della transizione Europea verso il nuovo paradigma, si è analizzato l'evoluzione del tasso di circolarità d'uso (*Figura 1.6*),

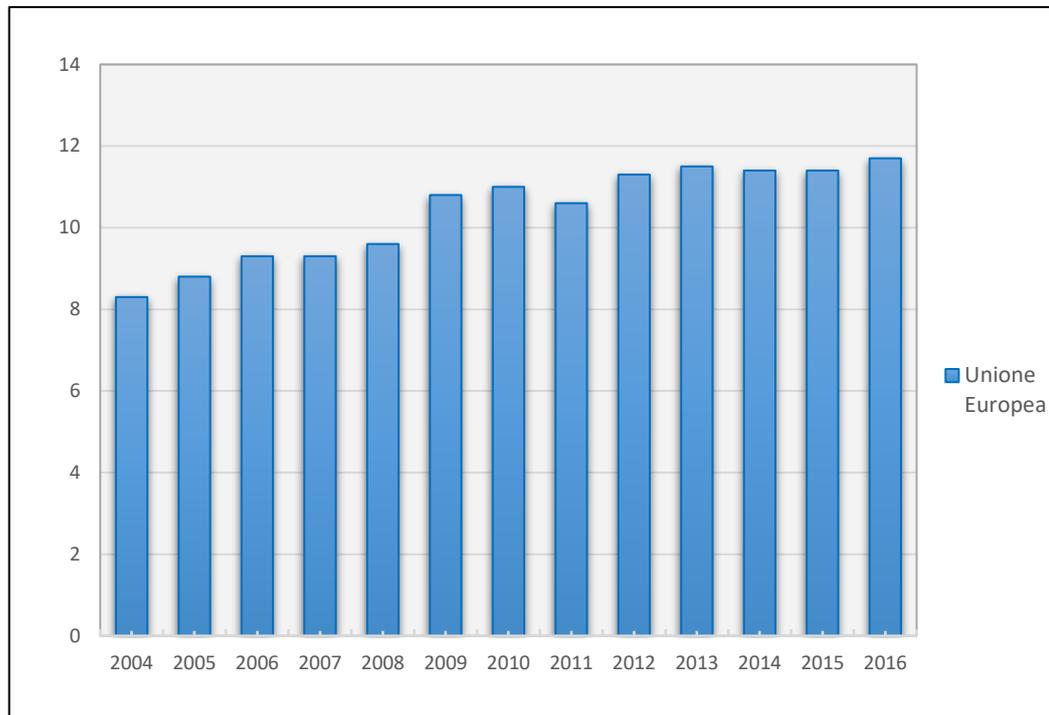
⁶ Rif DIRETTIVA (UE) 2018/851 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti.

il valore degli investimenti (*Figura 1.7*) e il numero degli occupati (*Figura 1.8*), ovvero la capacità indirettamente di ridurre gli impatti ambientali, l'aspetto economico e sociale. Il tasso di circolarità d'uso (CMU) dei materiali nei 28 paesi membri dell'UE, è il nuovo indicatore, elaborato da Eurostat. È utilizzato per monitorare i progressi verso l'economia circolare basandosi sulle materie prime seconde, cioè valutando il contributo dei materiali riciclati nel panorama complessivo dei materiali usati. In buona sostanza, il tasso di circolarità nell'uso di un materiale misura la quota di materiale recuperato e re-introdotta in economia, salvando l'estrazione di materia prima, rispetto a tutti i materiali impiegati. L'indicatore comprende i flussi di materiali ma non quelli di acqua, carburanti fossili e energia.

Si evidenzia che il CMU è in costante aumento, con un solo picco di decrescita registrato nel 2011.

In pratica un alto tasso di CMU significa che le materie prime seconde hanno sostituito in concreto le materie prime, riducendo gli impatti ambientali dell'estrazione di materiali vergini.

Figura 1.6 Tasso di circolarità d'uso (CMU) Europa, 2004-2016

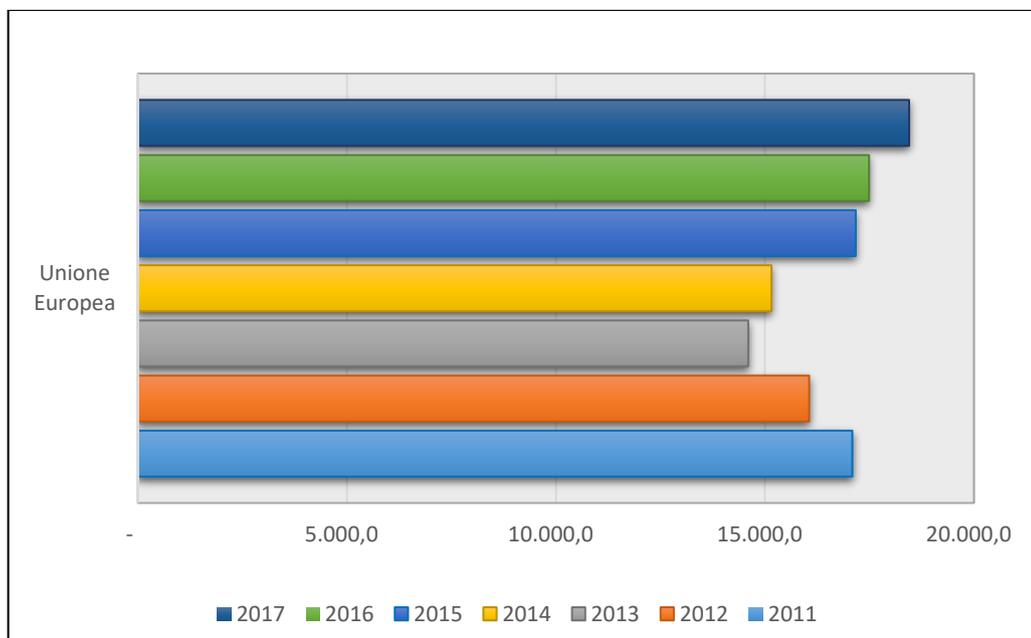


Fonte: Elaborazione dati Eurostat 2019

Oltre all'interessante indicatore Eurostat, il valore degli investimenti privati e il numero di persone impiegate nei settori dell'economia circolare sono di aiuto per inquadrare empiricamente la posizione europea nella transizione verso l'abbandono del modello economico lineare. I settori considerati sono il settore del riciclo, della riparazione, del riutilizzo, noleggio e leasing.

Gli investimenti lordi in beni materiali sono definiti come investimenti effettuati durante l'anno di riferimento in tutti i beni materiali. Sono compresi i beni strumentali materiali nuovi ed esistenti, acquistati da terzi o prodotti per proprio uso (es. produzione capitalizzata di beni strumentali materiali), aventi una vita utile superiore ad un anno includendo beni non tangibili come la terra. Sono esclusi gli investimenti in attività immateriali e finanziarie. Dall'analisi emerge che gli investimenti con un primo trend negativo nel periodo 2011-2014, sono in aumento con un tasso annuo medio di crescita del circa 6 % arrivando nel 2017 a 18.447 milioni di euro.

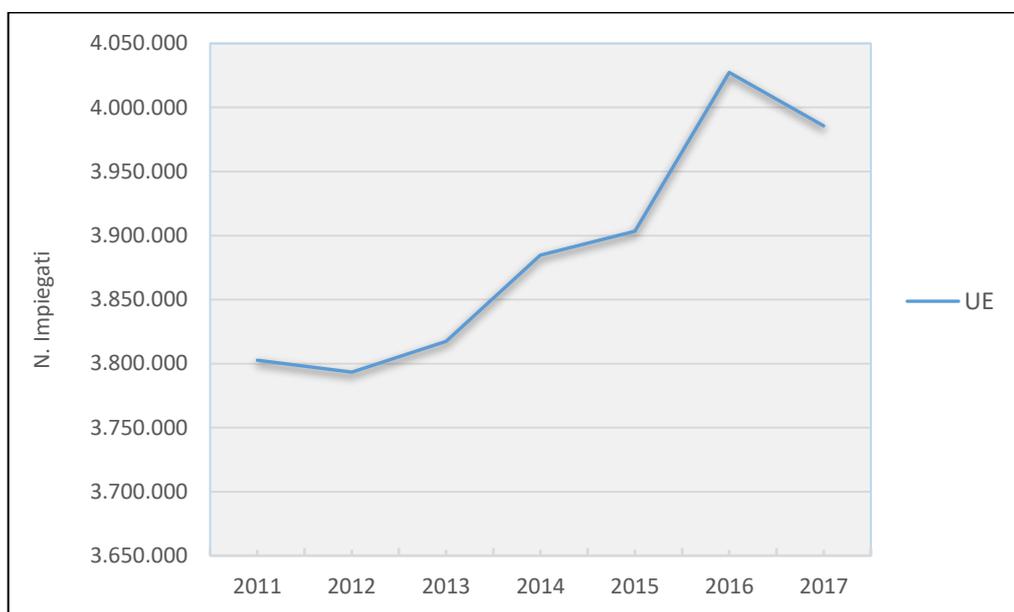
Figura 1.7 Valore degli investimenti nel settore dell’Economia Circolare, Europa,2011-2017



Fonte: Elaborazione dati Eurostat 2019

Per quanto concerne il terzo aspetto considerato, nel 2016, i settori rilevanti per l’economia circolare hanno impiegato più di quattro milioni di lavoratori con un aumento del 12% rispetto al 2012. Ulteriori posti di lavoro sono destinati a essere creati nei prossimi anni al fine di soddisfare la domanda prevista di materie prime secondarie generata da mercati pienamente funzionanti (*Commissione Europea, 2008*).

Figura 1.8 Numero di impiegati nei settori dell’Economia Circolare, Europa, 2011-2017



Fonte: Elaborazione dati Eurostat 2019

1.7 CONTESTO ITALIANO

Nel contesto italiano sin dal secondo dopoguerra, è stato caratterizzato dal rapido incremento di popolazione e miglioramento delle condizioni di vita, è emersa la potenziale contrapposizione tra crescita economica e tutela dell’ambiente.

Nonostante la letteratura illustri la necessità di cambiare rotta, con i relativi vantaggi, la capacità del nostro paese nel raggiungere il nuovo paradigma della circolarità è ancora poco dibattuto nel nostro Paese. Dall’analisi del rapporto (*De Rita et al., 2018*) che indaga sul perché all’Italia conviene l’economia circolare, su un campione costituito da individui con cultura elevata e ruoli professionali avanzati, il 60% di italiani ha una conoscenza poco approfondita dei cardini del paradigma e delle potenzialità che racchiude. È necessario sottolineare una condizione precisa: l’economia circolare si fa solamente attraverso un coinvolgimento massivo di tutti gli attori sociali in gioco.

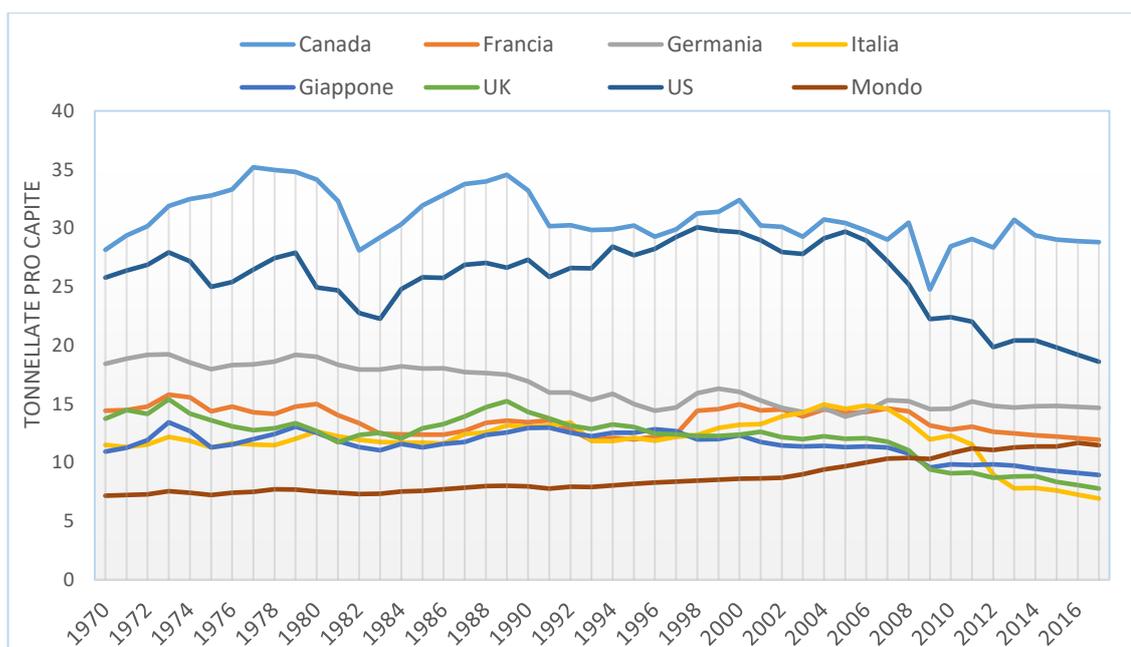
Quindi è evidente che c'è un notevole lavoro da fare in termini di conoscenza e consapevolezza, soprattutto nell'azione di indirizzo dei decisori centrali e nei comportamenti dei cittadini-consumatori. Barriera culturale sostenuta anche nel lavoro (Kirchherr et al., 2018) nel quale sostiene che le principali barriere per una completa implementazione della Ce nell'unione Europea sono la cultura esitante delle imprese e la mancanza di interesse e/o consapevolezza dei consumatori

Nonostante ciò, l'Italia può giocare carte importanti. Dal report (De Rita et al., 2018) emerge che la nostra penisola è un paese di trasformazione privo di risorse naturali con il più basso consumo di materiali grezzi in Europa.

In dettaglio, l'Italia nel 2017 ha un valore di consumo interno pari a circa 7 tonnellate pro capite, il più basso dei Paesi G7 (Figura 1.9) e tra i più bassi in ambito EU28.

Il trend di riduzione negli ultimi anni è stato molto forte, così come anche le importazioni nette di risorse che sono scese dalle circa 225 milioni di tonnellate nel 2005 alle 155 nel 2015 (MATTM e MSE, 2017).

Figura 1.9 Consumo materiale domestico paesi G7 e Mondo, 1970-2017

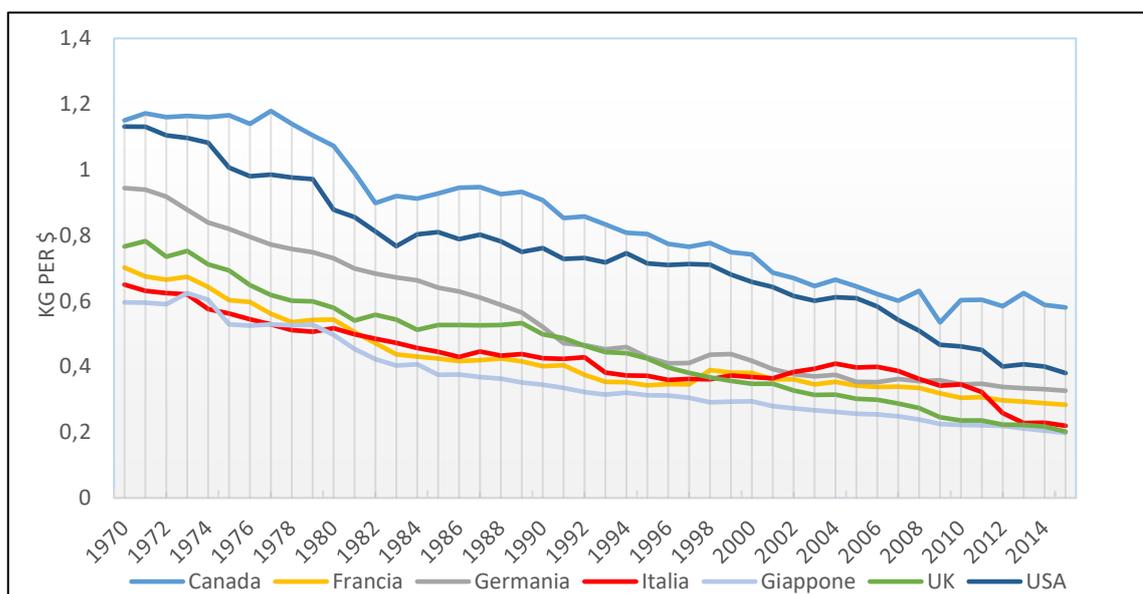


Fonte: Elaborazione dati UNEP 2019

Questo dato dipende da molti fattori strutturali (la densità di popolazione, il clima, i settori economici presenti, il tipo di risorse di cui si dispone), però consente di cogliere la posizione avanzata del nostro Paese per ciò che concerne l'impatto sulle materie prime. In particolare si evidenzia la sostanziale crescita nell'efficienza nell'uso delle risorse.

In termini di risorse si è analizzato il consumo di materiale domestico (DMC) per unità di prodotto interno lordo (PIL), misurato in chilogrammi per \$. Si tratta di una misura delle risorse (ad es. acqua, energia, materiali) necessarie per la produzione, la trasformazione e lo smaltimento di un bene o di un servizio o per il completamento di un processo o di un'attività; è quindi una misura dell'efficienza dell'uso delle risorse (Figura 1.10).

Figura 1.10 Efficienza delle risorse: consumo di materiale domestico (DMC) per unità di prodotto interno lordo (PIL), misurato in chilogrammi per \$. Paesi G7, 1970-2015



Fonte: Elaborazione dati UNEP 2019

In sintesi se i valori sono relativamente elevati indicano un prezzo elevato o un costo ambientale elevato per convertire le risorse in PIL. Una bassa intensità di risorse indica

un prezzo inferiore o un costo ambientale inferiore per convertire le risorse in PIL. Dal grafico si denota una buona efficienza dell'Italia assieme ai paesi Europei quali Regno Unito e Francia. Il Giappone invece dagli anni '60 predomina con il suo sistema efficiente fino all'ultimo anno considerato, ad eccezione di piccoli periodi nei quali viene superato dalla nostra penisola.

In particolare dall'immagine si evidenzia il notevole divario con i due paesi Americani che richiedono il doppio di materiale per unità di prodotto interno lordo. In base all'ultimo dato a disposizione, il 2014, l'Italia con Giappone e Francia attestano i valori più bassi.

Oltre all'efficienza delle risorse e al basso consumo di materiali, dal report si delinea l'ottima capacità dell'Italia di estrarre valore dalle risorse utilizzate. Un importante indicatore di base della "circularità" di un'economia è infatti l'indice di produttività delle risorse, ossia la capacità di generare valore aggiunto contenendone al massimo l'utilizzo. Complice la crisi economica che ha estromesso dal mercato le imprese meno efficienti, l'Italia si colloca oggi ai primi posti tra i paesi europei per quanto concerne la capacità di generare valore a partire dalle risorse impiegate nei processi produttivi (3 euro di Pil per ogni kg di risorse, contro un valore medio europeo di 2,24 €/kg) (*De rita et al., 2018*).

Il quarto elemento da considerare attiene alla crescita costante di tutte le filiere di valorizzazione che si collocano a valle dei processi produttivi e di consumo. Tra i grandi paesi europei, ad esempio, l'Italia si colloca oggi al primo posto per "circolazione" di materiali recuperati all'interno dei processi produttivi (18,5% di riutilizzo contro il 10,7% della Germania). Ben 48,5 milioni di tonnellate di rifiuti non pericolosi sono riciclati (contro i 29 milioni circa di Francia e Regno Unito).

Un ulteriore elemento connesso con il concetto di circolarità riguarda l'attenzione degli italiani per il *second hand*. Nel 2017 il 48% degli italiani ha acquistato o venduto beni usati con una crescita dell'11% rispetto al 2016. Si tratta di un mercato che vale 21 miliardi di euro (1,2% del Pil) (*De rita et al., 2018*).

Una analisi più dettagliata che conferma però l'efficienza delle risorse italiana è quella che emerge dal primo Rapporto nazionale sull'economia circolare in Italia realizzato dal *Circular Economy Network*, la rete promossa dalla Fondazione per lo sviluppo sostenibile, da 13 aziende e associazioni di impresa e da ENEA (agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile) inerente il settore della produzione. L'analisi attiene al confronto della situazione Italiana rispetto alle potenze economie europee quali UK, Germania, Francia, Spagna (*Tabella 1*).

Tabella 1 Confronto sulla circolarità tra Italia e Grandi Economie: Spagna- Francia- Germania-UK, 2019

Confronto sulla circolarità tra Italia e Grandi Economie: Spagna- Francia-Germania-UK			
Settore	Italia	Media Europea	Grandi economie
Produttività delle risorse	3€ PIL /Kg	2,24	Italia al 1° posto
Produttività energetica	10,2 €/PIL	8,5 €/PI	Italia al 2° posto
Quota di energia rinnovabile	18,30%	-	Italia al 5° posto
Benefici socio-economici	> la media UE	-	Italia al 2° posto
Eco- innovazione	10 Punti > media UE	-	Italia al 2° posto
Produzione Rifiuti (complessiva)	22,70%	12,80%	Italia al 5° posto
Riciclo Rifiuti (2016)	45,10%	In linea	Italia al 1° posto
Produzione Rifiuti (2016)	497 Kg/ab	483 Kg/ab	Italia al 5° posto
Smaltimento in discarica	25%	In linea	Italia al 4° posto
Brevetti	n. 15	-	Italia al 5° posto
Investimenti lordi beni materiali	2.201 M €	-	Italia al 5° posto
Occupazione (alcuni settori)	2,05%	-	Italia al 1° posto

Fonte: Elaborazione dati Excel, Brunori et al., 2019

Il presente documento è stato inserito per delineare che la grande efficienza italiana nell'uso delle risorse non precluda l'analisi della circolarità in più settori. Di fatti dal documento la penisola si aggiudica il 5 posto nel contesto delle energie, investimenti, brevetti e nella produzione dei rifiuti complessiva.

