

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse Naturali e Ambiente

DAFNAE

TESI DI LAUREA

STRATEGIE DI GESTIONE E ALIMENTAZIONE

PER RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE E

INCREMENTARE LA SOSTENIBILITA'

DEGLI ALLEVAMENTI DI BOVINI DA CARNE

Relatore:

Dott. Luigi Gallo

Laureando:

Paolo Simionato

Matricola n.

1221708

ANNO ACCADEMICO 2021-2022

INDICE

RIASSUNTO.....	4
ABSTRACT	5
INTRODUZIONE: CONSUMI DI CARNE.....	6
CAPITOLO 1:	10
1.1 COSA SI INTENDE PER SOSTENIBILITA'	10
1.2 SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS.....	11
1.3 BENESSERE ANIMALE	12
CAPITOLO 2:	14
2.1 SISTEMI PRODUTTIVI DEL BOVINO DA CARNE.....	14
2.1.1 STATI UNITI D'AMERICA	14
2.1.2 CANADA	15
2.1.3 MESSICO.....	15
2.1.4 EUROPA	16
2.1.5 BRASILE	16
2.1.6 ARGENTINA.....	17
2.1.7 URUGUAY	17
2.1.8 AUSTRALIA	17
2.1.9 CINA	17
2.1.10 INDIA.....	18
2.1.11 AFRICA	18
2.2 BOVINICOLTURA E SOSTENIBILITA'	18
CAPITOLO 3	19
3.1 PROBLEMATICHE BOVINI DA CARNE	19
3.1.1 IMPATTI SULL'USO DEL SUOLO	19
3.1.2 IMPATTI CLIMATICI E AMBIENTALI.....	20
3.1.3 PROBLEMI ALLA SALUTE.....	22
3.1.4 BENESSERE DEGLI ANIMALI	24

3.1.5 PROBLEMI IDRICI.....	25
3.1.6 FEED VS FOOD	26
CAPITOLO 4	28
4.1 VANTAGGI BOVINI DA CARNE.....	28
4.1.1 CIBO DA FITOMASSE NON COMMESTIBILI	28
4.1.2 PRESERVAZIONE DI SERVIZI ECOSISTEMICI	30
4.1.3 RICICLO DEI NUTRIENTI	31
4.1.4 BENEFICI SOCIALI	32
CAPITOLO 5	33
OPPORTUNITA' E INCREMENTO DELLA SOSTENIBILITA'	33
5.1 RIDURRE IL DIVARIO TRA PRODUTTORI E CONSUMATORI.....	33
5.2 MIGLIORAMENTO GENETICO.....	34
5.3 MAGGIOR USO DI TECNOLOGIA NEI SISTEMI DI PRODUZIONE	35
5.3.1 INTRODUZIONE	35
5.3.2 SENSORI PER L'ACQUISIZIONE DI DATI	36
5.3.3 AUTOMAZIONE E ROBOTICA.....	37
5.3.4 IoT	37
5.3.5 CLOUD COMPUTING E ANALISI DEI BIG DATA	38
5.3.6 PROBLEMI PER L'ADOZIONE DI NUOVE PRATICHE	38
5.4 COME SARANNO I FUTURI ALLEVAMENTI.....	40
CONCLUSIONI	42
CAPITOLO 6	44
BIBLIOGRAFIA.....	44

RIASSUNTO

Fin dalla loro domesticazione, i bovini hanno rappresentato una risorsa importante per l'uomo, per gli apporti nutritivi, la forza dinamica nelle attività di coltivazione e il contributo alla fertilità del terreno ottenibile con le loro deiezioni. La popolazione mondiale è progressivamente cresciuta nei secoli fino a raggiungere i quasi 8 miliardi dei giorni nostri. Questo ha comportato un aumento della domanda di cibo da parte della popolazione, che ha perciò portato ad un aumento del numero di capi allevati in una determinata porzione di territorio giungendo alla nascita degli allevamenti intensivi. Successivamente con un aumento generale della ricchezza della popolazione, dopo aver soddisfatto il fabbisogno di cibo, i consumatori iniziano a porre maggior attenzione non più alla quantità ma alla qualità e, in questi termini rientrano tutte le discussioni relative a benessere animale, impatto ambientale e sostenibilità economica. Negli ultimi decenni soprattutto il settore bovino è stato e continua ad essere bersaglio e oggetto di critica da parte dei social media e animalisti poiché accusato di contribuire in maniera notevole alle emissioni, in particolare metano, e quindi contribuire in modo importante al cambiamento climatico. Altra tematica molto sentita è quella relativa al benessere animale ma anche quella relativa al feed vs food, cioè la competizione dell'uso del suolo agricolo per la produzione di alimenti per l'uomo o per gli animali e, l'insicurezza alimentare, è un problema globale che alimenta instabilità sociale e migrazioni.

Viste le attuali problematiche relative alle fragilità ambientali e ai cambiamenti climatici, rendere gli allevamenti bovini più sostenibili deve essere un obiettivo prioritario dei sistemi di gestione degli animali.

Questo elaborato si prefigge quindi l'obiettivo di descrivere quali sono le principali problematiche rilevate dai consumatori per quanto riguarda l'allevamento bovino, per poi andare ad analizzare le effettive problematiche, ma anche i vantaggi, che l'allevamento bovino comporta. Infine nella presente tesi sono identificate possibili strategie da adottare per ridurre l'impatto ambientale degli allevamenti intensivi per renderli più sostenibili dal punto di vista ambientale, economico ma anche animale.

ABSTRACT

Since their domestication, cattle have been an important resource for humans, for nutrient inputs, dynamic strength in cultivation activities and the contribution to the fertility of the soil that can be achieved with their manures. The world's population has progressively grown over the centuries, up to almost 8 billion today. This led to an increase in the demand for food from the population, which therefore led to an increase in the wealth of the population, after having met the food needs, consumers begin to pay more attention no longer to quantity but to quality and, in these terms, all the discussion relating to animal welfare, environmental impact and economic sustainability fall. In recent decades, the cattle sector in particular has been and continues to be a target and criticized by social media, animal rights activists because it is accused of making a significant contribution to emissions, in particular methane, and thus making an important contribution to climate change. Another much-felt issue is that relating to animal welfare but also that relating to feed vs food, that is, the competition of the use of agricultural land for the production of food for humans or animals and, food insecurity, is a global problem, which feeds social instability and migration.

In view of the current environmental fragility and climate change issues, making cattle farms more sustainable must be a priority objective of animal management systems.

The objective of this paper is therefore to describe the main problems identified by consumers with regard to bovine farming, and then to analyse the actual problems, but also the advantages, that cattle farming entails. Finally, this thesis identified possible strategies to be adopted to reduce the environmental impact of intensive farms in order to make them more environmentally, economically and also animally sustainable

INTRODUZIONE: CONSUMI DI CARNE

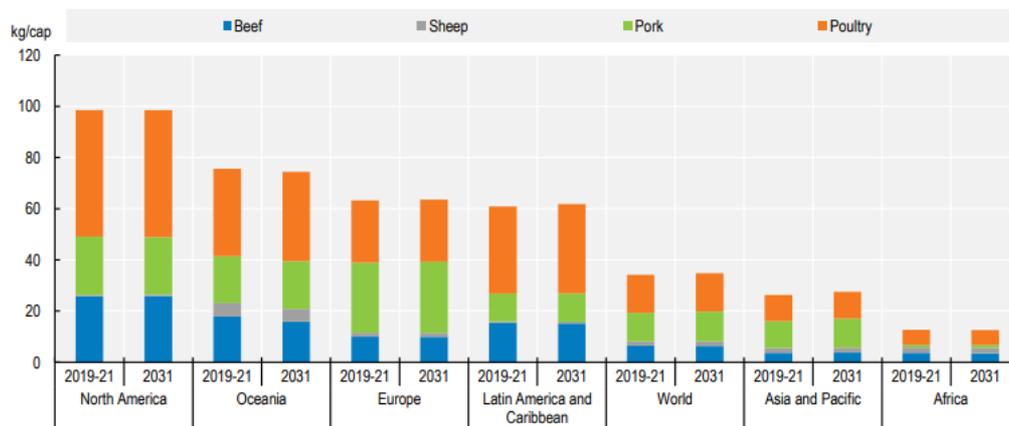
Gli esseri umani e gli animali convivono da secoli, e ciò ha consentito un'evoluzione dell'uomo da cacciatore-raccoglitore fino a diventare allevatore di bestiame. Ciò ha comportato una crescita esponenziale sia di esseri umani che di bestiame fino a un punto che viene ritenuto insostenibile in relazione alle risorse del pianeta (Pimentel e Pimentel, 2003, Foley et al., 2011, Tilman e Clark, 2014).