In particolare la produzione complessiva dei rifiuti è stata analizzata rispetto al consumo interno dei materiali (DMC). Il valore raggiunge il 22,7%, contro una media europea del 12,8%. Nel 2016 segna la peggiore performance rispetto alle 5 maggiori economie europee con una produzione pro capite di rifiuti urbani di 497 kg/ab (-1,6% rispetto al 2015), contro una produzione media europea di 483 kg/ab.

Performance positiva per quanto concerne invece la gestione dei rifiuti. In Italia il riciclo dei rifiuti urbani nel 2016 è stato pari a 45,1%, in linea con la media europea e al secondo posto, dopo la Germania. La percentuale di riciclo di tutti i rifiuti è invece pari al 67%, nettamente superiore alla media europea (55%) che porta l'Italia al primo posto rispetto alle principali economie europee.

Lo smaltimento in discarica per l'Italia è ridotto al 25%, in linea con la media europea, ma con valori ancora elevati rispetto ad altre realtà come la Germania, la Francia e il Regno Unito. In questo comparto era già stato osservato come l'Italia fosse tra le migliori nell'UE.

Un dato interessante che non viene affrontato dal report Agri-Censis è l'occupazione. L'Italia si pone al primo posto con un'occupazione del 2,05% rispetto all'occupazione totale, anche se si osserva dal 2008 un continuo calo (minimo) che sta portando la Spagna ad insediare la posizione italiana (*Brunori et al., 2019*)

Da quanto descritto l'avvio di una transizione verso l'economia circolare rappresenta non più "necessità" (l'efficienza nell'uso delle risorse, la gestione razionale dei rifiuti) ma una continua "opportunità" per la nostra penisola. L'Italia, Paese tecnologicamente avanzato e da sempre abituato a competere grazie ad innovazione e sostenibilità, deve continuare a muoversi in questa una visione europea di transizione verso un'economia circolare, sfruttare le opportunità e farsi promotrice di iniziative concrete.

INDICATORI: PERCHÉ MISURARE LA CIRCOLARITÀ?

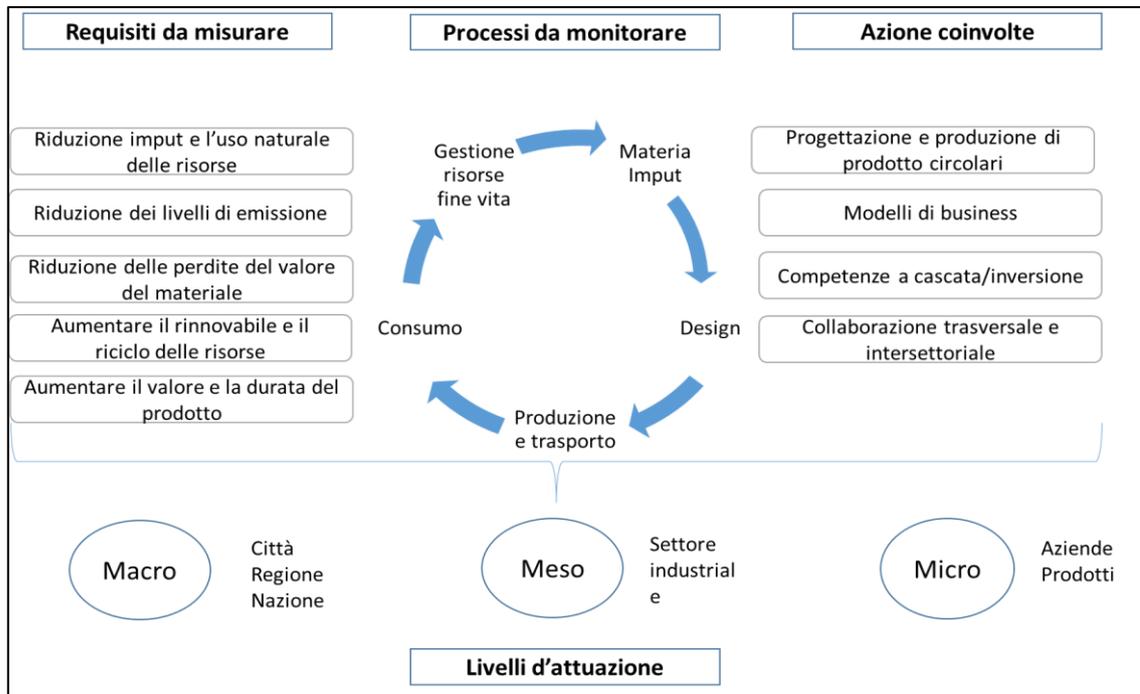
2.1 MISURAZIONE DELLA CIRCOLARITÀ PERCHÉ È NECESSARIA?

La misurazione della circolarità rappresenta un requisito essenziale per il conseguimento di azioni concrete e per il raggiungimento di obiettivi durante la transizione verso un'economia circolare. La mancata misurazione o il compimento di procedure errate e/o imprecise portano a precludere dei riscontri in termini di risultati e di conseguenza di valutazione dei benefici e di salvaguardia delle risorse.

Al fine di definire un efficace processo di misurazione verso l'adozione di questo paradigma, determinate questioni e tematiche devono essere approfonditamente valutate e analizzate.

In merito alle relative tematiche un interessante visione e sintesi generale ci è fornita dall'articolo: "Misurazione delle strategie dell'economia circolare attraverso metodi di indicatori: un'analisi critica" (Elia et al., 2017). Il quadro individuato per supportare la misurazione della circolarità come si osserva dalla figura (Figura 2.1) è costituito da quattro livelli: *i processi per monitorare, le azioni interessate, i requisiti da misurare, e, infine, i livelli di implementazione.*

Figura 2.1 Quadro per la misurazione e monitoraggio dell'economia circolare



Fonte: Elia et al., 2017 (modificato)

Le prime tre categorie (requisiti, processi e azioni) individuano sinteticamente i mezzi e fini del nuovo paradigma. Brevemente l'input materiale, la progettazione, la produzione, il consumo e la gestione delle risorse a fine vita costituiscono l'esatto emblema della circolarità ad anello chiuso a cui mira dall'economia circolare. Le prestazioni di questi processi devono essere monitorate per valutare la circolarità nel sistema complessivo di analisi. Le quattro azioni coinvolte inserite nel quadro generale non sono state elaborate dagli autori dell'articolo pocanzi menzionato ma gli stessi le hanno dedotte da una recente relazione proposta da Ellen MacArthur Foundation (2013), che le ha definite "elementi di base" per sostenere l'adozione del paradigma. La terza categoria, di notevole importanza in quanto delinea i requisiti da misurare, è stata ricavata dal report "Economia circolare in Europa: lo sviluppo di conoscenze basi" (EEA, 2016).

Per quanto concerne la 4° categoria, i livelli di attuazione, si possono osservare tre diverse livelli, i quali predispongono diverse realtà, partendo da quella nazionale fino ad

arrivare al singolo prodotto di un'ipotetica piccola azienda. I tre livelli di riferimento relativamente alla loro applicabilità nel dettaglio sono:

- livello Macro: sistema Paese;
- livello Meso: aree industriali, filiere produttive e dei materiali, territori, regioni, distretti industriali, aree metropolitane, etc.;
- livello Micro: singola impresa, singola unità amministrativa (ad esempio Comune).

Ciò deriva dalla necessità di evitare che ci sia un'eccessiva generalizzazione nell'applicazione degli indicatori di circolarità e quindi far sì che siano più funzionali ed idonei non solo a livello di paese, soprattutto, in termini di comparti merceologici, filiere produttive ed aree geografiche.

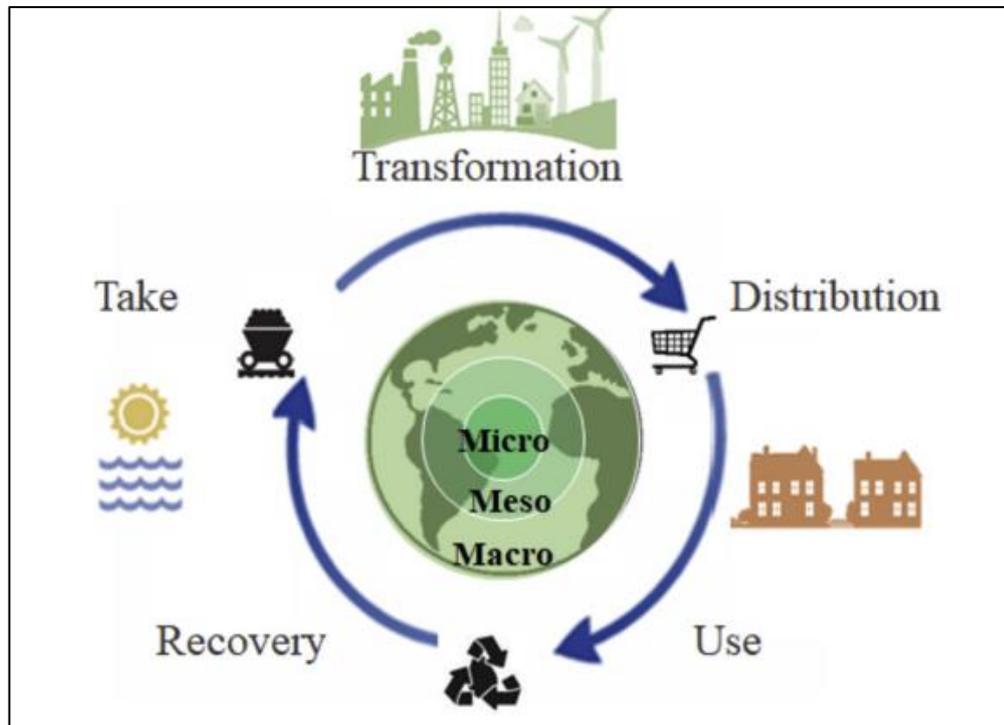
Questa esigenza è emersa in modo particolare dai risultati dei progetti pilota svolti da aziende italiane le quali hanno più volte evidenziato la necessità di indicatori in grado di misurare la circolarità specifica del prodotto, dell'azienda, del settore, della filiera (*MATT e MSE, 2018*)

Nel dettaglio, a livello micro, o impresa, le aziende sono concentrate sui propri processi di miglioramento e sviluppo di eco-innovazione. Inoltre, a questo livello c'è un rapporto positivo tra livello di maturità della gestione ambientale dell'azienda e la sua disponibilità ad attuare strategie connesse alla CE a causa dell'impatto positivo sul pensiero i consumatori e le conseguenti riduzioni dei costi.

A livello meso, si parla di simbiosi industriale, cioè di una collaborazione innovativa tra le aziende, in modo tale che i rifiuti prodotti da una di esse vengano valorizzati come materie prime per un'altra. Questa cooperazione a livello locale o più ampia può ridurre la necessità di materie prime vergini e lo smaltimento di rifiuti chiudendo così il ciclo dei materiali.

Infine, il macro livello è fortemente focalizzato sullo sviluppo di eco-città, eco-comuni o eco-province attraverso lo sviluppo di politiche ambientali e influenza istituzionale (*Figura 2.2*) (*Prieto-Sandoval et al., 2018*).

Figura 2.2 I tre livelli dell'economia circolare



Fonte: *Prieto-Sandoval et al., 2018*

Per conseguire una misurazione al più possibile veritiera e razionale, si deve cercare continuamente di adottare un approccio sufficientemente flessibile, in tutti e tre i livelli, garantendo conseguentemente una più ampia applicabilità. Ogni realtà è diversa, a partire dalla nazione fino ad arrivare alla più piccola unità amministrativa. La soluzione ideale, pur non facile, sarebbe quella di sviluppare indicatori di circolarità per settore produttivo e specifici per tipologia di prodotto o di attività.

Il concetto chiave che emerge dal quadro generale è che la misurazione dell'economia circolare passa dunque attraverso la misurazione degli aspetti fisici ed economici dei 3 livelli in esame.

In una valutazione completa e sistematica, e caso per caso, andrebbero tuttavia inclusi nell'analisi anche il complesso degli aspetti ambientali e sociali che sono tra loro strettamente correlati e che caratterizzano un sistema economico circolare rispetto ad un sistema economico lineare.

Tuttavia, vista la complessità degli strumenti e delle articolate analisi richieste per valutare il complesso degli aspetti ambientali e sociali (LCA, ACB, disponibilità delle risorse, etc.), le raccomandazioni ministeriali (*MATT e MSE, 2018*) suggeriscono gli aspetti fisici ed economici quali parametri direttamente misurabili.

- La misurazione della circolarità delle attività economiche e delle azioni da loro intraprese prevede l'utilizzo di bilanci standardizzati e verificabili. Sono strumenti di fondamentale importanza perché permettono di valutarne con certezza le prestazioni, che dovrebbero costituire la base per la definizione di nuove priorità verso l'obiettivo a lungo termine di un'economia circolare. I risultati del monitoraggio permettono di migliorare il processo decisionale, promuovere una maggiore efficienza e dovrebbero essere fonte di ispirazione per orientare le nuove azioni, pertanto è necessario definire precisi riferimenti di misurabilità dell'economia circolare.

- A strumenti ed indicatori di tipo economico vanno affiancati strumenti ed indicatori in grado di misurare la parte fisica dell'economia circolare, cioè i flussi di materia ed energia, relativi ad un sistema economico (o ad un prodotto/servizio) qualunque esso sia.

Sia in ambito economico che fisico quindi è necessario dare concretezza e riferimenti *univoci* alle azioni perseguite o da perseguire così da dimostrare empiricamente i risultati ottenuti dalle azioni stesse in termini di sostenibilità economica ed ambientale nella gestione delle risorse.

Per concludere, la misurazione e sviluppo degli indicatori richiede che siano sottolineati due concetti chiave. Il primo è prestare attenzione al termine "economia". Nonostante si tratti di un nuovo paradigma, non possiamo svincolarsi dal fatto che l'economia determina il funzionamento del mercato e quindi è essenziale che l'economia circolare prenda riferimento le stesse regole. Ricordiamo che la nuova filosofia economia riguarda l'intera economia assieme ai settori correlati, pertanto il secondo concetto chiave è che "non esiste un indicatore unico ed universale che consenta di cogliere adeguatamente la complessità e i molteplici aspetti della transizione verso l'Economia Circolare. La ricognizione delle diverse esperienze ed il loro confronto consentono la discussione sui

migliori approcci e facilitano la replicabilità sulla base delle specificità delle attività da monitorare” (ICESP, 2018).

2.2 STATO DELL'ARTE DEGLI INDICATORI

Numerose sono le iniziative attualmente in corso a livello internazionale, europeo e nazionale per lo sviluppo di indicatori da utilizzare e preferibilmente adattare nei tre livelli di attuazione individuati nella misurazione della circolarità.

Prima di delineare lo stato dell'arte, è doveroso enfatizzare, sinteticamente, che nello sviluppo di un indicatore, che cosa e come misurare è oggetto di dibattito in quanto la definizione è ambigua, e gli indicatori potrebbero portare a conclusioni diverse o addirittura incoerenti.

Terminata la premessa, diversi ricercatori e studiosi hanno effettuato indagini sul Web Science (servizio di indicizzazione di citazioni scientifiche basato su abbonamento online che fornisce una ricerca completa delle citazioni), Science Direct (sito Web che offre accesso in abbonamento a un ampio database di ricerca scientifica e medica) e altri database accademici come Google Scholar combinando le parole chiave “economia circolare” con gli “indicatori”, “misura” e “valutazione”, tra le opere pubblicate negli ultimi 10 anni. Tra gli articoli così selezionati, sono stati presi in considerazione solo quelli chiaramente focalizzati su indici basati su metodologie o su set di indicatori che valutano le prestazioni delle strategie dell'economia circolare. Il numero finale di articoli emerso è stato pari solamente a 16, poi suddivisi in base ai requisiti CE (Elia et al., 2017).

In letteratura, un ulteriore documento di notevole importanza a cui si è fatto poi riferimento è il report: “Strumenti per la misurazione dell'economia circolare”, (ICESP, Gdl 3, 2018) in quanto delinea un eccellente lavoro di analisi, sintesi e individuazione delle attuali e principali iniziative che mirano alla circolarità e sostenibilità, più precisamente 13, con le relative metodologie, set di indicatori e tabelle sinottiche.

Infine una minuziosa illustrazione sul quadro di classificazione e utilizzo degli indicatori emerge dall'articolo: “Indicatori di economia circolare: Cosa misurano?” (Moraga et al.,

2019). Nel dettaglio l'analisi ha visto come oggetto indicatori scala micro selezionati dalla letteratura e indicatori scala macro selezionati dal "quadro di monitoraggio dell'economia circolare" dell'Unione Europea. Gli indicatori sono stati ripartiti in 6 strategie di economia circolare ispirate alla scala gerarchica di Potting (*Potting et al., 2018*) le quali mirano a preservare le funzioni, prodotti, componenti, materiali o l'energia incorporata. L'ultima strategia concerne la misurazione dell'economia lineare come scenario di riferimento. Parallelamente alle strategie gli indicatori sono stati classificati in base a tre diversi scopi considerando il loro approccio LCT⁷ e il livello di modellizzazione (cicli tecnologici e loro catena causa-effetto).

2.2.1 Aspetto micro

Non esiste un modo comunemente accettato di misurare l'economia circolare in generale a livello micro (*Kristensen e Mosgaard, 2019*) e la classificazione degli indicatori deve considerare la non univocità del concetto. Soprattutto il concetto di circolarità comprende molte dimensioni, e un indicatore sarebbe difficilmente in grado riassumerli tutti. Di conseguenza ogni ricercatore ha finora utilizzato diverse metodologie per la misurazione della circolarità, valutando e/o apportando modifiche su studi precedenti. A questo occorre aggiungere che le strategie dell'economia circolare a cui si fa riferimento sono ampiamente definite nella letteratura scientifica. Tuttavia, non esiste una definizione consensuale di ogni strategia che promuove la CE.

Delle ricerche analizzante, nonostante il grande interesse da parte delle istituzioni e ricercatori, i diversi autori fanno emergere che la misurazione della circolarità è *ancora nelle prime fasi e che molto deve essere ancora fatto per consentire una misurazione della circolarità a livello micro*, anche se per quest'ultimo aspetto alcune aziende hanno elaborato propri indicatori, che potrebbero essere applicabili anche ad altre realtà industriali (*Tabella 2. 1.2.3*)

⁷ LCT è la capacità di esaminare prodotti o servizi durante i cicli di progettazione, produzione, consumo, uso e smaltimento, comprese le interazioni con la sostenibilità.

Tabella 2.1 Indicatori che misurano l'economia circolare a livello micro e legenda

	Scopo 0	Scopo 1	Scopo 2
CE Strategie	Cicli tecnologici senza LCT	Cicli tecnologici con LCT	Modellizzazione causa-effetto con/senza LCT
1 Funzioni			
2 Prodotto	eDiM	TRP - Longevity - MCI	EVR PLCM SCI
3 Componenti	eDiM	TRP	
4 Materiale	CR RR RIR EOL-RR OSR	NTUM Longevity MCI LMA CIRC	PLCM SCI GRI CEI CPI VRE Displacement
5 Energia incorporata		MCI	CPI CSI
6 Scenario di riferimento		MCI Longevity	SCI

Codice indicatore	Nome indicatore	Riferimenti bibliografico
eDiM	Facilità di smontaggio	Vanegas et al., 2018
RR	Tasso efficienza riciclo	Graedel et al., 2011
CR	Tasso raccolta rottami	Graedel et al., 2011
EOL-RR	Tasso riciclo fine vita	Graedel et al., 2011
RIR	Tasso riciclo input	Graedel et al., 2011
OSR	Tasso vecchi rottami	Graedel et al., 2011
Longevity		Franklin et al., 2016
MCI	Indicatore circolarità materiale	EMF, 2015
PLCM	Livello circolarità prodotto	Linder et al., 2017
CPI	Indicatore performance circolarità	Huysman et al., 2017
CEI	Indice economia circolare	Di Maio and Rem, 2015
VRE	Efficienza risorse basata sul valore	Di Maio et al., 2017
EVR	Rapporto costi-benefici ecologico	Scheepens et al., 2016
NTUM	Numero d'uso del materiale	Matsuno et al., 2007
CIRC	Indicatore circolarità materiale	Pauliuk, 2018
TRP	Totale prodotti restaurati	Pauliuk, 2018
LMA	Durata dei materiali antroposfera	Pauliuk, 2018
Displacement		Zink et al., 2016
SCI	Indicatore circolare sostenibilità	Azevedo et al., 2017
GRI	Indicatore risorse globali	Adibi et al., 2017

Fonte: Elaborazione Excel, *Moraga et al., 2019*

Tabella 2.2 Tabella sinottica relativa alle iniziative analizzate nel documento ai pilastri dell'economia circolare

Livello	Autore/i	Input ⁸	Prodotto come servizio	Condivisione uso e consumo	Estensione vita utile riutilizzo e riparazione	Output ⁹	
Macro	Agenda 2030 International Resource Panel * ¹⁰	✓				✓	
	Circle Economy * Monitoraggio dell'EC*	✓	✓	✓	✓	✓	
	Resource efficiency Raw Materials scoreboard	✓				✓	
	Conti ambientali* Tavolo MATTM - MiSE** ¹¹	✓	✓	✓	✓	✓	
	Circula economy network	✓	✓	✓	✓	✓	
	Micro	Enel	✓	✓		✓	✓
		Novamont	✓				✓
		Ellen MacArthur	✓			✓	✓

Fonte: Elaborazione dati excel, ICESP, Gdl 3, (2018)

⁸Input = Materie prime, Materie prime seconde, Sottoprodotti, Progettazione, Produzione e distribuzione

⁹Output= Raccolta e gestione rifiuti, Sottoprodotti, End of waste, Preparazione per il riutilizzo, Recupero e riciclaggio rifiuti, Utilizzo dei sottoprodotti

¹⁰ * applicabili a livello meso con opportune modifiche

¹¹ ** applicabile a tutti e tre i livelli

Figura 2.3 Analisi stato dell'arte sulla misura dell'economia circolare

Livello	Autore/i	Riduzione input e R.N.	Aumento tasso rinnovabili	Riduzione emissioni	Riduzione perdite	Durata prodotto
Macro	Moriguchi (2007)	✓	✓			
	Haas et al. (2015)	✓	✓			
	Geng et al. (2012)	✓			✓	
	Guo-gang (2011)	✓	✓	✓	✓	
	Guogang and Chen (2011)	✓	✓	✓	✓	
	Qing et al. (2011)	✓	✓	✓	✓	
	Geng et al. (2009)	✓			✓	
	Zaman and Lehman (2013)			✓	✓	
	Su et al. (2013)	✓	✓	✓	✓	
Meso	Li and Su, (2012)	✓		✓	✓	
	Genovese et al. (2015)	✓	✓	✓	✓	
	Wen and Meng (2015)	✓			✓	
	Scheepens et al. (2016)					
Micro	Ellen MacArthur (2015)	✓	✓		✓	✓
	Di Maio and Rem, 2015		✓			
	Park and Chertow (2014)		✓			

Fonte: Elaborazione excel, V. Elia et al., 2017

Si osserva che dei 16 articoli inerenti alla misurazione della circolarità emersi dal lavoro di Elia et al., (2017), dai 12 indicatori descritti dal lavoro del ICESP, Gdl 3, (2018) e dei 20 documenti selezionati dall'analisi di Moraga et al., (2019), rispettivamente solo 3, 4 e 20 riguardano l'analisi dell'aspetto micro.