La crescita della popolazione è uno dei principali motori all'aumento della domanda e il suo aumento globale, previsto dell'11%, determinerà una crescita nel consumo globale della carne del 15% entro il 2031 (OECD/FAO 2022).

Tuttavia ci sono altri fattori che influenzeranno il consumo globale di carne, tra cui il reddito, i prezzi, la demografia, l'urbanizzazione, tradizioni, credenze religiose e ambientali, benessere etico/animale e problemi di salute. La crescita economica è un importante fattore nel consumo della carne in quanto consente l'acquisto di questa, che è una fonte più costosa di proteine e calorie. Ma la risposta dei consumi alla crescita del reddito è variabile, infatti l'aumento dei consumi è dimostrabile a redditi più bassi e meno a redditi più alti, dove i consumatori sono più sensibili alle tematiche relative al benessere animale/etico e all'ambiente. In particolare nei giovani europei, la riduzione del consumo della carne è attribuibile a una maggiore attenzione relativamente alle tematiche ambientali.

Nonostante ciò, a livello globale ci sarà comunque un aumento del consumo della carne. Ma se andiamo ad analizzare nel dettaglio la crescita del consumo della carne, notiamo che non tutte le categorie di animali aumentano allo stesso modo; infatti è necessario distinguere i monogastrici dai poligastrici.

Figure 6.3. Meat consumption per capita: Continued rise of poultry, pig meat and fall of beef



Note: Per capita consumption is expressed in retail weight.

Source: OECD/FAO (2022), "OECD-FAO Agricultural Outlook", OECD Agriculture statistics (database), <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>

StatLink  <https://stat.link/pqkuye>

Grafico 1-Consumo di carne nei diversi continenti

Il consumo di carne di pollame è aumentato praticamente in tutti i paesi. I consumatori infatti prediligono il consumo di questa rispetto ad altre tipologie per una serie di fattori: prezzi più bassi, consistenza e adattabilità prodotto maggior rapporto proteine/grassi rispetto ad altre tipologie.

Se analizziamo in particolare il consumo mondiale di carne bovina, notiamo che aumenterà a 76 Mt nei prossimi dieci anni. Tuttavia il consumo globale è diminuito dal 2007 e si prevede un ulteriore riduzione del 2% entro il 2031; infatti anche i paesi che hanno un consumo pro capite elevato di carne bovina vedranno un calo, a favore della carne di pollame.

Nei paesi a reddito maggiore il consumo di carne ha una crescita minore rispetto ai paesi con reddito più basso poiché c'è una maggiore attenzione relativamente alle problematiche ambientali e la produzione di carne comporta delle emissioni non indifferenti: infatti si prevede che le emissioni di gas serra dal settore della carne aumenteranno del 9% entro il 2031 (OECD/FAO 2022). Questo dato, inferiore al trend del decennio scorso, è da attribuire a una maggiore produzione di pollame ma è anche da considerare che le emissioni di gas serra dal settore della carne saranno notevolmente inferiori rispetto all'aumento di produzione che si avrà.