Oltre a ciò si delinea che all'interno dell'esiguo numero di indicatori a livello micro, l'indicatore MCI (Indicatore della circolarità del materiale) è riportato in tutti e tre gli studi.

Assieme ad una esigua ricerca sull'aspetto micro, emerge che nella elaborazione degli indicatori di circolarità, alcuni aspetti dell'economia circolare devono essere ancora approfonditi: tra gli studi analizzati, nessun indicatore riesce a soddisfare tutti i livelli dell'economia circolare. Infatti, si concentrano su input e output ai sistemi produttivi (siano essi a livello macro, meso e micro), mentre pochi prendono in considerazione gli altri requisiti dell'economia circolare (Prodotto come servizio, Condivisione, uso e consumo, Estensione vita utile, Riutilizzo e riparazione). Anzi spesso si concentrano solo su un unico aspetto, nel dettaglio, la conservazione dei materiali, come emerge dal lavoro di Moraga et al., (2019).

Un ulteriore lavoro di revisione di indicatori a livello micro (*Kristensen e Mosgard, 2019*) delinea come la maggior parte degli indicatori si sia concentrata sul riciclo, sulla gestione a fine vita o sulla rigenerazione, mentre un minor numero di indicatori considerano lo smontaggio, l'estensione della vita utile, la gestione dei rifiuti, l'efficienza delle risorse o il riutilizzo. Concentrandosi su poche dimensioni o addirittura una singola dimensione (es. l'uso delle risorse) si va incontro ad una limitazione nella valutazione dei modelli CE, lasciando fuori altri fattori importanti, quali le emissioni e l'uso di energia.

CIRCULARITÀ IN AGRICOLTURA

3.1 INTRODUZIONE

Il principale obiettivo della politica agricola europea (PAC) degli anni '50-60 era assicurare il fabbisogno alimentare a tutti i cittadini europei. Per questo motivo occorreva aumentare le rese, migliorare l'utilizzo dei fattori della produzione, aumentare la produttività del lavoro, recuperare tutti i terreni coltivabili, anche quelli meno fertili e quelli che potevano essere oggetto di bonifica. Gli agricoltori sono stati incoraggiati senza sosta a massimizzare la produttività mediante fattori di produzione agricoli quali combustibili fossili, pesticidi, fertilizzanti minerali, mangimi importati, miglioramento della genetica vegetale e animale, macchinari avanzati e nuove tecnologie, inconsapevoli di alimentare incessantemente il modello lineare consumistico a discapito delle risorse naturali.

L'attuale sistema alimentare globale ha un enorme impatto ambientale. È responsabile di circa un quarto di tutti i gas a effetto serra emessi dall'attività umana, favorisce la deforestazione e la perdita di biodiversità, inquina le acque dolci e marine occupando il 40% del ghiaccio e della terra deserta (*Poore e Cemenek, 2018*). Di conseguenza, il modo in cui produciamo cibo è diventato un punto di conflitto e dibattito politico in tutto il mondo. A queste vanno aggiunte una serie di questioni che generano preoccupazione quali le dimensioni dell'azienda, la redditività dell'azienda agricola, il benessere degli animali e rischio per la salute umana di zoonosi e alimenti trasformati. Purtroppo è ampiamente noto che i limiti fisici della Terra hanno ormai stabilito confini massimi per tutte le attività economiche umane (*Fischer et al., 2007*). Storicamente, le società si sono adattate ai vincoli delle risorse locali sviluppando modelli di consumo alimentare adattati al clima locale e le condizioni del suolo. Tuttavia, in tempi moderni, i rapidi cambiamenti di preferenze alimentari dovuti alla globalizzazione, così come il cambiamento climatico, rendono molto difficile per l'uomo adattarsi e soddisfare le esigenze alimentari. La sfida chiave nei prossimi decenni sarà produrre cibo abbastanza

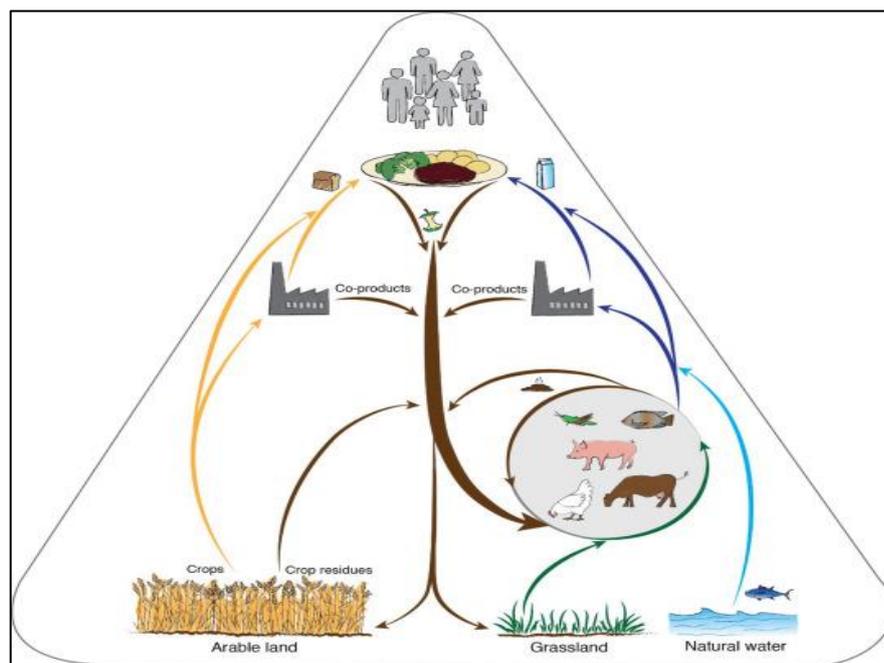
sicuro e nutriente per le popolazioni future senza l'esaurimento delle risorse o la distruzione degli ecosistemi della Terra, in altre parole, senza l'esaurimento delle risorse biologiche e fisiche del pianeta. È qui che entra in gioco la necessità della circolarità in agricoltura.

L'economia circolare agricola è una combinazione organica di coltivazione, silvicoltura, allevamento e pesca in accordo con il mondo naturale il cui obiettivo è apportare benefici economici ed ecologici, strettamente correlati, mediante un approccio efficiente di risorse ed energia. Il paradigma dell'economia circolare applicato al contesto agro-alimentare verte nella riduzione della quantità di rifiuti generati nel sistema alimentare, riutilizzo di cibo, utilizzo di sottoprodotti e rifiuti agricoli, tecniche agricole efficienti per il riciclaggio dei nutrienti e cambiamenti nella dieta verso modelli alimentari più diversi e più efficienti, spesso anche il vegetarianismo. L'analisi del sistema alimentare mostra che l'uso delle risorse naturali e le emissioni associate ai moderni sistemi possono essere sostanzialmente ridotti spostando verso un sistema alimentare circolare (De Boer et al., 2018). In linea con questi principi la transizione verso questo modello circolare richiede la ricerca di pratiche e tecnologie che riducono al minimo l'apporto di risorse limitate, incoraggiando l'uso di quelle rigenerative che prevengono la fuoriuscita di elementi (ad es. carbonio, azoto, fosforo, acqua) dal sistema agro-alimentare, e che stimolano il riutilizzo e il riciclo delle inevitabili perdite di risorse in un modo da ottenere il massimo valore per il sistema alimentare.

La circolarità nella produzione vegetale e animale presume che la biomassa vegetale sia alla base del nostro sistema alimentare e che dovrebbe essere utilizzata principalmente per la produzione di alimenti umani (Van Zanten et al., 2019). Questo perché il terreno viene utilizzato per produrre mangimi di alta qualità che noi esseri umani potremmo anche mangiare, come i cereali, con conseguente concorrenza per la terra e altre risorse naturali tra mangimi e la produzione di cibo. Tuttavia la produzione e consumo di alimenti da fonti vegetali genera un certo numero sottoprodotti, come i residui delle colture, coprodotti della trasformazione alimentare industriale, perdite di cibo e rifiuti. In primo luogo è necessario un'efficiente strategia di prevenzione che consiste

nell'evitare che grandi quantità di sottoprodotti alimentari edibili non rientrino nel ciclo dei nutrienti e dei materiali e quindi vengano perduti irreversibilmente. I sottoprodotti edibili, ogni qualvolta sia possibile, dovrebbero essere inclusi nella dieta umana. Solo quando tutte opzioni sono terminate, dovrebbero essere riciclati nel sistema alimentare, insieme a sottoprodotti non commestibili per l'uomo, con lo scopo di fertilizzare e garantire buona qualità per i suoli che sono alla base dell'agricoltura. Successivamente, suini, pollame, pesce d'allevamento ed insetti possono utilizzare i sottoprodotti e convertirli in alimenti e letame, ed eventuali residui possono andare in digestione anaerobica (biogas) (Figura 3.1).

Figura 3.1 Concetto biofisico del ruolo degli animali nel sistema alimentare circolare



Fonte: Van Zanten et al., 2019

Pensiamo ad esempio ai ruminanti i quali sono in grado di creare valore nutrizionale dai pascoli convertendo i prodotti vegetali in latte, carne e letame. Il ruolo degli animali da allevamento nel sistema agricolo circolare difatti dovrebbe essere incentrato sulla

conversione di sottoprodotti che l'uomo non può o non desidera mangiare in prodotti di alto valore come il cibo (carne, latte, e uova), letame e vari servizi eco-sistemici. Convertendo questi flussi di biomassa, animali da fattoria riciclano nutrienti all'interno del sistema alimentare che altrimenti si sarebbero persi nel processo di produzione alimentare.

Tutti questi prodotti contengono carbonio e preziosi nutrienti, anche se in rapporti molto diversi, che li rende preziosi come fonte di energia o proteine, micronutrienti o materiale strutturale. La scelta delle nostre colture future e la loro rotazione dovrebbero quindi essere basata/ basarsi sui principali sottoprodotti e sul loro valore alimentare per l'uomo e sul valore non alimentare per il suolo o gli animali d'allevamento.

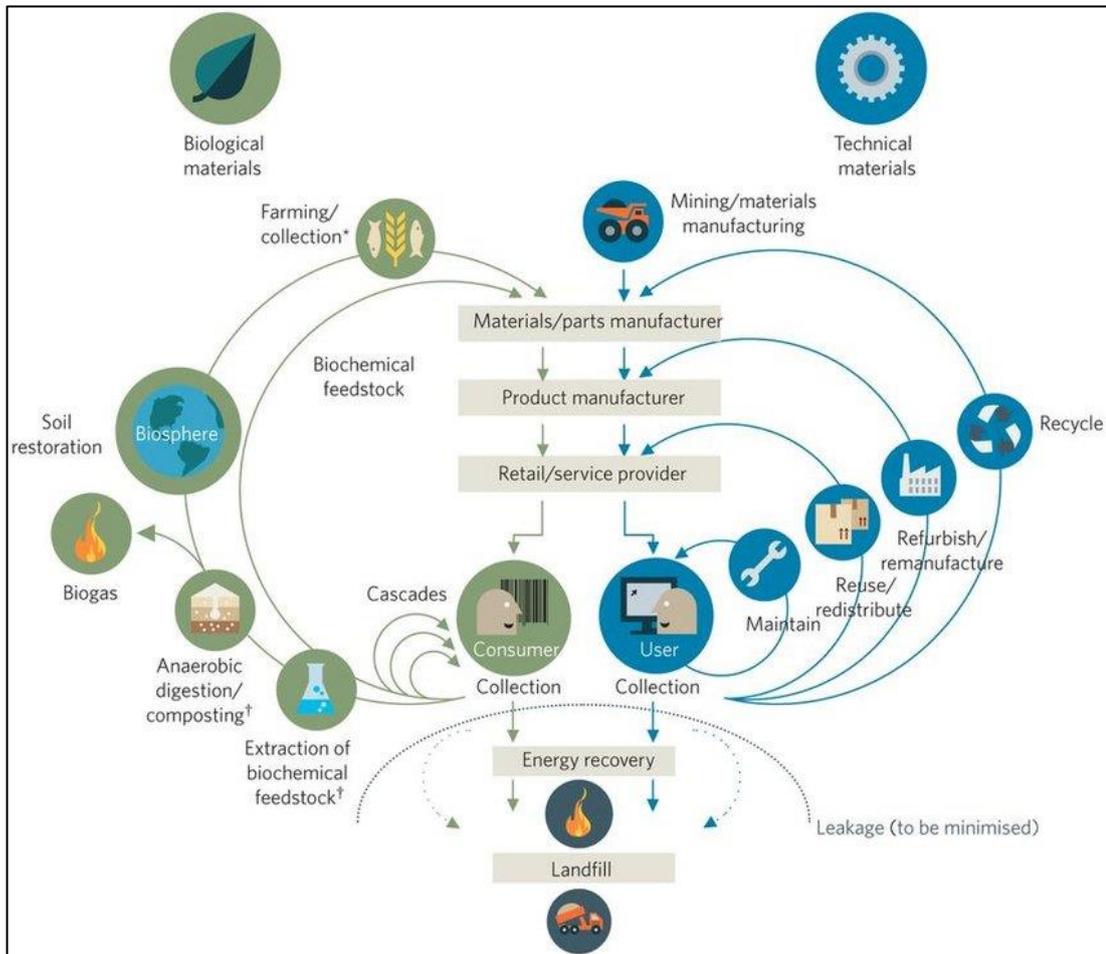
Nel contesto della chiusura del ciclo dei nutrienti, dalla letteratura scientifica spesso si traduce che il settore zootecnico è associato al ciclo biologico, ciclo nel quale i materiali sono completamente reintegrati nella biosfera o con minime perdite. Dal momento che l'agricoltura opera direttamente nella biosfera, automaticamente il settore zootecnico viene considerato più circolare di un processo tecnico e in pratica, con accezioni positive, la patria del metabolismo biologico. Tuttavia, questo non è sempre vero, alcune settori agricoli, come la produzione intensiva di polli da carne, ad esempio, utilizza un tasso di risorse piuttosto elevato, che non è tutto convertito in prodotti commestibili o rimesso in circolo, ma si traduce invece in una produzione dispendiosa (Rocchi, 2018). Difatti anche se l'agricoltura tradizionale incorporava il riutilizzo ciclico dei sottoprodotti, l'attuale modello di agricoltura industriale è diventato molto più lineare, consumando materiali e smaltendo rifiuti (Chertow, 2000). L'attenzione esclusiva alle rese produttive, parallela all'attenzione esclusiva alla dimensione quantitativa del consumo, ha consolidato anche in agricoltura il modello dell'economia lineare, tipico del processo industriale, ovvero un'economia per la quale il valore si genera solo dallo scambio di mercato e per la quale il processo di produzione si esaurisce nel momento in cui il prodotto viene venduto.

Il documento "La circolarità nella produzione agricola "(De Boer et al., 2018) fornisce una base scientifica e delinea come l'agricoltura possa essere un terreno fertile per

l'economia circolare: dal settore primario arrivano reflui zootecnici, scarti alimentari e delle colture, una miniera rinnovabile per il recupero di elementi che giocano un ruolo centrale per il suolo come fosforo, azoto e potassio, ma anche biogas e ammendanti. Però in parallelo evidenzia come il settore zootecnico, così come la coltivazione di piante come le alghe, richiedano specifici studi agronomici-biologici e tecnologie efficienti per evitare le perdite inevitabili del settore agricolo e tentare quindi far rientrare i nutrienti all'interno del ciclo dei nutrienti.

Per comprendere meglio il concetto biologico, nel paradigma dell'Economia Circolare esistono due tipi di cicli: quello tecnico e quello biologico (*McDonough e Braungart, 2002*). Nei cicli biologici i materiali non tossici vengono ripristinati nella biosfera durante la ricostruzione del capitale naturale, dopo essere stato incanalato in diverse applicazioni. Nei cicli tecnici, i prodotti, i componenti e i materiali vengono restaurati nel mercato con la massima qualità possibile e per il più a lungo possibile, attraverso la riparazione e manutenzione, riutilizzo, ristrutturazione, rifacimento e riciclaggio finale. La figura (*Figura 3.2*) delinea come i prodotti tecnologici e biologici e il ciclo dei nutrienti passano attraverso il sistema economico, ciascuno con il proprio set di caratteristiche.

Figura 3.2 Economia circolare. Sistema industriale ristorato dal design



Fonte: Ellen MacArthur Foundation

Il sistema agricolo in generale è più complesso del sistema industriale ed è più difficile da controllare da parte dell'essere umano: le produzioni e la qualità dei prodotti agricoli dipendono dalle condizioni delle aziende agricole; ogni sistema genera determinate funzioni ecologiche; la produzione agricola è diversa a seconda dell'indirizzo produttivo; l'input-output di materiali ed energia non è facile da dividere. In particolare si delinea come la zootecnia vista la sua complessità ed eterogeneità gestionale non può essere semplicemente associata ad un ciclo biologico, ciclo nel quale i nutrienti seguono essenzialmente una via: dopo l'estrazione, sono sottoposti a digestione anaerobica, quindi compostati e/o biogas tornando in biosfera e chiudendo il ciclo dei nutrienti e

materiali. Il settore contiene intrinsecamente delle perdite dal sistema. Inoltre, si ribadisce come nei sistemi intensivi tale circolarità si sia persa per avvicinarsi di più ad una produzione di tipo industriale.

Questo concetto della netta separazione tra metabolismo biologico e metabolismo tecnologico trae le sue origini da William McDonough and Michael Braungar, autori del modello Cradle to Cradle (talvolta abbreviato in C2C, in italiano dalla culla alla culla) il cui principio è che i materiali sia tecnici che biologici si “nutrono” a vicenda per poter essere continuamente riutilizzati all’interno dei loro rispettivi ‘metabolismi’. Questo concetto è stato ripreso successivamente dalla fondazione Ellen MacArthur, l’istituzione leader nel mondo per la promozione e lo sviluppo dell’economia circolare. Attualmente il dualismo ciclico è diventato l’emblema del nuovo paradigma: l’economia circolare.

Emblema che però non è sempre sostenuto, come emerge dall’interessante articolo “Concetto cradle to cradle. È sempre sostenibile?” (Bjørn e Strandesen, 2011). Lo studio ha fatto emergere, mediante uno studio di letteratura, 3 conflitti di sostenibilità dei concetti della C2C: 1) il riciclo a circuito chiuso al 100% non è termodinamico pratica 2) l’aggiunta di nutrienti biologici all’ambiente può comportare una perdita di biodiversità e 3) anche una società ideale dal punto di vista C2C sperimenterà la scarsità di risorse e perdita di biodiversità a seguito di una continua crescita economica. Nonostante la lettura dell’articolo sia in chiave di sostenibilità, si denota che, anche in questo caso, lo studio ha interessato più l’aspetto del ciclo tecnico che quello biologico. Questo approccio si ripete negli studi che si possono individuare nella letteratura scientifica e non. L’analisi del dualismo concettuale verte con un maggiore interesse verso il contesto tecnico a discapito di quello biologico.

Un esempio empirico di tale preferenza si osserva nella revisione dei 30 indicatori a livello micro (Kristensen et al., 2019) nel quale gli autori nel definire i concetti per l’analisi hanno deciso di non considerare letteratura concernente l’aspetto biologico.

In aggiunta, gli autori giungono alla conclusione, che, in base allo studio dei 30 indicatori, l’attuale approccio alla misurazione del micro livello la circolarità è incentrata sulla

sostenibilità economica. Tutto ciò ha comportato lacune nello studio della misurazione di processi e settori che vengono inclusi nei cicli biologici (Rocchi, 2018).

Come descritto precedentemente la misurazione della circolarità è ancora nelle prime fasi e molto deve essere ancora fatto per consentire una misurazione della circolarità a livello meso e soprattutto a livello aziendale e del singolo prodotto (micro), realtà dove gli indicatori possono essere utilizzati per confrontare la circolarità di diverse gamme di prodotti e reparti. Possono anche consentire il monitoraggio del progresso su un prodotto e fissare standard minimi da utilizzare come linea guida per il processo decisionale.

La mancanza di indicatori a livello micro per valutare la transizione verso l'Economia Circolare ha spinto la Fondazione Ellen MacArthur a dar vita al progetto di individuazione di indicatori di circolarità a supporto proprio della realtà imprenditoriale. L'indicatore proposto è il Material Circularity Indicator (MCI) (ICESP, 2018). Permette di valutare il grado di circolarità del flusso dei materiali a livello aziendale e del singolo prodotto. Ha alcune somiglianze con la Life Cycle Assessment (LCA), ma è più focalizzata sul flusso dei materiali, quindi può essere considerata complementare alla LCA (Rocchi, 2018).

In particolare considerando le analisi precedenti sullo stato dell'arte di indicatori, mirata a livello micro, emerge che l'MCI valuta più requisiti, contrariamente agli indicatori riportati. L'indicatore permette di ridurre le perdite di materiale, ridurre gli input, aumentare il tasso delle rinnovabili e aumentare la vita del prodotto.

Nel dettaglio è emerso che solo l'indicatore di circolarità del materiale proposto, tenta di includere nell'analisi sia la perdita di materiali e la durata del prodotto. Viene categorizzato in relazione ai requisiti dell'economia circolare come indicatore del riciclo, della gestione dei rifiuti e dell'estensione della vita del materiale.

Vista la semplificazione concettuale dei cicli biologici descritta precedentemente, la metodologia di MCI è progettata di conseguenza per cicli tecnici e materiali provenienti da fonti solo non rinnovabili. A fronte delle sue caratteristiche si tratta però di un indicatore molto interessante per l'analisi della sfera biologica. Interesse emerso dagli stessi autori, i quali suggeriscono come prossimo passo, la sua estensione ai cicli biologici

e ai materiali da fonti rinnovabili, compresi i materiali di consumo come gli alimenti (MacArthur, 2015). A tal proposito, è stato effettuato un primo tentativo di adattare l'MCI mediante modifiche (Rocchi et al., 2018), al ciclo biologico, specificamente ad un allevamento avicolo.

Dal momento che non è possibile confrontare tale risultato, L'MCI modificato è stato applicato in un confronto tra allevamento avicolo biologico e intensivo, valutando in quale misura varia l'indicatore e osservando quale tra i due sistemi si dimostra essere più circolare

3.2 MCI (MATERIAL CIRCULARITY INDICATOR)

La Ellen MacArthur foundation, assieme a Granta Design, un'azienda di software ingegneristici, ha creato il progetto "Circularity Indicators" che ha permesso di fare importanti progressi nella misurazione della circolarità di impresa. In particolare, è stato ideato e proposto un indicatore aggregato per la circolarità, il MCI. Il progetto è stato sostenuto dal progetto LIFE+, programma dove l'Unione europea eroga finanziamenti per progetti di salvaguardia dell'ambiente e della natura.

Lo strumento utilizza un approccio complessivo a livello di prodotto e comprende una serie di indicatori. Questo strumento sarà presto disponibile in termini commerciali. Finora come parte del progetto, il Ellen MacArthur Foundation ha fornito una versione base su Excel per illustrare il funzionamento della metodologia a livello di prodotto che permette agli interessati di vedere come diversi parametri della metodologia interagiscono tra loro.

In particolare l'inserimento di dati sui materiali nella formula MCI consente all'azienda di sostenere il processo decisionale sui compromessi tra circolarità e obiettivi economici, ambientali e sociali in materia di progettazione dei prodotti e di approvvigionamento dei materiali.

L'indicatore di circolarità materiale (MCI) indica quanto materiale circola concentrandosi sul ripristino dei flussi di materiali a livello di prodotto e di azienda.

Si basa sui seguenti quattro principi (MacArthur, 2015):

- 1) utilizzo di materie prime provenienti da fonti riutilizzate o riciclate
- 2) riutilizzare componenti o materiali di riciclaggio dopo l'uso del prodotto
- 3) mantenere i prodotti in uso più a lungo (ad esempio mediante riutilizzo/ridistribuzione)
- 4) un uso più intensivo dei prodotti.

Tenuto conto dei principi cardini, si evince che il miglioramento dell'MCI di un prodotto o di un'impresa non necessariamente si traduce come un miglioramento della circolarità dell'intero sistema, ma un uso diffuso di questa metodologia potrebbe comportare vantaggi a livello generale e per quanto concerne determinate fase gestionali.

Una particolare attenzione deve essere riposta al punto 3 e 4, perché l'MCI, come emerge dall'analisi della letteratura, rispetto ai recenti indicatori, tenta di includere nell'analisi la perdita di materiali e l'aumento della durata del prodotto

Una maggiore durata utile o una maggiore intensità di utilizzo porta a notevoli risparmi di materiale che si traducono nella maggiore preservazione di integrità, energia incorporata e complessità di un prodotto rispetto al solo riciclo, cioè la sola azione di recuperare i suoi materiali di base. Il principio del risparmio dei materiali si riflette nell'indicatore di circolarità materiale grazie ad un fattore che rappresenta l'efficienza del processo di riciclo, mentre per riutilizzo si supponga che abbia un'efficienza del 100%.

I quattro principi cardine dell'indicatore vanno a descrivere due diverse fasi del flusso. Nello sviluppo del l'MCI la proporzione del prodotto da ripristinare (attraverso riutilizzo e riciclaggio dei componenti, cioè i principi 1 e 2) e proveniente da riutilizzi o riciclati fonti è descritta come la parte restaurativa del flusso.

La parte lineare del flusso è la proporzione proveniente da materie vergini e destinata a scarica (o recupero di energia). I principi 3 e 4 sono trattati come miglioramenti

sull'utilità di un prodotto, un componente nella derivazione del MCI che dipende dalla parte lineare del flusso.

Qualsiasi prodotto fabbricato utilizzando solo materie prime vergini e finisce in discarica alla fine della sua fase di utilizzo può essere considerato un prodotto "lineare". D'altra parte, qualsiasi prodotto che non contiene materie prime vergini, è completamente raccolto per il riciclaggio o il riutilizzo dei componenti, e dove l'efficienza di riciclaggio è al 100% può essere considerato un prodotto "circolare".

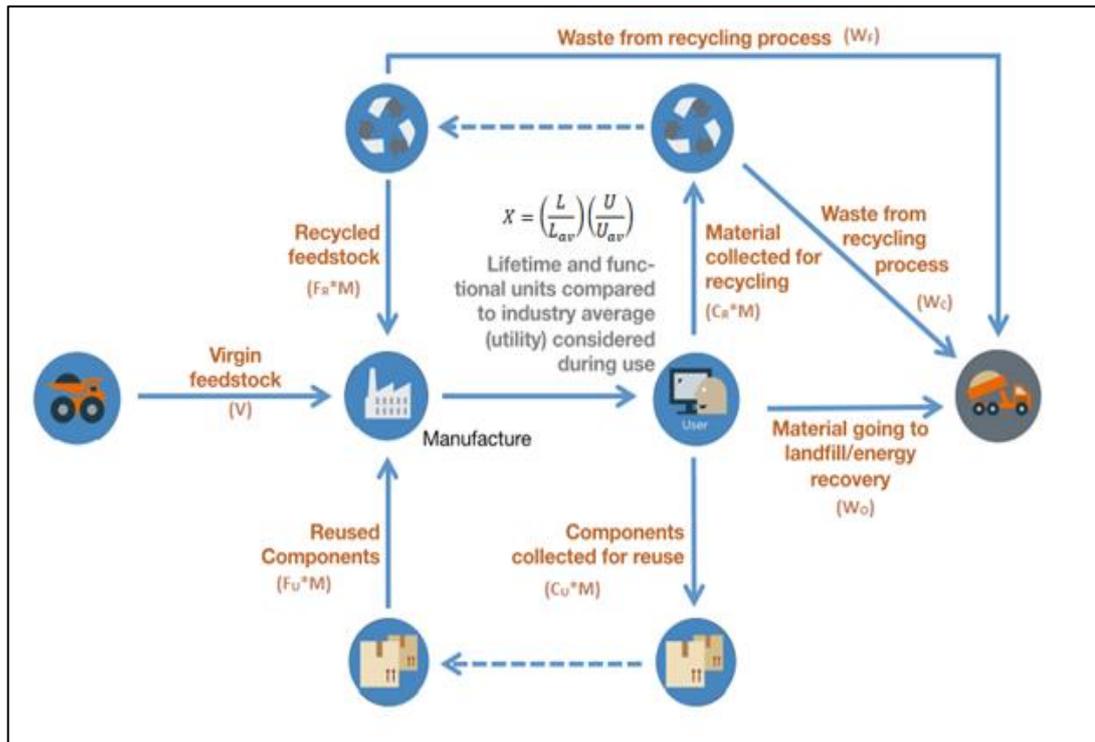
Quindi, a seconda dei casi, i prodotti si troveranno tra questi due estremi. L'MCI misura il livello di circolarità nell'intervallo da 0 a 1, dove 0 è la linearità e 1 è emblema di circolarità.

3.2.1 Metodologia

L'MCI di un prodotto misura quanto flusso lineare è stato minimizzato e flusso ristorativo massimizzato per i suoi componenti, e, allo stesso tempo, per quanto tempo e quanto intensamente. Si ricordi che l'indicatore si concentra solo su un flusso attinente a *cicli tecnici* e sulle fonti non rinnovabili.

L'MCI è essenzialmente costituito da una combinazione sequenziali di tre caratteristiche del prodotto: La massa di materia prima vergine (V) la massa di rifiuti non recuperabili che è attribuita al prodotto (W_o) e un fattore di utilità che rappresenta la lunghezza e l'intensità dell'uso del prodotto (X). Una volta definite queste tre variabili si procede al calcolo dell'indicatore di flusso lineare (IFL) che permette quindi la computazione del MCI (*Figura 3.3*).

Figura 3.3 Flusso dei materiali, MCI



Fonte: MacArthur E. 2015

La metodologia non richiede la presenza di un ciclo chiuso. Ciò significa, ad esempio, che le materie prime riciclate non devono provenire dal stesso prodotto, ma può essere acquistato sul mercato. Si noti che i flussi di materiale di cui alla *figura 3.3* sono associati esclusivamente a tali materiali che finiscono nel prodotto finale (MacArthur, 2015).

3.2.2 Calcolo Material Circularity Indicator(MCI)

Considerate un prodotto in cui F_r rappresenta la frazione di materia prima derivata da fonti riciclate e F_u rappresenta la frazione da fonti riutilizzate. La frazione di materia

prima proveniente da fonti vergini è quindi $1-Fr-Fu$ e la massa di materiale vergine è data da:

$$V = M(1 - Fr - Fu) \quad (1)$$

Dove M = la massa del prodotto finale. Inoltre, i rifiuti non recuperabili sono calcolati come parte residua, ed è dato da:

$$Wo = M(1 - Cr - Cu) \quad (2)$$

Dove Cr è la frazione del prodotto raccolto per il riciclo e Cu è la frazione del prodotto raccolto per il riutilizzo.

Un altro componente necessario per il calcolo MCI è l'utilità X , che è correlata alla lunghezza e all'intensità dell'uso.

Il componente di lunghezza (L/Lav) rappresenta qualsiasi cambiamento (sia positivo che negativo) nel flusso di rifiuti che rende la vita (L) del prodotto più lunga o più breve della media del settore (Lav). Ciò si basa sulla premessa che se la durata di vita di un prodotto è raddoppiata, i rifiuti prodotti e materiali vergini utilizzati annualmente dalla porzione lineare del flusso di un prodotto sono dimezzati. Allo stesso modo, se la vita del prodotto è dimezzata, i rifiuti creati e i materiali vergini utilizzati annualmente dalla porzione lineare del flusso di un prodotto sono raddoppiati.

L'intensità del l'uso (U/Uav) è una misura di quanto un prodotto è utilizzato fino alla sua piena capacità, mettendo in relazione il numero medio di unità funzionali ottenute solitamente per l'uso del prodotto industriale (Uav) e l'uso effettivo di un prodotto (U).

I due componenti sono così combinati:

$$X = \left(\frac{L}{Lav}\right)\left(\frac{U}{Uav}\right) \quad (4)$$

Senza entrare nel contesto dei prodotti industriali, matematicamente se aumenta la durata di vita L quando la media del settore L_{av} rimane fisso si verifica un aumento di X e di conseguenza, un aumento (e quindi un miglioramento) dell'MCI del prodotto. Viceversa, se la vita media del prodotto aumenta mentre la durata di vita del prodotto valutato rimane costante, la sua MCI diminuirà. Lo stesso vale per le unità funzionali.

La figura (Figura 3.3) non riporta l'indice di flusso lineare (ILF), che rappresenta la proporzione di materiale che scorre in una catena lineare. Tuttavia, può essere calcolato sulla base della $Wc = M(1 - Ec)Cr$ che è la quantità di rifiuti generati dalla fase di riciclo del prodotto e $Wf = M \frac{(1-Ef)Fr}{Ef}$ che è la quantità di rifiuti generati per la produzione di materie prime riciclate. Entrambe le equazioni dipenderanno da un certo grado di efficienza del processo di riciclo Ec e Ef .

In pratica ILF rappresenta la parte di produzione che non può circolare. Nello scenario più semplice, in cui vi è la massima efficienza nel processo di riciclo, sia a monte che a valle ($Ec = Ef = 1$ e Wc e $Wf = 0$) l'ILF può essere calcolata utilizzando l'equazione 5

$$LFI = \frac{V+W_0}{2M} \quad (5)$$

L'indicatore di circolarità materiale di un prodotto può ora essere definito considerando l'indice di flusso lineare $F(x)$ costruito in funzione dell'utilità che determina l'influenza dell'utilità del prodotto sul suo MCI.

L'equazione utilizzata per calcolare il MCI di un prodotto è

$$MCI_p^* = 1 - LFI * F(X) \quad (6)$$

MCI assegna un punteggio compreso tra 0 e 1 al prodotto analizzato, valutando quanto siano ristorativi o lineari i flussi dei materiali per il prodotto. Per i prodotti che sono molto lineari ($LFI=1$) e con un'utilità peggiore della media, MCI potrebbe essere negativo. Così, l'equazione derivata è:

$$MCI_p = \max(0, MCI_p^*) \quad (7)$$

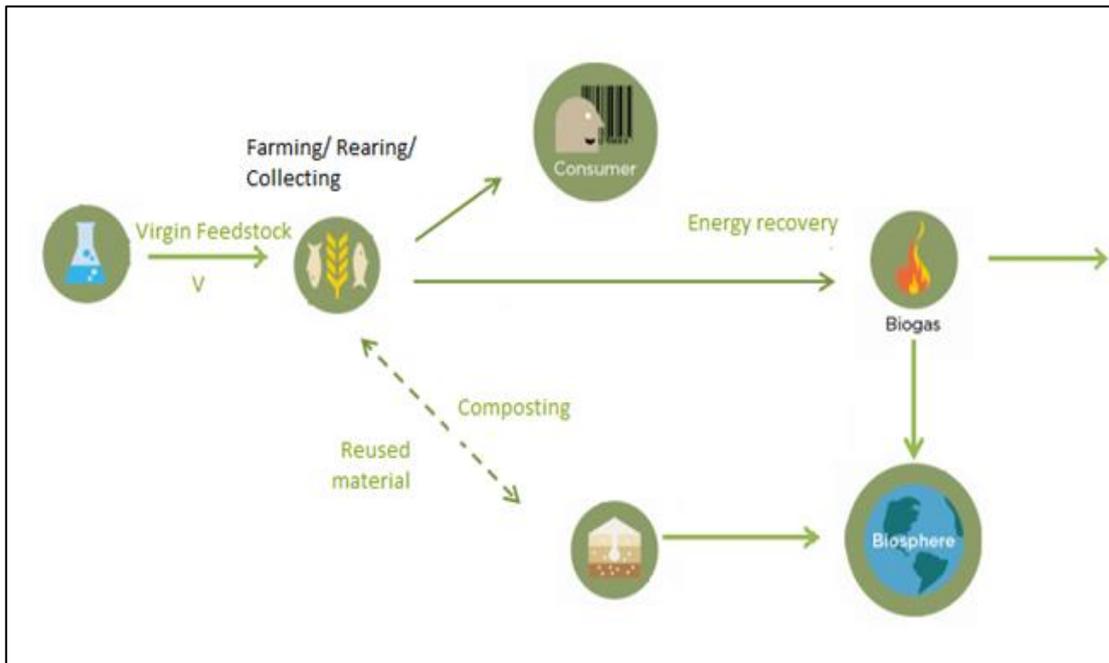
La metodologia non può essere applicata per confrontare due 'prodotti molto lineari' perché entrambi potrebbero ottenere un MCI di 0. Tuttavia questo approccio non dovrebbe creare problemi, in quanto non è previsto che questa metodologia sia normalmente utilizzata per queste tipologie di prodotti.

3.3 MCI MODIFICATO

Attualmente la modifica dell'MCI può essere considerata un primo tentativo per sopperire alla mancanza di un indice dedicato ai cicli biologici, che può affrontare tutte le caratteristiche e peculiarità di questi.

La Figura (*Figura 3.4*) riporta il flusso del materiale dell'MCI modificato, adattato per avvicinarlo allo scenario biologico (*Rocchi, 2018*). Il flusso inizia dal mangime che è utilizzato per l'allevamento di animali o l'allevamento e termina come prodotto alimentare per i consumatori. In linea con la descrizione biologica dell'economia circolare parte del flusso è destinato al recupero energetico producendo rifiuti e residui da trattare (come rappresenta la freccia nel lato destro della figura) e gas rilasciato nella biosfera. Il letame prodotto può essere utilizzato in altri processi colturali o nello stesso ciclo zootecnico, attraverso l'uso nei terreni dedicati alla produzione di mangimi.

Figura 3.4 Flusso dei materiali, MCI modificato



Fonte: Rocchi, 2018

3.3.1 Calcolo MCI modificato

Dal momento che si opera nella sfera biologica, il prodotto biologico non è costruito da singoli componenti come uno tecnico. Tutte le formule riportate da qui in poi faranno riferimento al settore avicolo, oggetto poi del caso studio, per aiutare la comprensione delle diverse componenti.

Nel caso oggetto di studio, la massa V della materia prima vergine è legata solo ai pulcini e ai loro mangimi. Tuttavia, non è corretto considerare $V=M$, solo perché non ci sono frazioni riutilizzate né riciclate. Secondo le caratteristiche dei cicli biologici, in particolare all'interno dei sistemi di produzione zootecnica (cioè: alimentazione e crescita da considerare) sono state applicate alcune modifiche. Occorre innanzitutto considerare la capacità degli animali di trasformare il prodotto iniziale, il mangime, in carne.

Pertanto occorre prendere in considerazione la capacità di trasformare i mangimi in carne per ottenere la massa totale finale, modificando la (1) come segue:

$$V = \frac{M_f}{FCR} + M_a \quad (7)$$

Dove FCR rappresenta il tasso di conversione dei mangimi, ossia il rapporto tra gli input (mangimi) e output (carne) coinvolti in una produzione. Solitamente FCR è più utilizzato nella produzione di pollame e suini, mentre per i bovini è di solito utilizzato l'efficienza dei mangimi, che è calcolato dividendo la produzione per gli input di mangime. M_a e M_f rappresentano la massa iniziale dell'animale (M_a) e la massa del mangime (M_f).

Per quanto concerne la massa W dei rifiuti non recuperabili attribuiti al prodotto, si tiene conto della differenza tra la frazione riciclata e riutilizzata. Come suggerito dalla Fondazione EM (2012) la produzione di biogas deve essere considerata come un processo di riciclo; l'uso di letame per il compostaggio è invece un riutilizzo, poiché entra come input, dopo una modifica, in un nuovo processo considerato come materiali riutilizzati i rifiuti destinati al compostaggio. Una grande differenza quindi è che per il ciclo biologico che coinvolge gli animali, dobbiamo considerare anche la produzione di letame. Diversamente, per un prodotto industriale i processi di riciclaggio e riutilizzo sono calcolati sulla massa del prodotto stesso.

In particolare l'equazione (2) per il sistema di allevamento deve essere modificata come segue:

$$W_0 = W(1 - CR - CU) + MA(1 - CRA - CUA) \quad (8)$$

Dove gli scarti totali (W) ammontano ad un 7% (α) di M , la massa del pollo. MA è la massa del letame e CRA e CUA sono la frazione di letame raccolto per il riciclaggio e il riutilizzo. Al contrario,

Poiché ciò che otteniamo alla fine del processo è un alimento, andrebbe inserito anche lo spreco irrecuperabile legato al consumo alla catena alimentare umana, ma in questa applicazione si è deciso di non considerarlo.

Un'altra semplificazione deve essere fatta per l'utilità (X), che ricordiamo è legata alla lunghezza e l'intensità dell'uso di prodotto industriale nei cicli tecnici.

Per il ciclo biologico è stato considerato il fattore di conversione di utilità (Xc), calcolato come il complementare del tasso di mortalità. Il tasso di mortalità esprime il numero di animali morti alla fine di ogni ciclo (Nm), diviso per il numero iniziale di essi (Ni) e moltiplicato per 100. Il tasso di mortalità complementare rappresenta la percentuale di prodotto (polli nel caso studio) che rimane per l'intero ciclo (*Rocchi et al., 2018*)

$$Xc = 1 - \left(\frac{Nm}{Ni} * 100 \right) \quad (9)$$

SETTORE AVICOLO

4.1 INTRODUZIONE AL SETTORE AVICOLO

Gli allevamenti avicoli fanno parte della cosiddetta “filiera avicola”, sistema produttivo che va dalla produzione di mangime, di incubatoi, e allevamenti veri e propri fino alla trasformazione del prodotto destinato al consumo (carne o uova).

Tra tutti i mercati agroalimentari che descrivono le abitudini dei diversi paesi nel produrre e consumare i vari prodotti, il settore avicolo globale è particolarmente forte seppur non indenne dagli andamenti del mercato; infatti, sebbene il consumo totale di carne si sia arrestato, non lo è la quantità di carne di pollo consumata nel mondo (AVEC, 2019) confermando ciò che è stato riportato nel report annuale precedente ossia che la carne avicola ha la predominanza tra le carni più consumate a livello globale (AVEC, 2018). I principali fattori che hanno favorito nel tempo la comparsa di un'avicoltura industriale sono stati la possibilità di fornire una produzione costante nell'intero arco dell'anno grazie all'incubazione artificiale delle uova, la creazione di linee genetiche ibride specializzate per la produzione di carne o di uova da consumo, la perfetta conoscenza dei fabbisogni alimentari in rapporto alle fasi e alle attitudini produttive degli animali e la definizione delle condizioni ambientali più idonee (temperatura, umidità, fotoperiodo).

Infine vi sono due elementi che possono racchiudere il forte sviluppo del mercato della domanda avicola: da una parte, sostenuto dai minori costi di produzione richiesti per questo tipo di allevamenti, con conseguenti prezzi più abbordabili rispetto ad altre carni, dall'altra, la considerazione che si tratta di una carne che gode di un'immagine generale di prodotto sano, poco calorico e ad alto valore nutrizionale.