Figure 6.5. Meat GHG emissions intensity per regions

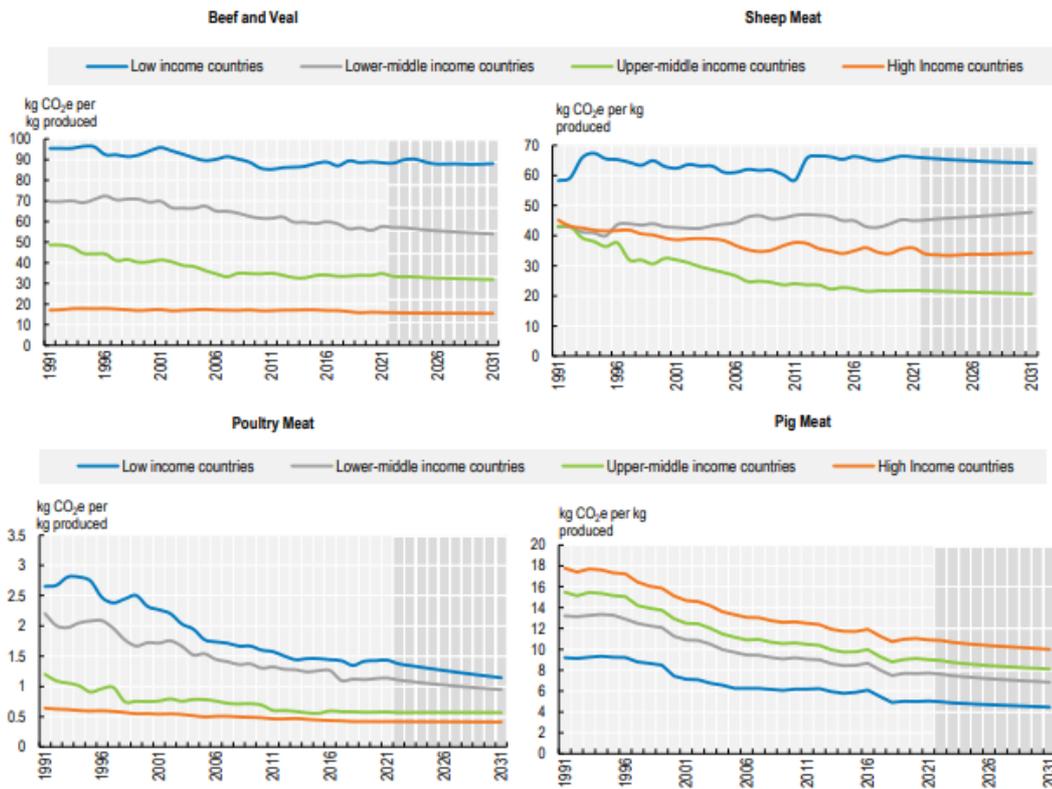


Grafico 2- Intensità delle emissioni di gas serra delle diverse categorie di animali allevati per regione

Analizzando le emissioni delle differenti categorie di animali allevati, è evidente come i poligastrici siano i principali responsabili delle emissioni del settore zootecnico.

Inoltre il principale gas serra emesso dai poligastrici, cioè il metano, seppur in riduzione, contribuisce notevolmente al riscaldamento globale a breve termine; perdura per un minor tempo in atmosfera rispetto all'anidride carbonica ma è molto più potente.

Negli ultimi decenni gli agricoltori del mondo, dotati di un numero migliore e maggiore di genotipi, fertilizzanti e altre innovazioni, hanno ottenuto guadagni importanti di produttività. Nell'ultimo mezzo secolo, la resa globale dei cereali è più che raddoppiata e la produzione di carne è più che triplicata (FAOSTAT, 2010). Ma la resa del cibo potrebbe dover aumentare del 50% o più nel prossimo mezzo secolo. Per tenere il passo, i tassi di aumento dei cereali, la più importante fonte di cibo, potrebbero dover almeno eguagliare gli impressionanti tassi raggiunti nei decenni passati. La sfida più grande potrebbe non essere semplicemente l'aumento di

produttività, ma il raggiungimento di questi maggiori rendimenti mentre si sfrutta il terreno in modo più sostenibile, pertanto la coltivazione di cibo può essere vincolata non tanto dall'incapacità di aumentare la resa, quanto ai limiti rigorosi che i nostri ecosistemi subiranno senza compromettere gli ecosistemi per le generazioni future.