Nel breve tempo, l'analisi accurata della filiera produttiva ha permesso una standardizzazione globale dei processi di allevamento portando alla selezione di ibridi genetici il più possibile adatti ai sistemi di allevamento intensivi, dove si richiedono elevate produzioni in tempi sempre più brevi (Soli, 2017). Negli ultimi decenni, il grande

aumento della produttività dell'industria del pollame è stata accompagnata dalla diffusione di pratiche e tecniche negative sul benessere animale e ambientale (*Gerber et al., 2007*). Difatti questa tendenza oggi è controbilanciata da una maggiore sensibilizzazione del consumatore e da direttive europee che cercano di valorizzare la biodiversità e l'impiego di genotipi più rustici che siano facilmente allevabili in sistemi più rispettosi del benessere animale come il biologico, all'aperto, all'erba, ecc. ma anche con scelte imprenditoriali quali l'antibiotic-free per cui sarebbero preferiti soggetti più resistenti alle malattie.

4.2 SETTORE AVICOLO IN ITALIA

L'avicoltura rappresenta per il nostro paese una delle più importanti attività zootecniche, essendo l'unico comparto, insieme con quello cunicolo, in grado di coprire per intero i fabbisogni nazionali e di rispondere con flessibilità alle variazioni dei consumi, grazie alla brevità dei cicli produttivi e all'attenzione del settore verso il mercato.

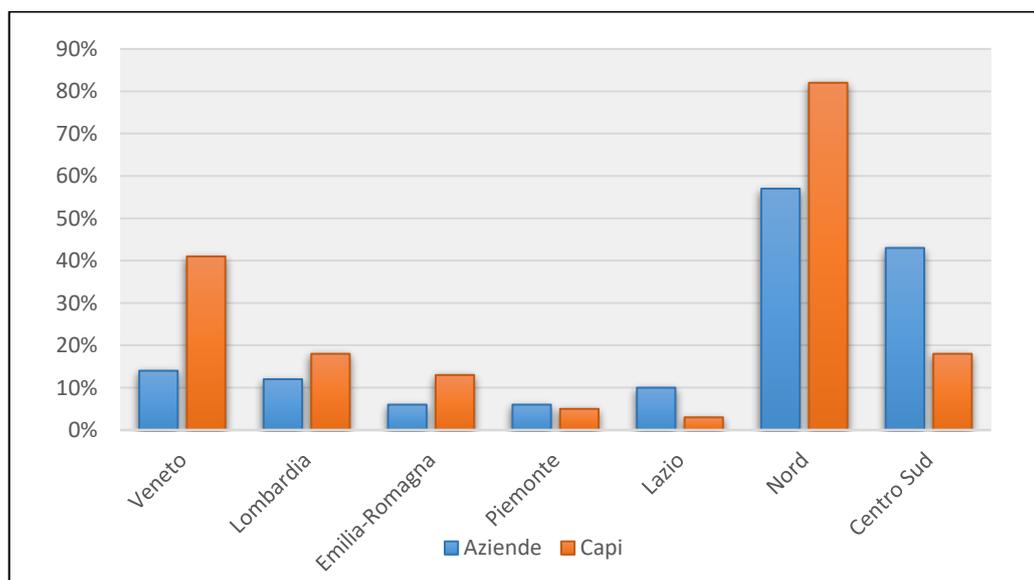
All'interno dell'UE, l'Italia si classifica sesta produttrice di carne avicola (*AVEC, 2019*) con un fatturato di 5705 milioni di euro, circa il 4% del totale fatturato dall'agroalimentare italiano. La quasi totalità delle carni di pollame e una larga quota delle uova da consumo, sono prodotte nel nostro Paese secondo il modello dell'integrazione verticale, cioè le aziende maggiori tendono a presidiare tutte le fasi del processo, dalla produzione dei mangimi all'incubazione delle uova, dall'allevamento alla macellazione. All'origine di questo processo d'integrazione vi è stato lo sviluppo di una consistente industria mangimistica, che ha determinato il progressivo ampliarsi a valle delle attività produttive (*Solj, 2017*).

L'industria di macellazione e lavorazione delle carni italiana è ormai incentrata su pochi grandi produttori: i due principali gruppi industriali (Veronesi-AIA e Amadori) controllano insieme una quota di mercato compresa tra il 60 ed il 65%. Il terzo posto è aggiudicato dal gruppo Fileni, pur a notevole distanza dai primi due competitors, mentre

le restanti quote del mercato nazionale sono spartite tra aziende che operano principalmente su basi territoriali ristrette (Soli, 2017).

Gli allevamenti sono situati maggiormente al nord Italia, in particolare Veneto, Lombardia ed Emilia-Romagna (Figura 4.1) In particolare nel settentrione si riscontra tendenzialmente la presenza di strutture molto ampie in cui il numero di capi allevati è altrettanto cospicuo, caratteristica invece assente al centro-sud, dove si rilevano invece un numero molto alto di aziende ma con quantità di capi allevati nettamente inferiori. Numericamente il settore stesso conta 15300 aziende in produzione di cui 6400 professionali, 38500 addetti nella fase agricola e 25500 nella fase di trasformazione che consta di 1600 imprese, circa 158 milioni di capi allevati di cui 81 milioni sono polli e oltre 39 mila galline ovaiole (ISEMA, 2019).

Figura 4.1 Distribuzione territoriale delle aziende, 2016



Fonte: ISEMA su dati ISTAT VI censimento agricoltura (2016).

Tornando alla produzione, il report dell'Unione Nazionale Filiere Agroalimentare Carne Uova delinea che, nonostante l'ottima posizione Europea, nel 2018 la produzione di carni avicole ha raggiunto le 1.314.000 tonnellate (Tabella 4.1), subendo un calo del -

2.9% rispetto al 2017 (1.354.000 tonnellate). Ciò ha riguardato sia la carne di pollo (934.000 tonnellate, -3.7%) che quella di tacchino (301.000 tonnellate, -2.6%), le quali insieme rappresentano la quasi totalità (94%) delle produzioni avicole. Le altre specie hanno registrato un aumento produttivo del +5,3%. (*Unitalia, 2019*)

Tabella 4.1 Bilancio Italiano delle carni di pollame (tonn x 000)

Settore	2017				2018			
	Pollo	Tacchino	Tot. Carni avicole	Diff % 17/16	Pollo	Tacchino	Tot. Carni avicole	Diff % 18/17
Produzione	970.0	309.0	1354.0	-2.5	934.0	301.0	1314.0	-2.9
Importazione	75.7	18.9	97.9	14.1	73.8	16.9	95.1	-2.8
Esportazione	109.3	73.2	186.5	-6.5	102.9	69.6	176.8	-5.2
Utilizzazione int.	936.4	254.7	1265.4	-0.7	904.9	248.3	1232.3	-2.6
Consumo p.a. (kg)	15.48	4.21	20.92	-0.4	14.98	4.11	20.4	-2.5
% autoapprovv.	103.6	121.3	107.0	=	103.2	121.2	106.6	=

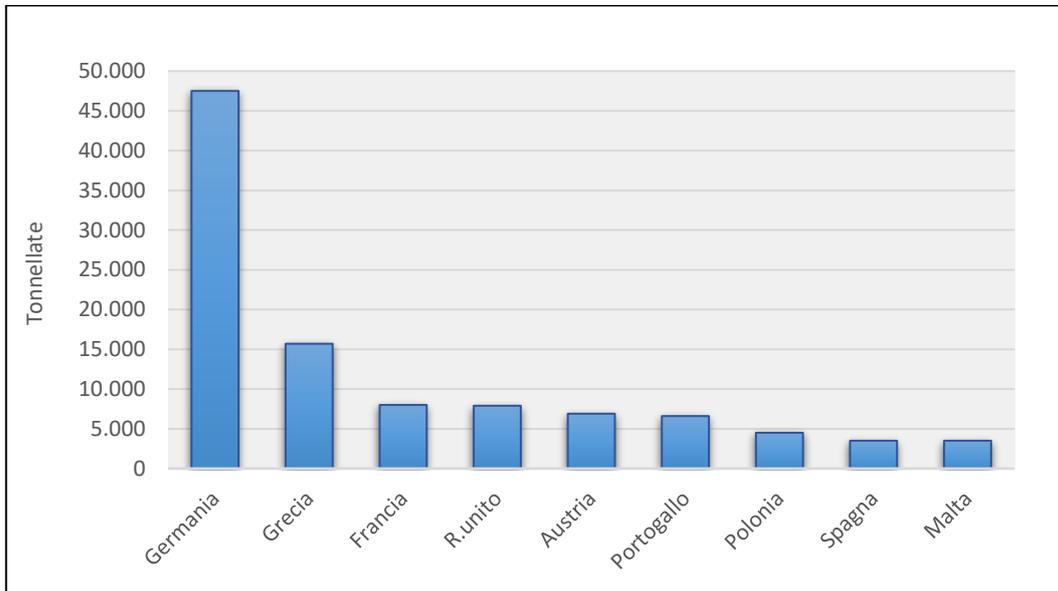
Fonte: Unitalia 2019

Il lieve calo complessivo dei consumi è dovuto principalmente al canale ho.re.ca., mentre i consumi domestici hanno mostrato una stabilità con spunti positivi: +0,6% i volumi totali e +3,6% la spesa.¹²

Per quanto concerne il commercio estero, l'export ha subito un calo drastico, equivalente al 13.5% della produzione totale. I destinatari sono stati per oltre i due/terzi i paesi dell'UE (68%), in particolare: Germania (42%), Grecia (13%) e Francia (7%), per la restante parte particolare importanza hanno assunto le esportazioni verso l'Africa, le quali hanno coperto il 24% del totale, nello specifico i paesi riceventi sono stati: Benin (13%), Guinea (4.1%), Guinea Equatoriale (3.7%) e Angola (3.1%) (*Tabella 4.2*) (*Unitalia, 2019*).

¹² Annata avicola 2018. <https://www.unitalia.com/mercato/annata-avicola/>

Tabella 4.2 Export Italiano, 2018



Fonte: Unitalia, 2019

L'import italiano è abbastanza irrilevante dato che il livello di autoapprovvigionamento del settore è completo. Ciò nonostante nel 2018 sono state importate 95.100 tonnellate, valore minore rispetto al 2017, provenienti principalmente da Germania, Paesi Bassi e Polonia.

Nel complesso, anche nel 2018 il settore avicolo italiano ha confermato ottimi livelli di autoapprovvigionamento, risultando complessivamente autosufficiente al 106,6%.

Nello specifico, in Italia viene prodotto il 103,2% delle carni di pollo consumate nel nostro Paese e ben il 121,2% delle carni di tacchino.

Nonostante la presenza di informazioni denigratorie, spesso *fake news* e il fatto che non appaia sufficientemente valorizzata nell'offerta gastronomica di alto livello, cosa che ha indubbi effetti sul piano della reputazione, ma, pur in assenza di ciò, a ogni latitudine le tradizioni alimentari dei popoli prevedono un largo uso del pollo.

Di fatti rimane comunque la carne più amata dagli italiani, che lo scelgono per la leggerezza, l'alto valore nutrizionale e il basso apporto calorico. Numericamente

l'avicoltura italiana ha un peso di 64 mila occupati una produzione di carni avicole pari a 1,3 milioni di tonnellate (consumo pro capite di 20,4 kg) (*Unaitalia, 2019*).

Infine tema attuale e richiesto dai consumatori, è l'unico comparto zootecnico che garantisce un prodotto e una filiera 100% made in Italy: dagli animali, nati e allevati in Italia, alla trasformazione, dalla logistica al prodotto finale (*Ancona, 2019*)

4.3 IMPATTI DEGLI ALLEVAMENTI ZOOTECCNICI

L'industria zootecnica, è riconosciuta come responsabile, tra le varie attività, nella produzione ed emissione di gas a effetto serra, che comprendono principalmente metano, anidride carbonica, ossido di azoto e ammoniaca (*Steinfeld et al., 2006*). In particolare contribuisce al 14,5% del totale delle emissioni annuali di gas a effetto serra antropogenici a livello globale (*Gerber et al., 2013*).

Il cambiamento climatico richiede una stretta considerazione dell'impatto delle attività umane, e in particolare una valutazione delle emissioni di inquinanti. Affrontare il cambiamento climatico e i suoi effetti è quindi una duplice sfida: la prima priorità è la mitigazione, ossia porre limiti al futuro cambiamento climatico riducendo la produzione di gas a effetto serra; in secondo luogo, dobbiamo essere preparati per l'adattamento, il che significa prepararsi all'impatto del cambiamento climatico che è ormai inevitabile (*Boggia et al., 2019*). Preparazione che richiede valutazioni relative all'uso di misure di adattamento e mitigazione adeguate all'ubicazione e al sistema di produzione animale in uso, e politiche che sostengano e facilitino l'attuazione di misure di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici (*Rojas-Downing et al., 2017*). Di conseguenza, il settore dell'allevamento sarà un attore chiave nella mitigazione delle emissioni di gas a effetto serra e nel miglioramento della sicurezza alimentare globale.

Per quanto concerne le emissioni, il report del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC) destinato al settore zootecnico, delinea che l'81% delle emissioni di gas serra totali in Italia provengono dalla produzione di energia mentre il restante 19% è ripartito tra fonti non energetiche, quali processi industriali (40%), agricoltura (40%) e

rifiuti (20%). In aggiunta riporta che il 50% delle emissioni agricole derivano soprattutto dalla gestione degli effluenti bovini, suini e avicoli mentre la restante parte coinvolge i processi di coltivazione¹³.

I livelli di impatto ambientale in zootecnia dipendono molto dal sistema di allevamento (estensivo, semi-estensivo o intensivo), dalle tecniche applicate e della specie animale allevata (monogastrici o poligastrici, animali terrestri o acquatici). Comunque sia la tipologia di allevamento, limitatamente all'allevamento degli animali, le emissioni di metano (CH₄) sono causate dalla gestione delle deiezioni, dalle fermentazioni enteriche (ruminali) e dalle fermentazioni a carico della sostanza organica non digerita ed escreta nelle deiezioni. Esso è responsabile della riduzione dello strato di ozono e uno studio ha stimato che il 50% circa delle emissioni di CH₄ di origine antropica è dovuto al settore agricolo (*Kebreab, 2006*) dove gli allevamenti si posizionano al secondo posto dopo le fermentazioni che avvengono nelle risaie (*Steinfeld et al., 2006*).

L'ammoniaca (NH₃) in zootecnia è generata dalle fermentazioni microbiche a carico dell'azoto presente nelle deiezioni (feci e urine) e avvengono in tutte le fasi di gestione, dal momento dell'escrezione fino alla distribuzione in campo. L'ammoniaca reagendo in particolare in ambito macro-aerofilo, è responsabile delle emissioni di protossido di azoto. L'impatto dell'ammoniaca derivanti dallo stoccaggio e dallo spargimento dei reflui zootecnici e anche dei fertilizzanti azotati sono elevate. Per questi l'EEA (European Environmental Agency) ha contato il 93% delle emissioni totali di ammoniaca derivate dall'agricoltura (in Europa), di cui la zootecnia sarebbe responsabile per quasi i 2/3 (64%) delle emissioni ammoniacali di origine antropica.

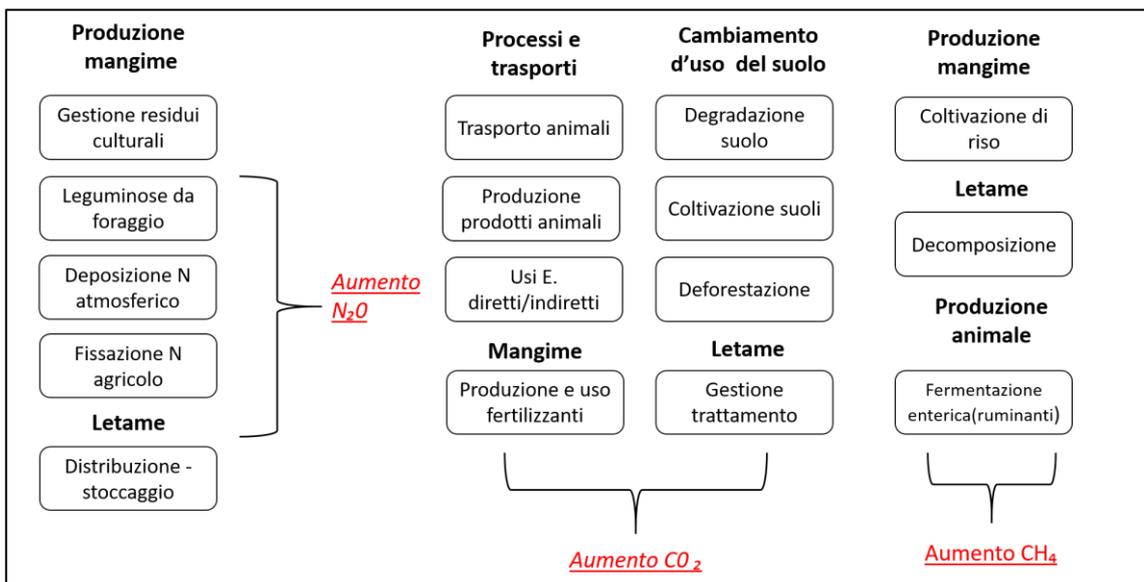
Invece tra le molecole responsabili del riscaldamento globale, legate all'agricoltura e alla zootecnia, la CO₂ ha un ruolo marginale, circa il 9%, in quanto la maggior parte proviene dall'utilizzo di combustibili fossili (*Steinfeld, 2006*).

¹³<https://www.anmvioggi.it/in-evidenza/68716-unpiano-per-ridurre-l-impatto-climatico-degli-allevamenti.html>

Il ruolo marginale dell'anidride carbonica è dovuto al fatto che la vegetazione consumata dall'animale deriva dalla conversione della CO₂ atmosferica in composti organici o biomassa. Pertanto, ai sensi del protocollo di Kyoto (2005), si presume che le quantità di CO₂ consumate in forma vegetativa siano equivalenti a quelle emesse dal bestiame. Al contrario, l'animale è considerato una fonte di carbonio perché una frazione del carbonio consumato viene assorbita nel tessuto vivo e la ritroviamo in prodotti come il latte (Rojas-Downing et al., 2017).

In sintesi la filiera zootecnica influenza il clima attraverso il cambiamento di destinazione del suolo, la produzione di mangimi, la produzione animale, il letame, la trasformazione e il trasporto. Tutto ciò porta ad associare inevitabilmente il settore ad un impatto strettamente negativo (Figura 4.2)

Figura 4.2 Impatto dell'allevamento sul cambiamento climatico



Fonte: Elaborazione propria

L'allevamento del bestiame attraverso l'uso del suolo (compresi i cambiamenti storici nella destinazione del suolo) e con le emissioni sopracitate influenza anche una risorsa

non rinnovabile spesso trascurata, la biodiversità terrestre, comportandone una riduzione del ben 78%. I prati e i seminativi a gestione intensiva utilizzati per la coltivazione di alimenti-mangimi per il settore zootecnico sono caratterizzati da una bassa biodiversità, a differenza per esempio dei pascoli e pratiche colturali estensive che mantengono paesaggi ad elevata biodiversità. Analizzando esempio l'azoto, la deposizione di N nelle sue varie forme riduce la ricchezza delle specie mediante eutrofizzazione, acidificazione, impatti fogliari diretti e esacerbazione di altre sollecitazioni (Leip et al., 2015).

Infine ma non per questo meno importante la zootecnia è responsabile dell'emanazione dei cattivi odori e dell'inquinamento delle acque. Per quanto riguarda l'acqua ci si riferisce sia al quantitativo necessario per lo svolgimento delle attività ma anche al rischio d'inquinamento indiretto dovuto ai reflui, ai fertilizzanti e ai pesticidi di sintesi impiegati nell'agricoltura e zootecnia intensiva.

4.4 IMPATTI DEL SETTORE AVICOLO

Tra gli alimenti di origine animale, esclusi latte e derivati, le carni avicole sono quelle che impattano meno sull'ambiente grazie all'elevato indice di conversione degli alimenti e l'assenza di processi fermentativi (Di Tullio et al., 2016).

Nonostante ciò, negli ultimi decenni, in risposta ad una rapida aumento della domanda di prodotti animali, l'intero processo, dall'allevamento alla trasformazione, ha assunto un deciso carattere industriale e questa tendenza si riscontra particolarmente negli allevamenti intensivi di *suini e pollame* (Castellini et al., 2012). Ciò porta spesso a gravi preoccupazioni relative alla sostenibilità a lungo termine dell'agricoltura intensiva. Tra gli effetti sempre più espliciti, di questo indirizzo, si segnalano le minacce potenziali che riguardano la salute del pollame e l'inquinamento ambientale.

In particolare l'industria intensiva del pollame, è riconosciuta come responsabile per la maggior parte delle emissioni di ammoniaca nell'ambiente, la quale deriva principalmente dall'azoto non assimilato dall'animale che viene eliminato attraverso il guano come acido urico.

Nella lettiera questo viene immediatamente utilizzato dai microrganismi presenti comportandone il rilascio (Bonazzi, 2007); essa, e soprattutto la sua umidità, rappresenta quindi la fonte di emissioni ammoniacali principale durante i cicli di allevamento, giustificato anche dal fatto che questi animali si allevano su lettiera permanente. Condizione che favorisce l'attività di questi microrganismi soprattutto se vi sono livelli di umidità ottimali. Inoltre in base alla natura della lettiera si possono avere livelli più o meno elevati di polveri. Qualora non si prevedano destini particolari per la pollina ottenuta a fine ciclo questa deve essere stoccata per essere essiccata e poi sparsa sui terreni; ciò avviene attraverso la costituzione di accumuli a piè di campo i quali comportano i seguenti rischi per l'ambiente: percolazione in falda, ruscellamento in acque superficiali, odori e mosche (Valli et al., 2007).