CAPITOLO 1:

1.1 COSA SI INTENDE PER SOSTENIBILITA'

La definizione di sostenibilità è spesso trascurata ed è risaputo che in assenza di significato condiviso, difficilmente si giunge al soddisfacimento di determinati obiettivi. A ragione di questo, le Nazioni Unite e il Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (IPCC) hanno chiarito che la società non si sta muovendo abbastanza velocemente verso uno stile di vita sostenibile (IPCC, 2022; Programma di sviluppo delle Nazioni Unite, 2021). Questo dimostra che nonostante la consapevolezza di tali problematiche il concetto di sostenibilità non è ancora ben chiaro, sia nella letteratura che nella pratica (Moore et al., 2017; Weisser, 2017). Poiché la sostenibilità ha molti significati, giungere alla comprensione rappresenta una sfida; inoltre, l'uso eccessivo del termine in tutti i settori non ha fatto altro che ampliare il suo significato (Leal Filho, 2000). A sostegno di ciò è stato effettuato uno studio (Harvey T., Morales A., Middlecamp C. H., Defining sustainability in higher education institutions, Sustainability and climate change) nel quale è stato chiesto a 131 istituti di istruzione superiore degli Stati Uniti di dare una definizione del concetto di sostenibilità. Questo processo ha portato all'individuazione di quattro temi di sostenibilità: Triple Bottom Line, intergenerazionale, ambientale ed etico, ciascuno caratterizzato da una diversa definizione:

- Triple Bottom Line: fa riferimento all'equilibrio delle dimensioni ambientale, sociale ed economico;
- Intergenerazionale: soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future;
- Ambientale: riguarda la natura e le risorse naturali;
- Etico: si riferisce al fare la cosa giusta relativamente all'umanità, all'ambiente o ad altri aspetti della sostenibilità.

Dei quattro temi individuati, il tema intergenerazionale era il più comune (presente in 92 definizioni), seguito dal tema tridimensionale (presente in 87 definizioni).

I temi identificati in questo studio forniscono una comprensione di come la sostenibilità viene definita e comunicata negli istituti di istruzione superiore.

E' emerso inoltre che alcuni istituti definiscono la sostenibilità come un concetto strettamente ambientale (escludendo gli aspetti sociali), mentre per altri istituti, questo concetto viene definito come antropocentrico. Queste visioni differenti sono da identificare nel pensiero occidentale, per quanto riguarda la visione antropocentrica, della colonizzazione e dall'idea dell'eccezionalismo umano, mentre la visione del mondo ecocentrica incarna i valori indigeni del mutualismo e dell'interdipendenza della Terra e dell'umanità (Kimmerer, 2020). Chiaramente queste visioni opposte del mondo hanno implicazioni diverse e potrebbero portare a risultati diversi nel processo di pianificazione.

1.2 SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

Per affrontare i problemi globali dell'umanità, sono stati adottati 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (SDG) dalle Nazioni Unite. Per raggiungere gli obiettivi già citati è necessario che le future generazione, che saranno i futuri decisori, considerino importanti questi obiettivi. Nonostante la consapevolezza degli SDG sia aumentato, il 63% delle persone intervistate a un sondaggio condotto in 28 paesi europei ha affermato di non aver mai sentito parlare degli SDG; oggi la conoscenza degli SDG a livello globale è del 50% (Theresa et al., 2020), ma solo l'1% afferma di essere ben informato (Lampert e Papadongas, 2016).

Il sistema educativo e il livello di istruzione giocano un ruolo importante nell'incrementare la consapevolezza degli SDG. Pertanto, l'Organizzazione delle Nazioni Unite per l'educazione, la scienza e la cultura (UNESCO) ha sviluppato obiettivi di apprendimento per gli SDG a sostegno degli insegnanti (UNESCO, 2017).

Nonostante ciò, gli studenti hanno una conoscenza limitata degli SDG (Zamora-Polo et al., 2019).

E' stato perciò effettuato uno studio in cui è stato valutato il modo in cui gli studenti universitari, il cui percorso di studi è correlato alle problematiche ambientali, valutavano i 17 SDG. Ciascuno dei 17 SDG contiene tutti e tre i pilastri della sostenibilità, cioè sociale, economico e ambientale, e questo test ha dimostrato come gli studenti provenienti da paesi diversi valutavano le singole dimensioni in maniera differente. Per esempio, alcuni paesi valutavano i tre fattori di sostenibilità ugualmente importanti, in altri la componente ambientale è stata valutata come più importante

rispetto a quella economica, mentre in altri è stata valutata significativamente più alta degli altri fattori.

Quindi in circa due terzi dei paesi i tre fattori non sono considerati come ugualmente importante. Ciò è particolarmente evidente in alcuni paesi industrializzati dove il divario tra il fattore economico e gli altri due è particolarmente ampio. Infatti le questioni ambientali e lotta al cambiamento climatico sono viste come obiettivi particolarmente importanti in Nord America e in Europa (Theresa et al., 2020).

Inoltre quando si considerano i problemi nei paesi in via di sviluppo, le persone in Europa considerano particolarmente importanti le questioni relative alla componente sociale. Ciò porta alla valutazione che i fattori ambientali e sociali siano particolarmente importanti, mentre quelli economici sono percepiti come meno importanti.

In nessun Paese la componente ambientale è stata valutata come inferiore rispetto alle altre; questo è molto positivo in quanto i problemi ambientali sono più rilevanti che mai, i confini del nostro pianeta si stanno esaurendo sempre più e c'è urgente bisogno di un'azione a livello globale (Steffen et al., 2015) e purtroppo, si è arrivati a questo grado di criticità poichè in passato governi ed esperti davano priorità alla crescita economica e consideravano il danno ambientale un compromesso.

1.3 BENESSERE ANIMALE

La preoccupazione per il benessere animale non è una tematica recente, infatti alcune delle antiche regole religiose per la macellazione degli animali avevano lo scopo di ridurre il dolore nell'animale. Molti culti tra cui le religioni dei nativi americani, l'induismo e la tradizione aborigena Australiana, hanno individuato alcuni animali come sacri e hanno stabilito delle regolamentazioni su come tali animali dovessero essere utilizzati per il cibo o il servizio (Broom, 2003). Recentemente, l'interesse verso questa tematica è cresciuta, visto lo sviluppo di sistemi di allevamento intensivi, e una sempre maggiore sensibilità di una parte dell'opinione pubblica sulle modalità di gestione degli animali da reddito.

Per approfondire questa tematica è stato realizzato un questionario posto a circa mille utenti con domande sul benessere animale. I risultati di questo studio hanno permesso di comprendere come le persone che possiedono un'istruzione superiore presentano anche

maggiori conoscenze sul benessere animale, si preoccupano di come viene prodotto l'animale e sarebbero disposti a pagare di più per il benessere degli animali.

Pertanto rispetto al passato gli allevatori di animali per la produzione di cibo hanno sempre più la grande responsabilità di assicurarsi che i loro animali siano alloggiati, allevati, trasportati e lavorati con cura in tutte le fasi della filiera.

CAPITOLO 2:

2.1 SISTEMI PRODUTTIVI DEL BOVINO DA CARNE

Il bovino (*Bos taurus*), la forma domestica dell'uro estinto (*Bos primigenius*), è stato un animale importante per numerose civiltà antiche sin dalla preistoria, poiché fornisce non solo carne e latte come fonte di cibo, ma anche pelle, sangue, sterco, trazione e ossa (Sherratt, 1981; Evershed et al., 2008; Campbell et al., 2011). Oggi ci sono circa 1,5 miliardi di capi di bestiame nel mondo (FAOSTAT, 2020). La domanda di carne bovina è stata di 70 milioni di tonnellate nel 2019 e si prevede che aumenterà a 74 milioni entro il 2023.

I sistemi di produzione di carne bovina, specie nei paesi sviluppati, mirano a ottenere genotipi ad alta produttività, per massimizzare il reddito e limitare i costi di input, e ciò ha importanza particolare se consideriamo che i mangimi possono rappresentare il 60% dei costi di produzione.

I sistemi di produzione di carne bovina possono essere classificati come estensivi, che comprendono prati e pascoli, agropastorali, allevamenti misti e intensivi. I bovini nei sistemi di pascolo sono soggetti a livelli elevati di variazione ambientale, pertanto, vengono allevati genotipi più rustici in queste tipologie; solitamente è prevista anche un'integrazione nutrizionale per questi sistemi.