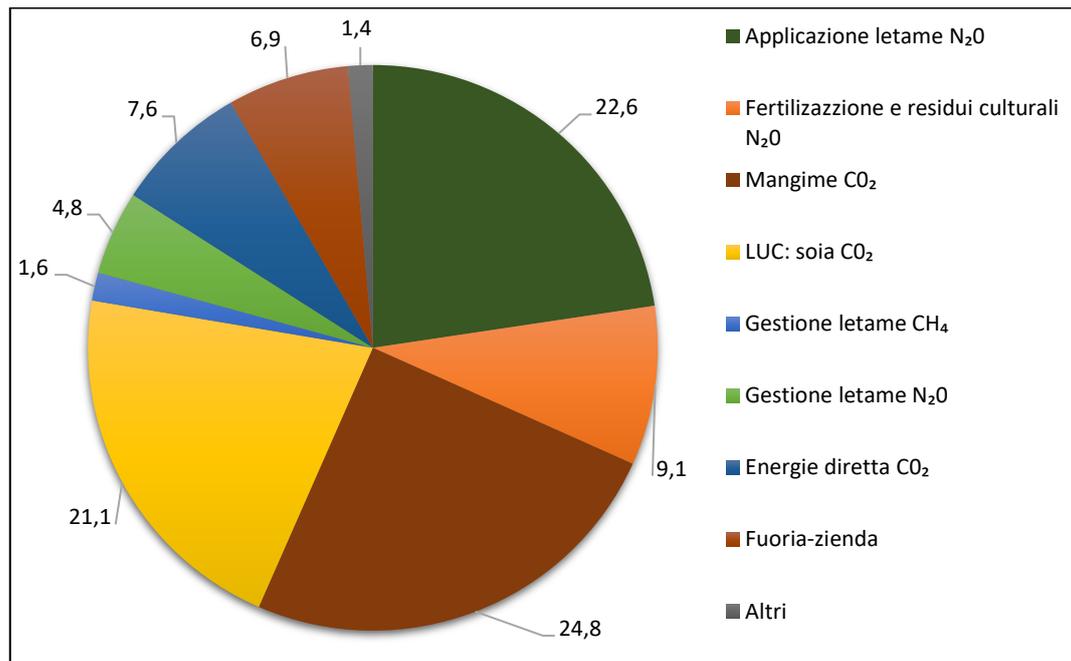
L'ammoniaca una volta emessa combina con gli inquinanti acidi nell'atmosfera come acido nitrico e acido solforico, producendo un aerosol che si ritiene influenzare il cambiamento. Insieme agli ossidi di azoto e al diossido di zolfo, che sono i principali responsabili, l'emissione di ammoniaca nell'aria contribuisce al fenomeno delle piogge acide e causa di acidificazione del suolo. È anche nota per essere un importante fonte di cattivi odori, impatti negativi sulla qualità dell'acqua e dell'aria, minacce alla salute umana e animale (Boggia et al., 2019). Il sistema di stabulazione degli animali metodi di stoccaggio e spargimento e la forma fisica del letame, le condizioni e la temperatura della superficie agricola sono di grande importanza nel determinare il grado di volatilizzazione dell'ammoniaca.

L'avicoltura è anche una fonte di gas a effetto serra (GHG), anche se contribuisce molto meno dei ruminanti (Xin et al., 2011), di produzione e smaltimento dei rifiuti e comporta la riduzione della biodiversità, la quale è particolarmente evidente anche all'interno degli stessi allevamenti avicoli dove hanno notevolmente ridotto le specie allevate a fini commerciali.

Per quanto concerne le emissioni, la produzione di mangime è il tratto della filiera maggiormente impattante rappresentando il 57% della catena di approvvigionamento di uova e di pollame con un ulteriore 21,1 % legato all'espansione della coltivazione della

soia nel caso nei polli da carne (Garber et al., 2013) (Figura 4.3). Quest'ultima, principale fonte proteica degli avicoli, è stata identificata come secondo driver agricolo di deforestazione nel mondo dopo gli allevamenti, soprattutto in sud America¹⁴.

Figura 4.3 Emissione globale GHC, settore polli da carne

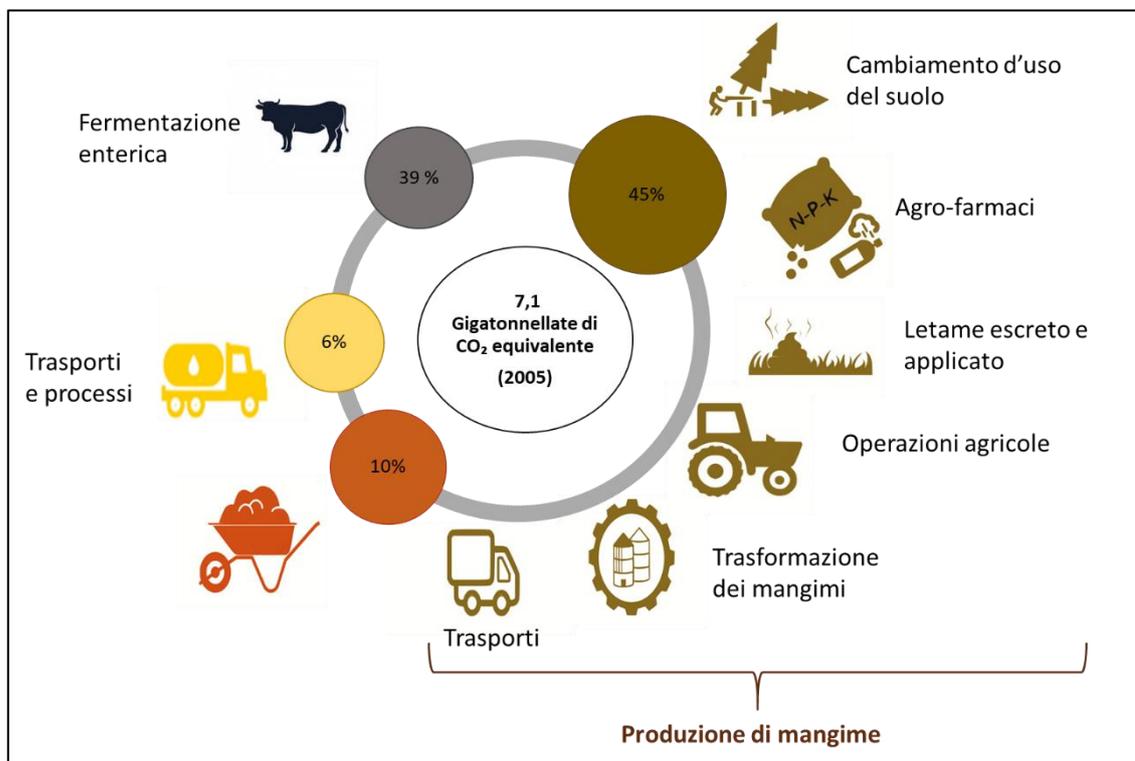


Fonte: Elaborazione PowerPoint, Gerber et al., 2013

Analizzando l'intero settore zootecnico, il comparto mangimistico, come emerge dal lavoro FAO (Figura 4.4), impatta per circa il 45% (3,2 gigatonnellate di equivalenti di anidride carbonica), di cui circa il 35-45 % deriva dal settore avicolo e suinicolo. Segue la fermentazione enterica dei bovini che producendo circa 2,8 gigatonnellate (39%) è la seconda maggiore fonte di emissioni. Lo stoccaggio di letame con 0,71 gigatonnellate rappresenta circa il 10% del totale. Il restante 6% (0,42 gigatonnellate di biossido di carbonio equivalenti) è attribuibile alla lavorazione e al trasporto di prodotti animali (Grossi et al., 2019).

¹⁴ <https://www.wired.it/attualita/ambiente/2019/05/31/soia-ambiente-problema-globale-deforestazione/>

Figura 4.4 Emissioni generali di CO₂ derivante dall'allevamento zootecnico



Fonte: Elaborazione PowerPoint, Grossi et al., 2019

La situazione descritta è ancora più preoccupante perché il consumo di carne avicola mostra un significativo aumento dell'uso di questo alimento soprattutto in Cina e India, la domanda di cibo è in rapido aumento e la composizione della dieta di conseguenza sta cambiando nella direzione di una maggiore consumo di proteine di origine animale (Boggia et al., 2019).

A fronte di queste motivazioni, molte delle quali anche esterne al mondo zootecnico, (marketing, pressione dell'opinione pubblica, politica UE) si sono affacciate sul mercato derrate alimentari ottenute con sistemi di produzioni cosiddetti "biologici".

L'agricoltura biologica è stata istituita per ottimizzare la gestione della produzione ecologica che promuove e valorizza biodiversità, benessere degli animali, sostenibilità ambientale, alimentazione sicurezza e qualità degli alimenti.

I sistemi biologici avicoli comportano, rispetto all'intensivo, modelli produttivi diversi che riguardano, in particolare, le linee genetiche, i mangimi e l'uso del pascolo.

Nel pollame, tali miglioramenti attesi dipendono principalmente dal ceppo genetico utilizzato. Il regolamento CE 834/ 2007 e la raccomandazione finale della rete per la salute animale e del benessere in agricoltura biologica, suggeriscono l'uso di razze autoctone a causa della loro maggiore rusticità e la loro capacità di utilizzare recinti esterni e pascoli (*Boggia et al., 2012*). Queste razze, che hanno un tasso di crescita lento, mostrano una maggiore vitalità, resistenza alle malattie e adattabilità alle condizioni esterne (*Castellini et al., 2009*).

Tuttavia, presentano un indice di conversione più alto rispetto agli ibridi usati in intensivo (mediamente 3,5:1 contro 1,9:1 kg per mangime per kg di accrescimento ponderale). Al contempo i fabbisogni degli ibridi sono inferiori in termini proteici ed energetici e meno impattanti sull'ambiente (*Stefanon e Mele, 2018*).

Di fatti anche se lo spazio previsto per il biologico comporta determinati vantaggi inerenti alla qualità della carne e qualità del suolo, il razzolare apporta limitate quantità di proteine ed energia e l'uso del pascolo non è compensato dalla riduzione del terreno per la produzione di mangime.

Oltre a ciò, a causa della disponibilità di ceppi e di ragioni economiche, uccelli a crescita rapida sono spesso utilizzati anche per la produzione biologica. Questi ibridi commerciali sono geneticamente progettati per essere macellati a un'età più giovane (40 e 55 giorni), e non hanno un profilo di crescita adatto per 81 giorni di produzione, che è il minimo di macellazione età dei polli biologici (*Boggia et al., 2012*).

Tutto ciò, parallelamente all'assenza di indicatori per l'economia circolare adattabili al ciclo zootecnico, ha spinto a confrontare mediante l'indicatore MCI, la differenza di circolarità di un allevamento di polli intensivo e biologico.

4.5 NORMATIVE PER GLI ALLEVAMENTI AVICOLI EUROPEI

Il benessere animale e il rispetto ambientale sono richiesti dal consumatore come dei requisiti fondamentali per l'acquisto di un prodotto.

Per quanto concerne il primo punto, le industrie europee hanno modificato attrezzature e metodi di produzione per garantire adeguato livello di benessere; anche i paesi extra europei, di riflesso, si stanno attualmente adeguando a questo cambiamento di rotta (Ginestreti, 2017). Da quanto emerge dal report sulle pubbliche opinioni nell' UE (Eurobarometer, 2016), i cittadini europei delineano un forte interesse per il benessere animale, sia dentro che fuori dai confini comunitari, e la loro consapevolezza è in costante aumento (Figura 4.5).

Figura 4.5 Cittadini Europei e benessere animale

Comprensione generale sul benessere animale
a) Il 94% dei cittadini europei ritiene importante garantire il benessere degli animali allevati e, di questi, il 53,6% lo considera molto importante.
b) l'82% ritiene che il benessere degli animali dell'allevamento debba essere migliorato
c) il 74% ritiene il benessere degli animali da compagnia debba essere migliorato

Fonte: Eurobarometer, 2016

In ambito normativo, l'adeguamento alle norme europee per il benessere animale ha toccato dapprima il settore delle ovaiole poi quello dei polli da carne.

Le regole per il benessere delle ovaiole sono entrate in vigore il 1° gennaio 2012 con il recepimento tramite Decreto Legislativo n. 267 del 29 luglio 2003 della Direttiva europea 1999/74/CE.

Per il settore della carne, le norme minime per la protezione di polli fa riferimento alla direttiva 2007/43/CE. La direttiva è stata recepita con il D. Lgs. n. 181 del 27 settembre 2010 e con le successive norme attuative contenute nel D. Lgs. del 4 febbraio 2013 dove risulta obbligatorio per gli allevatori di polli da carne possedere un patentino per poter continuare a mantenere l'allevamento.

Per quanto concerne l'allevamento di avicoli con metodo biologico, questo è normato dal Reg CE 834/2007 e 889/2008 che ne specificano le modalità applicative. Il sistema di certificazione con metodo biologico presenta alcune specie in elenco nell'allegato III del Reg CE 889/2008: galline ovaiole e avicoli da ingrasso (polli, tacchini, anatre, oche)

In tema di rispetto ambientale, gli allevamenti avicoli sono soggetti a due norme: direttiva IPPC e la direttiva NEC (National Emission Ceiling).

La prima, ossia la 96/61/CE recepita in Italia con il decreto legislativo 59/2005, mira alla prevenzione dell'inquinamento delle installazioni industriali in modo integrato rivolgendosi contemporaneamente ai diversi corpi recettori: aria, acqua e suolo. In essa sono compresi gli allevamenti avicoli intensivi, quelli con più di 40.000 capi, ed è sempre la stessa che ne prevede la costituzione dell'AIA.

La seconda, nota anche come direttiva 2001/81/CE del parlamento europeo e del consiglio, recepita in Italia con il decreto legislativo 171/2004, nasce per combattere i fenomeni di acidificazione ed eutrofizzazione, prevede perciò la predisposizione di un sistema di limiti nazionali per le emissioni degli inquinanti responsabili di tali fenomeni, ossia emissioni annuali di biossido di zolfo, ossido di azoto, composti organici volatili e ammoniaca.

In aggiunta a queste vi è anche il decreto legislativo del 3 aprile 2006, n°152, riportante le norme in materia ambientale.

CASO AZIENDALE

5.1 MATERIALI E METODI

Lo studio confronta due diversi tipi di allevamento avicolo, il convenzionale e il biologico. Per ogni sistema si sono utilizzati i dati relativi a due siti per un totale di quattro aziende oggetto di analisi.

Esse si distinguono in:

1. Sistema di allevamento intensivo con utilizzo di genotipo ad accrescimento veloce (*Ross 308*)
2. Sistema di allevamento biologico con utilizzo di genotipi a crescita lenta (*Redbro Collo Nudo*).

Per una maggiore standardizzazione, durante la computazione del MCI modificato, sono stati utilizzati valori medi per ogni tipologia di allevamento.

5.2 DESCRIZIONE DELLE AZIENDE

Le aziende considerate utilizzano metodi di produzione sia intensivi che biologici (*Tabella 5.1*); per ragioni di privacy non sono riportate le rispettive nominazioni.

Tabella 5.1 Tipologia di allevamento

TIPOLOGIA DI ALLEVAMENTO	NOME ASSEGNATO
Intensivo ross	Intensivo 1
Intensivo ross	Intensivo 2
Biologico collo nudo	Biologico 1
Biologico collo nudo	Biologico 2

Fonte: Elaborazione Excel

Ad eccezione di un centro, ossia il biologico 2, in funzione da molti più anni rispetto agli altri, le strutture sono molto simili tra loro sia per dimensioni (*Tabella 5.2*) sia per gestione e che per tipologia di struttura. Essi sono in realtà molto recenti in quanto sono in funzione da quasi due anni.

Tabella 5.2 Dimensioni degli allevamenti

ALLEVAMENTO	M² STRUTTURA	M² ESTERNI	M² TOTALI
Intensivo 1	3139	-	3139
Intensivo 2	3139	-	3139
Biologico C1	1575	34400	35975
Biologico C2	840	26800	27640

Fonte: elaborazione Excel

Le strutture sono costituite da prefabbricati in pannelli sandwich tranne il biologico C2 il quale è stato costruito in mattoni. All'interno dei capannoni, sia biologici che intensivi, si trovano diverse linee di somministrazione di acqua e mangime regolate elettricamente o manualmente. Per il riscaldamento sono utilizzate delle cappe

riscaldanti nel periodo dell'accasamento mentre poi ci si avvale delle stufe nel periodo successivo. L'aumento eccessivo della temperatura ma anche dell'umidità è regolato con il ricircolo d'aria che logicamente ha anche altre finalità come allontanare i gas nocivi come la CO₂ e l'ammoniaca e introdurre aria ossigenata. Il ricambio dell'aria è forzato, realizzato attraverso la creazione di una depressione generata da dei ventilatori posti in fondo al capannone; in giornate favorevoli è possibile utilizzare la ventilazione naturale avvalendosi di finestre flap. I ventilatori sono automatizzati: il loro funzionamento è controllato dalle piattaforme informatiche, ossia le centraline, che li attivano o li disattivano in funzione del settaggio impostato dall'operatore. Anteriormente a ciascuna struttura è installato un sistema di raffreddamento operante tramite cooling composto da degli strati di cartone su cui defluisce l'acqua; sfruttando la depressione generata dai ventilatori, l'aria esterna viene risucchiata all'interno del capannone ma attraversa prima i pannelli di cartone imbevuti d'acqua, in questo modo l'aria calda scambia calore con l'acqua presente ed entra con una temperatura inferiore rispetto a quella esterna, abbassando così i gradi di temperatura percepiti dai polli. Tutte queste variabili, ossia temperatura, umidità, mangime, ventilazione, ecc. sono monitorate attraverso l'ausilio di sonde poste all'interno del capannone e collegate ad un sistema informatico il quale può automaticamente correggere l'eventuale errore o avvisare acusticamente l'operatore della non conformità. I centri sono tutti localizzati nelle Marche dove si dividono tra la pianura, in cui sono situati un centro intensivo e un biologico, e la collina in cui si trovano gli altri due allevamenti. Essi hanno rapporti con incubatoi e mangimifici situati nella regione Emilia Romagna dove sono coltivate gran parte delle colture utili per la costituzione del mangime. In ciascun allevamento si trovano impiegati 2 operatori per l'intero ciclo produttivo mentre per le fasi di scarico e carico degli animali si ricorre a delle cooperative di lavoro interinale.

Per ogni azienda e quindi sistema di allevamento sono state rilevate-calcolate informazioni (Tabella 5.3) utili al calcolo dell'MCI, quali **le caratteristiche dei polli e gli indicatori di performance dell'animale.**

I dati per la computazione dell'indicatore che non vengono riportati in tabella sono direttamente presi dalla letteratura.

Tabella 5.3 Dati utili per il calcolo MCI

DATI DEGLI AVICOLI	UNITÀ DI MISURA
Capi inizio ciclo	<i>n°</i>
Capi a fine ciclo	<i>n°</i>
Età di macellazione	<i>gg</i>
N° cicli/anno	<i>n°</i>
Capi inizio ciclo/anno	<i>n°</i>
Massa dei polli	<i>kg</i>
Capi fine ciclo/anno	<i>n°</i>
Mangime consumato	<i>t/ciclo</i>
Peso finale macellazione	<i>kg p.v./capo</i>
Tot. peso macellazione	<i>kg</i>

Fonte: Elaborazione Excel

Tali informazioni sono riportate in tabelle sinottiche diverse in relazione alla tipologia di allevamento (*Tabella 5.4-5*).

Tabella 5.4 Caratteristiche dell'allevamento Intensivo ROSS

DATI DEGLI AVICOLI	UNITÀ DI MISURA	INTENSIVO ROSS FALCONARA	INTENSIVO ROSS CANNUCCIA
Capi inizio ciclo	<i>n°</i>	62.300	65.100
Capi a fine ciclo *	<i>n°</i>	59.808	63.004
Età di macellazione	<i>gg</i>	53	53
N° cicli/anno *	<i>n°</i>	4,5	4,5
Capi inizio ciclo/anno *	<i>n°</i>	280.350	292.950
Massa dei polli	<i>kg</i>	2.492	2.604
Capi fine ciclo/anno *	<i>n°</i>	269.136	283.517
Mangime consumato*	<i>t/ciclo</i>	1.405,21	1.327,31
Peso finale macellazione pollo *	<i>kg p.v./capo</i>	2,75	2,46
Tot. peso macellazione	<i>kg</i>	739.585,73	698.585,91

Fonte: Elaborazione Excel

Tabella 5.5 Caratteristiche dell'allevamento Biologico

DATI DEGLI AVICOLI	UNITÀ DI MISURA	BIO COLLO NUDO FALCONARA	BIO COLLO NUDO CANTARINI
Capi inizio ciclo	<i>n°</i>	8.600	6.700
Capi a fine ciclo	<i>n°</i>	8.196	6.385
Età di macellazione	<i>gg</i>	81	81
N° cicli/anno	<i>n°</i>	2,5	2,5
Capi inizio ciclo/anno	<i>n°</i>	21.500	16.750
Massa dei polli	<i>kg</i>	344	268
Capi fine ciclo/anno	<i>n°</i>	20.490	15.963
Mangime consumato	<i>t/ciclo</i>	204,74	145,20
Peso finale macellazione pollo	<i>kg p.v./capo</i>	2.86	2.60
Tot. Peso macellazione	<i>kg</i>	58.497,52	41.487,19

Fonte: Elaborazione Excel

Tabella 5.6 Utilizzo dei dati

Dati	Utilizzo
Capi a inizio e fine ciclo	Calcolato dal tasso di mortalità
<i>N° cicli/anno</i>	N° cicli di produzione all'anno * n° capi per ciclo
Capi inizio ciclo/anno	N° capi a inizio ciclo * n° di cicli annuali
Capi fine ciclo/anno	N° capi a fine ciclo * n° di cicli annuali
Peso finale macellazione pollo	N° capi fine ciclo * kg di peso alla macellazione
Mangime consumato	Peso finale macellazione * FCR

Fonte: Elaborazione propria

5.3 MCI ALLEVAMENTO BIOLOGICO

Il calcolo dell'MCI parte dalla valutazione degli input coinvolti e dalla loro trasformazione in materiale vergine.

In relazione alla formula (7) e ai dati per l'allevamento biologico, i valori medi considerati sono i seguenti (*Tabella 5.7*).

Tabella 5.7 Valori medi per la massa dei polli e del mangime

Input	Materiali	Massa(t)
Input 1	Polli	0,306
Input 2	Mangime	174,97

L'indice di conversione alimentare, FCR 3.5 è preso dalla bibliografia (*Stefanon e Mele, 2018*).

La formula per calcolare la massa finale è la seguente:

$$V = \frac{Mf}{FCR} + Ma ; V = \frac{174,97}{3.5} + 0,306 ; V = \mathbf{50,29 (t)}$$

La massa W dei rifiuti non recuperabili attribuiti al prodotto, tiene conto della differenza tra la frazione riciclata e riutilizza di due fonti: gli scarti e la pollina. Gli scarti totali, sono pari al 7% (a) della massa M. Dal valore degli scarti totali, si deve sottrarre la frazione raccolta per il riciclaggio (Cr), che in base alla letteratura (Rocchi, 2018) è pari al suo 25%. Dal momento che gli scarti non sono recuperati per compostaggio o altro, la frazione riutilizzata (Cu) è pari a 0.

Per quanto concerne la seconda fonte, nel nostro sistema di allevamento biologico perso in esame, la frazione di pollina è totalmente utilizzata per il compostaggio, quindi non fa parte del residuo non recuperabile. Quindi il Cu, quota di pollina che viene riutilizzata, è il 100%. La seconda parte della formula (8) attinente alla quantità del letame riutilizzato, pertanto non deve essere considerata.

In relazione i dati per l'allevamento biologico (peso vivo a macellazione e numero di polli a fine ciclo) si è ottenuto un valore M, produzione di carne, di 49.9 tonnellate.

Della produzione, gli scarti totali (W) ammontano ad un 7%(a) di M, ovvero 3,49 t. Il valore di Cr, la frazione di riciclaggio degli scarti destinati a biogas, ammonta ad un suo 25%, pari a 0.87t.

La formula per calcolare la massa W dei rifiuti non recuperabili, tenendo conto delle considerazioni e che tutta la pollina è utilizzata, è la seguente:

$$W0 = W(1 - CR - CU); W0 = 3.49(1 - 0.25 - 0) ; \mathbf{W= 2,62(t)}$$

Per il ciclo biologico è stato considerato il fattore di conversione di utilità (X_c), calcolato come il complementare del tasso di mortalità. In relazione alla formula (9) e ai dati per l'allevamento biologico, si sono utilizzati valori medi per una maggiore standardizzazione (*Tabella 5.8*).

Tabella 5.8 Valori medi per il calcolo del tasso di mortalità

Input	Materiali	Numero
Input 1	Polli Inizio	7.650
Input 2	Polli morti	360

La formula per calcolare il fattore di conversione di utilità è la seguente:

$$X_c = 1 - \left(\frac{Nm}{Ni} * 100 \right) ; X_c = 1 - \left(\frac{360}{7.650} * 100 \right) = \mathbf{0,953}$$

L'ultimo dato necessario per la computazione del MCI è l'indice di flusso lineare (IFL), ovvero la parte di produzione che non può circolare.

La formula per calcolare il fattore di conversione di utilità è la seguente (10)

$$LFI = \frac{V+W_o}{2M} ; LFI = \frac{50.29+2.62}{2*49,9} ; LFI = \mathbf{0,5301}$$

L'indicatore di circolarità materiale di un prodotto può ora essere definito considerando l'indice di flusso lineare $F(x)$ costruito in funzione dell'utilità che determina l'influenza dell'utilità del prodotto sul suo MCI.

La formula per calcolare il fattore di conversione di utilità è la seguente (11)

$$MCI_p^* = 1 - LFI * F(X); MCI_p^* = 1 - 0,5301 * (0,953); MCI_p^* = \mathbf{0,4948}$$

5.4 MCI ALLEVAMENTI INTENSIVO

Il calcolo dell'MCI parte dalla valutazione degli input coinvolti e dalla loro trasformazione in materiale vergine.

In relazione alla formula (7) e ai dati per l'allevamento intensivo, i valori medi considerati sono i seguenti (*Tabella 5.9*).

Tabella 5.9 Valori medi per la massa dei polli e del mangime

Input	Materiali	Massa(t)
Input 1	Polli	2.55
Input 2	Mangime	1.366,26

L'indice di conversione alimentare, FCR 1.9 è preso dalla bibliografia (*Stefanon e Mele, 2018*).

La formula per calcolare la massa finale è la seguente:

$$V = \frac{Mf}{FCR} + Ma ; V = \frac{1.366,26}{1,9} + 2.55 ; V = \mathbf{721,63 (t)}$$

Per quanto concerne la massa W dei rifiuti non recuperabili attribuiti al prodotto, nell'allevamento intensivo a differenza dell'allevamento biologico la pollina non viene interamente utilizzata per la produzione di compost. Quindi si devono considerare tutti i fattori della formula (8).

In relazione ai dati per l'allevamento intensivo (peso vivo a macellazione e numero di polli a fine ciclo) si è ottenuto un valore M, produzione di carne, di 719 tonnellate.

Della produzione, gli scarti totali (W) ammontano ad un 7%(α) di M, ovvero 50,33 t. Il valore di Cr, la frazione di riciclaggio degli scarti destinati a biogas, ammonta ad un suo 25%, pari a 12.6t. Dal momento che gli scarti non sono recuperati per compostaggio o altro, la frazione riutilizzata (Cu) è pari a 0.

Per quanto concerne la seconda fonte del prodotto non recuperabile, data la pollina prodotta (130g/gg), l'età di macellazione (53 gg) e il numero totale medio di polli a fine ciclo (276.327), il valore di MA è pari a 1904(t).

Dato che l'azienda ricicla metà della pollina destinandola alla produzione di biogas mentre l'altro quantitativo è venduto (quindi non si ha nessun recupero di azienda), il valore di pollina riciclata (CRA) e riutilizzata (CUA) è rispettivamente 50% e 0%.

La formula per calcolare la massa W dei rifiuti non recuperabili, tenendo conto delle considerazioni, è la seguente:

$$W_0 = W(1-CR-CU) + MA(1-CRA-CUA); 50,33(1-0.25-0) + 1904(1-0.5-0); W_0 = \mathbf{989,75 (t)}$$

Anche per questo caso è stato considerato il fattore di conversione di utilità (xc), calcolato come il complementare del tasso di mortalità. In relazione alla formula (9) e ai dati per l'allevamento intensivo, si sono utilizzati valori medi per una maggiore standardizzazione.

Tabella 6 Valori medi per il calcolo del tasso di mortalità

Input	Materiali	Numero
Input 1	Polli Inizio	63.700
Input 2	Polli morti	2.294

La formula per calcolare Il fattore di conversione di utilità è la seguente:

$$Xc = 1 - \left(\frac{Nm}{Ni} * 100\right) ; Xc = 1 - \left(\frac{2.294}{63.700} * 100\right); Xc = \mathbf{0,964}$$

L'ultimo dato necessario per la computazione del MCI è l'indice di flusso lineare (IFL), ovvero la parte di produzione che non può circolare.

La formula per calcolare Il fattore di conversione di utilità è la seguente (10)

$$LFI = \frac{V+W_0}{2M}; LFI = \frac{721,63+989,73}{2*719}; LFI = \mathbf{1,19}$$

L'indicatore di circolarità materiale di un prodotto può ora essere definito considerando l'indice di flusso lineare F(x) costruito in funzione dell'utilità che determina l'influenza dell'utilità del prodotto sul suo MCI.

La formula per calcolare Il fattore di conversione di utilità è la seguente (11)

$$MCI_p^* = 1 - LFI * F(X); MCI_p^* = 1 - 1,192 * (0,964); MCI_p^* = \mathbf{\sim 0}$$

5.4.1 Gestione alternativa nell'allevamento intensivo

Dato il basso valore MCI dell'allevamento intensivo, si sono ipotizzate gestioni alternative per individuare la strategia più circolare e quindi un valore più alto dell'indicatore.

Nello specifico si è analizzato:

- La variazione del MCI nel caso in cui *la pollina* invece di essere venduta a soggetti terzi (CUA=0 e CRA=50), è utilizzata per la produzione di compost e quindi recuperata in azienda. Si riporta (*Tabella 6.1*) quindi la variazione dei rifiuti non recuperabili e dell'Indicatore in relazione all'aumento progressivo di CUA.

Tabella 6.1 Variazione MCI in relazione all'aumento di CUA

CUA (%)	Wo (t.)	MCI
10	879,9	0,02
15	704,3	0,04
20	608,5	0,11
25	513	0,17
30	418,1	0,24
35	322,9	0,3
45	132,5	0,43
50	37,3	0,49

Fonte: Elaborazione propria

- La variazione del MCI nel caso in cui la gli scarti avicoli (Cu) invece di essere solamente utilizzati per la produzione di biogas (Cr 25% e Cu=0) sono recuperati in azienda mediante la produzione di concime. Agendo su questa frazione, la quale rappresenta solo 50.33 t., l'indicatore non cambia e assume sempre il valore di 0.

In conclusione, la computazione dell'Indicator Material Circularity modificato delinea come l'allevamento avicolo biologico presenti una maggiore circolarità (MCI 0.49), rispetto all'intensivo. In realtà è difficile stabilire se il valore è buono o no, in quanto,

secondo la fondazione EllenMcArthur (*Mac Arthur, 2015*) per i prodotti industriali, i valori MCI compresi tra 0.1 e 0.60 indicano un processo lineare. A fronte di ciò il risultato è interessante perché nonostante il processo a carattere biologico, gestione percepita come non industriale e circolare, il valore ottenuto non è poi così elevato. Inoltre il presente lavoro è un primo tentativo di calcolo di MCI modificato, quindi non è possibile confrontare tale risultato con altri allevamenti avicoli biologici.

Rispetto all'intensivo, la gestione biologica riesce sicuramente a fare maggiore sinergia tra attività di recupero e riutilizzo, ma la sua gestione richiede più efficienza per aumentare la circolarità. In particolare l'azienda deve attuare interventi di recupero degli scarti per aumentare il valore di Cu, in quanto solamente il 25% degli scarti totali (Cr) sono destinati alla produzione di biogas, il rimanente (Cu=0) segue purtroppo la via dello smaltimento

Per quanto concerne l'analisi dell'allevamento intensivo, il risultato (MCI ~ 0) indica che la gestione verte *completamente* in un processo lineare (per definizione l'MCI assume un valore compreso tra 0 e 1 dove 0 è la linearità e 1 rappresenta la circolarità).

In particolare il risultato sottolinea il fatto che il processo di produzione intensiva, proprio per il suo carattere industrializzato, è un ciclo assolutamente non circolare, nonostante nel caso oggetto di studio, ci sia almeno una gestione dei rifiuti. In merito a questo, in relazione alle caratteristiche gestionali dell'azienda emerge come il recupero della pollina (CUA) mediante la produzione di compost permetta di alzare interessatamente il valore dell'indicatore MCI.

5.5 CONSIDERAZIONI LCA NEL SETTORE AVICOLO

Nel settore zootecnico sono necessari strumenti di valutazione completi che descrivano in modo affidabile gli impatti ambientali di diversi allevamenti al fine di sviluppare sistemi di produzione agricola sostenibili e con impatti minimi sull'ambiente. Uno strumento con il MCI da solo non basta per tali tipi di considerazioni ma deve essere visto come uno strumento complementare ad altri, come l'analisi del ciclo di vita (LCA- Life Cycle Assesment), che è uno dei metodi più utilizzati per valutare l'impatto degli allevamenti (*Meier et al., 2015*). Si tratta di una metodologia che analizza la storia di un prodotto o di un processo in tutte sue fasi relative al suo ciclo di vita, descrivendone le prestazioni energetiche e ambientali attraverso appositi modelli operativi.

La sua applicazione contemporanea con il MCI è interessante perché può confrontare la sostenibilità ambientale dei prodotti agricoli convenzionali e biologici in agricoltura, portare a miglioramenti nella sostenibilità ambientale lungo la catena del pollame e quindi costituire la base per le decisioni per politici, produttori e consumatori. L'utilizzo dei due strumenti è anche suggerito proprio dalla McArthur Foundation (*EMF 2015*).

Nonostante vi sia un numero limitato di studi che considerano le performance ambientali nella catena della carne, in particolare nel settore avicolo (*Skunca et al., 2015*), esistono lavori interessanti utili per il presente lavoro di tesi (*Castellini et al., 2012*). In particolare in Castellini et al. (2012) viene effettuato, analogamente alla computazione dell'MCI della presente tesi, un confronto tra diversi sistemi di produzione del pollame. Lo studio ha analizzato la diversa sostenibilità di un allevamento convenzionale, organico e biologico-plus (categoria è composta da requisiti più ristrettivi per migliorare il benessere degli animali e la qualità delle carni) considerando le performance avicole sotto più aspetti, tra le quali quella ambientale.

L'analisi e la valutazione delle diverse alternative fa emergere che *complessivamente* l'organico plus (OP) presenta performance migliori rispetto al convenzionale e al biologico, però tale risultato deve essere analizzato attentamente. Difatti per quanto concerne la dimensione ambientale (LCA), l'OP, a causa del basso rendimento di crescita (conversione dei mangimi, peso vivo) e quindi periodo di allevamento più lungo, assieme

ad una maggiore disponibilità di pascoli, genera un maggiore impatto sull'ambiente (maggiore uso del suolo, eco-tossicità¹⁵, combustibili fossili e impronta ecologica¹⁶) rispetto alla gestione biologica e convenzionale.

Analizzando invece la dimensione ambientale tra l'organico e convenzionale (*Castellini et al., 2012*) emerge, parallelamente ai lavori simili (*Boggia et al., 2010*) (*Castellini et al., 2006*) la migliore performance della gestione organica.

Anche in questo caso, tale risultato non deve prescindere dall'analizzare *dettagliatamente* i singoli risultati in quanto si delineano valori interessanti che sottolineano, come dimostrato con l'MCI, la necessità di non trascurare l'allevamento avicolo biologico come se fosse una gestione indice di benessere ambientale e secondo la visione dell'EC, patria del metabolismo *biologico*. Infatti *l'organico rispetto al convenzionale*, non è esente da impatti, anzi richiede un maggiore uso del suolo, comporta maggiore eco-tossicità e detiene una maggiore impronta ecologica.

Tale metodologia pur essendo specifica e dettagliata, comunque non è esente da criticità concettuali ed operative. L'analisi LCA su *prodotti* provenienti da sistemi di agricoltura biologica e convenzionale spesso non differenzia adeguatamente le caratteristiche specifiche del rispettivo sistema di allevamento. Questo si ripercuote nella definizione degli obiettivi, del campo di applicazione e analisi dell'inventario. Inoltre, spesso la valutazione verte solo un numero limitato di categorie di impatto, non consentendo una valutazione ambientale completa. Complessivamente l'analisi tende più a studiare i diversi sistemi di gestione che i diversi prodotti, trascurando diverse variabili che potrebbero incidere sulla valutazione. I punti più critici si riferiscono in particolare ai flussi di azoto (N) che influenzano l'acidificazione, eutrofizzazione, riscaldamento globale e biodiversità (*Meier et al., 2015*).

¹⁵ Perdita potenziale di piante per m²

¹⁶ Secondo l'approccio energetico, rappresenta l'emissione di diossido di carbonio espressa quantitativamente in tonnellate, e di conseguenza la quantità di terra deforestata necessaria per assorbire le suddette tonnellate di CO₂

CONCLUSIONE

Data la necessità della transizione verso un modello di economia circolare e l'impatto ambientale del settore avicolo, il presente lavoro ha analizzato lo stato dell'arte della nuova disciplina economica e ha calcolato in diverse condizioni di allevamento avicolo (intensivo, biologico) la circolarità del materiale mediante l'MCI (indicatore di circolarità del materiale).

1 - Per quanto concerne lo stato dell'arte, mediante la ricerca in letteratura è emersa una mancata reale diffusione e implementazione a livello aziendale (*Linder e Willinader, 2017*). Inoltre dalle analisi e ricerche (*Prieto-Sandoval et al., 2018*) (*Batista et al., 2018*) (*Moraga et al., 2019*) si delinea che non vi è un concetto comune di economia circolare. I diversi attori hanno interpretazioni distinte di ciò che la CE potrebbe o dovrebbe raffigurare. Spesso per maggior parte dei paesi l'economia circolare significa solamente una migliore gestione dei rifiuti (*Dodick e Kauffman, 2020*). Infatti in Europa la maggior parte degli sforzi sono stati connessi al trattamento e al riciclo dei rifiuti, con l'obiettivo generale di ridurre la quantità di discariche.

Questo si ripercuote sulla reale capacità di misurare la circolarità in tutti i suoi aspetti. Difatti, nonostante l'interesse da parte delle istituzioni e ricercatori, i diversi autori fanno emergere che la misurazione della circolarità è ancora nelle prime fasi e che molto deve essere ancora fatto per consentire una misurazione della circolarità a livello micro, cioè a livello del singolo prodotto (*ICESP, Gdl 3, 2018*) (*Moraga et al., 2019*) (*Kristensen e Mosgaard, 2019*). Si tenga conto che tra gli articoli pubblicati negli ultimi 10 anni (*Elia et al., 2017*) solamente 16 indicatori rispondono al tema di "valutazione" "economia circolare" "indicatore" e "misura".

Nonostante le problematiche, le opportunità che il nuovo paradigma offre sono multisetoriali: a livello ambientale si stima una riduzione di gas serra del 48% entro il 2030 e dell'83% entro il 2050 rispetto ai livelli del 2012 (*Ellen MacArthur e McKinsey, 2015*); lato economico, il risparmio (*Lawton, K. 2013*) varia da 245 miliardi di EUR a 604

miliardi di EUR, pari a una media di 3–8% del fatturato annuo: a livello sociale si stima massimo di 178.000 nuovi posti di lavoro entro il 2030 (EEA, 2016).

L'analisi della circolarità a livello globale, ha fatto emerge che i paesi industrializzati registrano dal 2011 (UNEP, 2007) una riduzione del consumo pro-capite di materiale e del divario rispetto ai paesi emergenti.

Nel contesto europeo, l'Italia nel 2017 ha un valore di consumo interno pari a circa 7 tonnellate pro capite, il più basso dei Paesi G7 e tra i più bassi in ambito EU28. A ciò va aggiunto la grande efficienza produttiva (3 euro di Pil per ogni kg di risorse, contro un valore medio europeo di 2,24 €/kg), riciclo e occupazione. Questo non deve precludere l'analisi della circolarità in più settori. Emerge infatti (Brunori et al., 2019) che l'Italia rispetto alle grandi economie quali Spagna- Francia-Germania-UK, registra (dati del 2016) un basso numero di brevetti, investimenti in tema della circolarità, basso valore di energia rinnovabile ed elevata produzione di rifiuti.

2- Per analizzare la circolarità del materiale, lo studio confronta due diversi tipi di allevamento avicolo, il convenzionale e il biologico. Per ogni sistema si sono utilizzati i dati relativi a due siti per un totale di quattro aziende oggetto di analisi.

La misurazione della circolarità è fondamentale per il settore agricolo perché se l'agricoltura tradizionale incorporava il riutilizzo ciclico dei sottoprodotti, l'attuale modello di agricoltura industriale è diventato molto più lineare, consumando materiali e smaltendo rifiuti (Chertow, 2000). *Questo dinamica purtroppo è sottovalutata nella misurazione, in quanto l'agricoltura è considerata più circolare di un processo tecnico ed è associato al ciclo biologico dove i materiali ritornano in biosfera con nulle o minime perdite.*

Questo non è vero perché la filiera zootecnica ha sempre delle perdite e la necessità di elevate produzioni in tempi sempre più brevi, ha trasformato ormai l'avicoltura in un'industria produttiva (Soli, 2017) e dove perfino l'allevamento biologico si è ormai "standardizzato".

La computazione dell'indicatore dimostra infatti che il sistema intensivo, nonostante abbia una gestione dei rifiuti assume un valore minimo, $MCI=0$, indice di un processo praticamente LINEARE. La metodologia prevede che l'MCI varia da 0 a 1, dove 0 rappresenta la linearità e 1 la circolarità. Si è calcolato che con una gestione alternativa focalizzata ad un recupero della pollina in azienda mediante compost, la circolarità aumenta fino a raggiungere il valore di 0.5.

Una certa linearità del processo la si registra anche nell'allevamento biologico con un valore di 0.49, in quanto secondo le indicazioni della fondazione Mc-Arthur (*McArthur, 2015*) il valore è ai limiti della circolarità. L'azienda dovrebbe attuare una migliore gestione degli scarti in quanto solo il 25% sono destinati alla produzione di biogas, il rimanente percorre la via della discarica. Dal momento che l'MCI è designato per prodotti industriali, tali indicazioni riguardano il ciclo tecnico.

Inoltre attraverso dati LCA di letteratura (*Castellini et al., 2012*) emerge che questa gestione per determinati fattori impatta maggiormente a livello ambientale rispetto al convenzionale.

Applicato alla produzione animale, l'MCI modificato è un indicatore utile per: (i) confrontare i diversi tipi di allevamento; (ii) fornire una prima valutazione del grado di circolarità nel settore agricolo. Tuttavia, a causa della peculiarità dell'agricoltura stessa e dell'assenza di *indicatori per i processi biologici*, l'MCI è stato modificato (*Rocchi, 2019*) con precisione per adattare meglio questi tipi di produzione.

L'MCI modificato fornisce un'indicazione di quanto i materiali di un prodotto circolano, non prende in considerazione ciò che questi materiali sono, né fornisce informazioni su altri impatti del prodotto. Quindi un'analisi più accurata richiede indicatori complementari, così come l'uso di LCA (Life Cycle Assessment). L'applicazione della LCA permette di considerare altri impatti, come il consumo energetico nel processo o l'acqua utilizzata per le operazioni di pulizia, che non sono presi in considerazione dalla metodologia MCI.