I sistemi più intensivi possono invece mantenere un maggior controllo sulla nutrizione e sull'ambiente e vengono tipicamente utilizzati per la produzione del bovino da carne e durante la finitura per garantire la qualità e le specifiche del prodotto.

Vediamo ora nel dettaglio i diversi sistemi produttivi adottati nei Paesi/ regioni geografiche più rilevanti nella produzione del bovino da carne.

2.1.1 STATI UNITI D'AMERICA

Gli Stati Uniti rappresentano il paese con il peso medio della carcassa più alto se consideriamo tutti i paesi produttori di carne bovina. Sono presenti circa 30 milioni di bovini da carne con le razze predominanti Angus, Hereford, Simmental, Red Angus, Charolais e Limousin (Drouillard, 2018). Gli USA, vista la notevole estensione presentano diverse condizioni geografiche, ambientali e agroclimatiche e ciò impone

l'adozione di diversi sistemi produttivi, ma ne troviamo tipicamente due, pascolo e feedlotting.

- Sistemi di produzione dei pascoli: le aziende di carne bovina nella regione centrale degli Stati Uniti utilizzano le estese praterie autoctone. I produttori utilizzano queste in combinazione con i residui di colture, foraggi raccolti e concentrati proteici. Nell'area occidentale i produttori affittano grandi aree di pascolo di proprietà federale per il pascolo primaverile ed estivo e utilizzano il pascolo o il foraggio immagazzinato come insilato e fieno su terreni privati durante l'inverno.
- Feedlotting: troviamo questa tipologia principalmente in Nebraska, Texas, Kansas, Iowa e Colorado, che hanno facile accesso a cereali e alta energia, in particolare mais ma anche sorgo e sottoprodotti di cereali (Drouillard, 2018). L'accesso ai sottoprodotti alimentari umani ha anche consentito la creazione di allevamenti in altre aree degli USA come Washington-Idaho. Le farine di semi di oleosi tra cui soia, semi di cotone, girasole e colza sono tradizionalmente fonti proteiche nelle diete dei mangimi degli USA, tuttavia, vari sottoprodotti possono sostituire alcune delle farine di semi oleose utilizzate per fornire proteine. La dieta feedlot in genere includono dal 40% al 70% di sottoprodotti della dieta.

2.1.2 CANADA

Il Canada possiede circa 11,5 milioni di capi di bestiame tra cui 2 milioni di bovini da latte e 9,5 milioni di bovini da carne. La produzione di carne bovina in Canada è al dodicesimo posto a livello globale. I sistemi di produzione di carne bovina nel Canada occidentale dove c'è la maggior parte del bestiame del Canada sono simili a quelli negli Stati Uniti centrali e occidentali, quindi feedlotting.

2.1.3 MESSICO

Il Messico ha fornito nel 2019 il 19% del totale delle importazioni della carne bovina degli Stati Uniti, risultando così il terzo fornitore più grande degli USA dopo Canada e

Australia. Il Messico presenta zone tropicali aride, semi-aride, temperate e umide e secche a cui sono quindi correlate sistemi produttivi differenti.

Tuttavia vengono utilizzati sempre più spesso il confinamento, il finissaggio semi-intensivo o il finissaggio in stalla del bestiame utilizzando razioni a base di concentrato, con il sorgo che è stato utilizzato come cereale primario all'interno delle razioni (Peel et al., 2011).

2.1.4 EUROPA

L'Europa possiede diverse tipologie di sistemi di produzione di carne bovina a seconda delle diverse regioni, l'entità della produzione lattiero-casearia all'interno delle regioni e le esigenze di mercato. In Europa la produzione di carne bovina è maggiore rispettivamente in Francia, Germania, Regno Unito, Italia, Spagna e Irlanda (Hocquette et al., 2018). Le zone di produzione europea di carne bovina possono essere classificate come montagnose settentrionali, pianure settentrionali, centrali e padane, alpine e mediterranee. I sistemi della Pianura Padana e della pianura settentrionale della Germania (The Northern Lowland) sono i più altamente produttivi per la carne bovina. Qui, le razze da carne includono razze europee molto muscolose a maturazione tardiva, razze britanniche a maturazione precoce e razze rustiche locali.

2.1.