Concludendo sono necessari ulteriori sviluppi del presente lavoro. In particolare, in questa prima applicazione la fase di consumo non è considerata affatto, mentre è importante includerla per la produzione di rifiuti non recuperabili.

BIBLIOGRAFIA

- Adibi, N., Lafhaj, Z., Yehya, M., Payet, J., (2017). *Global Resource Indicator for life cycle impact assessment: applied in wind turbine case study*. J. Clean. Prod. 165, p. 1517–1528.
- Ancona, G., (2019). *Avicoltura, un made in Italy che vale 5,7 miliardi*. Tratto da <https://www.italiaatavola.net/alimenti/tendenze-e-mercato/2019/6/26/avicolturamade-in-italy-vale-5-7-miliardi/61544/>
- AVEC. (2018). Annual report.
- AVEC. (2019). Annual Report.
- Azevedo, S., Godina, R., Matias, J., (2017). Proposal of a sustainable circular index for manufacturing companies. Resources 6, p. 63.
- Batista, L., Bourlakis, M., Smart, P., & Maull, R., (2018). *In search of a circular supply chain archetype—a content-analysis-based literature review*. Production Planning & Control, 29(6), p. 438-451.
- Beaulieu, L., Durme, G. V., & Arpin, M. L. (2015). *Circular Economy: A Critical Review of Concepts* Montréal: International Reference Centre for the Life Cycle of Products, Processes and Services. Tratto da: <file:///C:/Users/User/Desktop/LCA%20tesi/guardare%20fig%202.pdf>
- Boggia, A., Paolotti, L., Castellini, C., (2010). *Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic-plus poultry production systems using life cycle assessment*. World Poult. Sci. J. 66, p. 95-114
- Boggia, A., Paolotti, L., Antegiovanni, P., Fagioli, F. F., & Rocchi, L., (2019). *Managing ammonia emissions using no-litter flooring system for broilers: Environmental and economic analysis*. Environmental Science & Policy, 101, p. 331-340.
- Bonazzi, G., (2007). *Condizioni d'allevamento del pollo da carne*. Tratto da Dossier WPSA: http://www.crupa.it/media/documents/crupa_www/Settori/Ambiente/Download/Archivio-27/AVBonazzi.pdf
- Brunori, C., Barberio, G., Cutaia, L., Innella, C., Fantin, V., Cortesi, S., ... & Sbaffoni, S., (2019). *Rapporto sull'Economia Circolare in Italia-2019*. Tratto da: https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-volumi/2019/rapporto-sulleconomia-circolare-in-italia-_2019.pdf
- Bjørn, A., & Strandesen, M., (2011). *The Cradle to Cradle concept-is it always sustainable?*. In The Life Cycle Management (LCM) conference: Towards Life Cycle Sustainability Management.

- Castellini, C., Bastianoni, S., Granai, C., Dal Bosco, A., Brunetti, M., 2006b. *Sustainability of poultry production using the emergy approach: comparison of conventional and organic rearing systems*. *Agric. Ecosyst. Environ.* 114, p.343-350.
- Castellini, C., Dal Bosco, A., Mugnai, C., (2009). *Animal Welfare in Organic Poultry System*. In: *2nd Mediterranean Poultry Summit*. Antalya, Turkey, p. 227-233.
- Castellini, C., Boggia, A., Cortina, C., Dal Bosco, A., Paolotti, L., Novelli, E., & Mugnai, C. (2012). *A multicriteria approach for measuring the sustainability of different poultry production systems*. *Journal of Cleaner Production*, 37, p. 192-201.
- Chertow M.R. (2000), *Industrial symbiosis: literature and taxonomy*, Annual review of energy and the environment, vol. 25, n. 1, pp. 313-337. Tratto da:
<https://pdfs.semanticscholar.org/1a5f/dc68ba3eb4a8b61e2237401a8b0a813bb693.pdf>
- Econometrics, C. Bio Intelligence Service, (2014). *Study on Modelling of the Economic and Environmental Impacts of Raw Material Consumption*. Technical report 2478. European Commission. Brussels, Belgium. Tratto da
https://ec.europa.eu/environment/enveco/resource_efficiency/pdf/RMC.pdf
- Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F., (2017). *Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis*. *Journal of Cleaner Production*, 142, p. 2741-2751.
- Ellen MacArthur Foundation, (2013a) *Towards the circular economy*. *Journal of Industrial Ecology*, 2, p. 23-44. Tratto da:
https://www.werktrends.nl/app/uploads/2015/06/Rapport_McKinsey-Towards_A_Circular_Economy.pdf
- Ellen MacArthur Foundation, (2013b). *Towards the circular economy: Opportunities for the consumer goods sector*, Ellen MacArthur Foundation, Isle of Wight. Tratto da:
https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/TCE_Report-2013.pdf
- Ellen MacArthur Foundation, & McKinsey Center for Business and Environment, (2015). *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*. Ellen MacArthur Foundation, p.15-16. Tratto da
https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf
- Ellen MacArthur Foundation, (2015). *Circularity indicators: An approach to measuring circularity. Methodology*.
- Europea, C., (2008). *Relazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni*. Tratto da:
[http://mail.flai.it/ARCHFLAI.NSF/511db8cf867eb9cd802567f3004aa126/6e02c190cf1e9336c1256deb004b3db0/\\$FILE/proposta1.pdf](http://mail.flai.it/ARCHFLAI.NSF/511db8cf867eb9cd802567f3004aa126/6e02c190cf1e9336c1256deb004b3db0/$FILE/proposta1.pdf)

- Europea, C., (2011a). Commission staff Working Paper. Analysis associated with the Roadmap to a Resource Efficient Europe, Part II. Tratto da:

https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/working_paper_part1.pdf

- Europea, C., (2011b). *Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*. Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, COM (2011), 571.

- Europea, C., (2015). Comunicato stampa: *"L'anello mancante: la Commissione adotta un nuovo e ambizioso pacchetto di misure sull'economia circolare per rafforzare la competitività, creare posti di lavoro e generare una crescita sostenibile"*. Bruxel.

- Europea, C., (2018). Comunicato stampa: *"Economia circolare: con le nuove norme l'UE si pone in prima linea a livello mondiale nella gestione e nel riciclaggio dei rifiuti"*. Bruxel

- Europea C., (2019). Comunicato stampa *"L'anello mancante: la Commissione attua il piano d'azione per l'economia circolare"*. Bruxel.

- EEA, (2016). Report / No.2/ 2016: *Circular economy in Europe. Developing the knowledge base*. Luxembourg: European Environmental Agency.

Eurobarometer, S., (2016). *Public opinion in the European Union*. Report, Standard Eurobarometer Spring, 81. Tratto da:

https://es.kantar.com/media/1048638/eb83_first_en.pdf.

- Ekins, P., & Hughes, N., (2016). *Resource Efficiency: Potential and Economic Implications: Summary for Policy-makers*. United Nations Environment Programme.

- Di Tullio, E., Di Faustino, E., & Basile, M. (2016,). *L'avicoltura italiana: un modello sostenibile e di integrazione di filiera nel settore delle carni*. Tratto da NOMISMA: [file:///C:/Users/User/Downloads/Report-Nomisma2016%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Report-Nomisma2016%20(1).pdf)

- de Boer, I. J., & van Ittersum, M. K., (2018). *Circularity in agricultural production. Animal production systems and Plant production systems*. Wageningen University and Research. Tratto da:

https://www.nutrientplatform.org/wp-content/uploads/2019/06/3939_Circularity-in-agricultural-production-012019final.pdf

- De rita, G., Baldi, M., Amico, A., Coletta, V., (2018). Rapporto di ricerca. *Economia circolare: perché all'Italia conviene*. Agenzia Giornalistica Italia, Roma. Tratto da: https://www.savenrg.it/pdf/rapporto_agi_censis_ottobre_2018.pdf

- Di Maio, F., Rem, P.C., (2015). *A robust indicator for promoting circular economy through recycling*. J. Environ. Prot. 06, p. 1095-1104.

- Di Maio, F., Rem, P.C., Baldé, K., Polder, M., (2017). *Measuring resource efficiency and circular economy: a market value approach*. *Resour. Conserv. Recycl.* 122, p. 163–171.
- Dodick, J., & Kauffman, D., (2020). *A Review of the European Union's Circular Economy Policy. Report from Project The route to circular economy. Project funded by European Union's Horizon*. Tratto da <http://www.r2piproject.eu/wp-content/uploads/2017/04/A-Rview-of-the-European-Unions-Circular-Economy-Policy.pdf>
- Finlayson, A., Markewitz, K., & Frayret, J. M., (2014). *Postsecondary education in industrial ecology across the world*. *Journal of industrial ecology*, 18(6), p. 931-941.
- Fischer, J., Manning, A.D., Steffen, W., Rose, D.B., Daniell, K., Felton, A., Garnett, S., Gilna, B., Heinsohn, R., Lindenmayer, D.B., MacDonald, B., Mills, F., Newell, B., Reid, J., Robin, L., Sherren, K. and Wade, A., (2007). *Mind the sustainability gap*. *Trends Ecology and Evolution* 22, p. 621-624.
- Franklin-Johnson, E., Figge, F., & Canning, L. (2016). *Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance*. *Journal of Cleaner Production*, 133, p. 589-598.
- Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Koh, S. L. (2017). *Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications*. *Omega*, 66, p. 344-357.
- Geng, Y., Zhu, Q., Doberstein, B., Fujita, T., (2009). *Implementing China's circular economy concept at the regional level: a review of progress in Dalian, China*. *Waste Manag.* 29, p. 996-100.
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., & Xue, B. (2012). *Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis*. *Journal of cleaner production*, 23(1), p. 216-224.
- Gerber, P., Opio, C., & Steinfeld, H. (2007). *Poultry production and the environment—a review*. Animal production and health division, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Viale delle Terme di Caracalla, 153.
- Gerber, P. J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., ... & Tempio, G. (2013). *Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Tratto da:
file:///C:/Users/User/Desktop/documenti%20per%20inquinamento%20avicolo/FAO%202019.pdf
- Ginestreti G., (2017). *Il benessere in avicoltura ecco la normativa Ue*. Tratto da:

https://informatorezootecnico.edagricole.it/wp-content/uploads/sites/15/2017/03/IZ-2017-06_Altri-Allevam.pdf

- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). *A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems*. *Journal of Cleaner Production*, 114, p. 11-32
- Graedel, T.E., Allwood, J., Birat, J.-P., Buchert, M., Hagelüken, C., Reck, B.K., Sibley, S.F., Sonnemann, G., (2011). *What do we know about metal recycling rates?* *J. Ind. Ecol.* 15, 355–366.
- Grossi, G., Goglio, P., Vitali, A., & Williams, A. G. (2019). *Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies*. *Animal Frontiers*, 9(1), p. 69-76.
- Gustafsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., & Emanuelsson, A. (2013). *The methodology of the FAO study: Global Food Losses and Food Waste-extent, causes and prevention* -FAO, 2011. Tratto da <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:944159/FULLTEXT01.pdf>
- Guo-gang, J., (2011). *Empirical analysis of regional circular economy development study based on Jiangsu, Heilongjiang, Qinghai province*. *Energy Proced.* 5, p. 125-129.
- Guogang, J., Chen, J., (2011). *Research on evaluation of circular economy development*. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Innovation & Management*. Kitakyushu, Japan, p. 153-157.
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Heinz, M., (2015). *How circular is the global Economy?: an assessment of material flows, waste production, and recycling in the european union and the World in 2005: how circular is the global economy?* *J. Ind. Ecol.* 19, p. 765-777.
- Horbach, Jens, Klaus Rennings, and Katrin Sommerfeld, (2015). "*Circular economy and employment*." In 3rd IZA Workshop: Labor Market Effects of Environmental Policies. Tratto da: http://conference.iza.org/conference_files/enviro_2015/horbach_j11332.pdf
- Huysman, S., De Schaepmeester, J., Ragaert, K., Dewulf, J., De Meester, S., (2017). *Performance indicators for a circular economy: a case study on post-industrial plastic waste*. *Resour. Conserv. Recycl.* 120, p. 46–54.
- ICESP, Gdl 3, (2018). "*Strumenti per la misurazione della circolarità*". Tratto da: https://www.icesp.it/landing/docs/gdl/gdl3/REPORT_GdL3%20Strumenti%20per%20la%20misurazione%20dell'E2%80%99economia%20circolare.pdf
- ISEMA, (2019). *Scheda di settore 2019*.
- Kebreab, E., Clark, K., Wagner-Riddle, C., & France, J. (2006). *Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review*. *Canadian Journal of Animal Science*, 86(2), p. 135-157.

- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M., (2018). *Barriers to the circular economy: evidence from the European Union (EU)*. *Ecological Economics*, 150, p. 264-272.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J., (2018). *Circular economy: the concept and its limitations*. *Ecological economics*, 143, 37-46.
- Kristensen, H. S., & Mosgaard, M. A., (2019). *A review of micro level indicators for a circular economy—moving away from the three dimensions of sustainability?*. *Journal of Cleaner Production*, 118531.
- Lawton, K., (2013). European Commission: The opportunities to business of improving resource efficiency. Tratto da:
<https://ketlib.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/ket/1024/The%20opportunities%20to%20business%20of%20improving%20resource%20efficiency%20Annexes.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Lacy, P., Rutqvist, J., & Lamonica, B. (2016). *Circular Economy: Dallo spreco al valore*. EGEA spa. Capitolo 4.1
- Leip, A., Billen, G., Garnier, J., Grizzetti, B., Lassaletta, L., Reis, S., ... & Westhoek, H., (2015). *Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity*. *Environmental Research Letters*, 10(11), 115004.
- Li, R.H., Su, C.H., (2012). *Evaluation of the circular economy development level of Chinese chemical enterprises*. *Proced. Environ. Sci.* p. 13, 1595-1601.
- Linder, M., & Williander, M., (2017). *Circular business model innovation: inherent uncertainties*. *Business strategy and the environment*, 26(2), p. 182-196
- Linder, M., Sarasini, S., van Loon, P., (2017). *A metric for quantifying product-level circularity*. *J. Ind. Ecol.* 21, 545–558.
- Matsuno, Y., Daigo, I., Adachi, Y., (2007). *Application of Markov chain model to calculate the average number of times of use of a material in society. An allocation methodology for open-loop recycling. Part 2: case study for steel (6 pp)*. *Int. J. Life Cycle Assess.* 12, p. 34–39.
- Mark Esposito, T. T., & Soufani, K., (2015). *L'avanzata dell'economia circolare*. Harvard Business Review. Tratto da:
https://www.researchgate.net/profile/Mark_Esposito/publication/283843294_L'avanzata_dell'economia_circolare/links/5648406008ae451880acd566.pdf
- McDonough, W., & Braungart, M., (2002). *Remaking the way we make things: Cradle to cradle*. New York: North Point Press

- McKinsey, G., (2011). *Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food, and water needs*. Global Institute and Sustainability & Resource Productivity Practice. Tratto da:
https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Resource%20revolution/MGI_Resource_revolution_full_report.ashx
- Mangimi&Alimenti.it.,(2019). *Polli, al via una raccolta globale sulla diversità genetica*. Tratto da: <https://mangimiealimenti.it/articoli/2724-polli-al-via-una-raccolta-globale-sulladiversita-genetica>
- Massimo C. Raimondo O., (2018). 3° rapporto nazionale sulla sharing mobility. Tratto da http://osservatoriosharingmobility.it/wp-content/uploads/2019/07/come-sta-la-sharing-mobility_III-Rapporto-SM_13-e-FRONT.pdf
- MATTM e MSE, (2017).” *Verso un modello di economia circolare per l’Italia*”. Documento di *inquadramento e di posizionamento strategico*. Tratto da:
https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/national_strategy_for_circular_economy_11_2017_it1.pdf
- MATT- MSE (2018). *Economia circolare ed uso efficiente delle risorse. Indicatori per la misurazione dell’economia circolare*. Tratto da:
https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/economia_circolare_ed_uso_efficiente_delle_risorse_-_indicatori_per_la_misurazione_della_circularita_-_bozza_maggio_2018.pdf
- Meier, M. S., Stoessel, F., Jungbluth, N., Juraske, R., Schader, C., & Stolze, M. (2015). *Environmental impacts of organic and conventional agricultural products—Are the differences captured by life cycle assessment?*. *Journal of environmental management*, 149, 193-208.
- Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., ... & Dewulf, J. (2019). *Circular economy indicators: What do they measure?*. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, p. 452-461.
- Moriguchi, Y., (2007). Material flow indicators to measure progress toward a sound material-cycle society. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9(2), p. 112-120.
- Park, J.Y., Chertow, M.R., (2014). *Establishing and testing the “reuse potenti al” indicator for magagni Waste as resources*. *J. Environ. Manag.* 137, p. 45-53.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M., (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 179, p. 605-615.
- Pauliuk, S., (2018). *Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations*. *Resour. Conserv. Recycl.* 129, p. 81–92

- Potting, J., Hanemaaijer, A., Delahaye, R., Ganzevles, J., Hoekstra, R., & Lijzen, J., (2018). *Circular Economy: What We Want to Know and Can Measure-System and Baseline Assessment for Monitoring the Progress of the Circular Economy in the Netherlands*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency: Hage, The Netherlands. Tratto da: <file:///C:/Users/User/Downloads/circular-economy-what-we-want-to-know-and-can-measure-2018-netherlands.pdf>

- Poore, J., & Nemecek, T., (2018). *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers*. *Science*, 360(6392), p. 987-992.

- Qing, Y., Qiongqiong, G., Mingyue, C., (2011). *Study and integrative evaluation on the development of circular economy of Shaanxi province*. *Energy Proced.* 5, p. 1568-1578.

- Urbinati, A., Chiaroni, D., & Chiesa, V., (2017). *Towards a new taxonomy of circular economy business models*. *Journal of Cleaner Production*, 168, p. 487-498.

- UNEP (United Nations Environmental Programme), (2017). *"Resource efficiency: potenti al and economic implications"*, A Report of the International Resource Panel. Tratto da: https://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/resource_efficiency_report_march_2017_web_res.pdf

- Roadmap, R. E., (2011). *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, and the Committee of the Regions. Roadmap to a Resource Efficient Europe*, Brussels, 20, 2011. Tratto da: [https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com\(2011\)0571_1/com_com\(2011\)0571_en.pdf](https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2011)0571_1/com_com(2011)0571_en.pdf)

- Rocchi, (in corso di stampa). *Measuring circularity: an application of modified Material Circularity Indicator to Agricultural system*.

- Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., & Woznicki, S. A., (2017). *Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation*. *Climate Risk Management*, 16, p. 145-163.

- Sehnem, S., Vazquez-Brust, D., Pereira, S. C. F., & Campos, L. M., (2019). *Circular economy: benefits, impacts and overlapping*. *Supply Chain Management: An International Journal*.

- Scheepens, A.E., Vogtländer, J.G., Brezet, J.C., (2016). *Two life cycle assessment (LCA) based methods to analyse and design complex (regional) circular economy systems. Case: making water tourism more sustainable*. *J. Clean. Prod.* 114, p. 257–268.

- Skunca, D., Tomasevic, I., & Djekic, I. (2015). *Environmental performance of the poultry meat chain—LCA approach*. *Procedia Food Science*, 5, 258-261.
- Soli, V. (2017). *Il settore avicolo: problematiche e ruolo delle imprese leader, lavorare in AIA*. In *Lavorare in AIA*. Edizioni Ca'Foscari. p. 23-37.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). *A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation*. *Journal of cleaner production*, 42, p. 215-227.
- Silvestrini G., (2017). *Beyond linear economic patterns*. *Rivista eco-scienza*. Tratto da:
https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2017_2/ENG/Silvestrini_es2017_2ENG.pdf
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T. D., Castel, V., Rosales, M., Rosales, M., & de Haan, C., (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food & Agriculture Org. Tratto da: <http://www.fao.org/3/a-a0701e.pdf>
- Stefanon, B., & Mele, M., (2018). *Allevamento animale e sostenibilità ambientale: Le tecnologie*. G. Pulina (Ed.). FrancoAngeli, p. 369-371.
- Valli, L., Fabbri, C., & Bonazzi, G., (2007). *Controllo delle emissioni ed effetti sulla qualità dell'ambiente interno ed esterno nell'allevamento del pollo da carne*. Tratto da ARPAEA: https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/agrozootecnia/crpa/Controllo_emissioni_pollo.pdf
- Van Zanten, H. H., Van Ittersum, M. K., & De Boer, I. J., (2019). *The role of farm animals in a circular food system*. *Global Food Security*, 21, p. 18-22.
- Vanegas, P., Peeters, J.R., Cattrysse, D., Tecchio, P., Ardente, F., Mathieux, F., Dewulf, W., Duflou, J.R., (2018). *Ease of disassembly of products to support circular economy strategies*. *Resour. Conserv. Recycl.* 135, p. 323–334
- Xin, H., Gates, R. S., Green, A. R., Mitloehner, F. M., Moore, P. A., & Wathes, C. M., (2011). *Environmental impacts and sustainability of egg production systems*. *Poultry Science*, 90(1), p. 263-277.
- Wen, Z., Meng, X., (2015). *Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District*. *J. Clean. Prod.* 90, p. 211-219.
- Zaman, A.U., Lehmann, S., (2013). *The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a “zero waste city.”* *J. Clean. Prod.* 50, p. 123-132.
- Zink, T., Geyer, R., Startz, R., (2016). *A market-based framework for quantifying displaced production from recycling or reuse*. *J. Ind. Ecol.* 20, p. 719–729.

SITOGRAFIA

<https://www.eea.europa.eu/it/themes/waste/intro>

<https://www.anmvioggi.it/in-evidenza/68716-unpiano-per-ridurre-l-impatto-climatico-degli-allevamenti.html>

<https://www.wired.it/attualita/ambiente/2019/05/31/soia-ambiente-problema-globale-deforestazione/>

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/IP_15_6203

<https://www.unaitalia.com/mercato/annata-avicola/>

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

<https://www.eesc.europa.eu/it/news-media/news/economia-circolare-il-cese-e-il-momento-di-sfruttare-appieno-il-potenziale-dei-consumatori>

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/it/IP_15_6203

NORMATIVE

DIRETTIVA (UE) 2018/851 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti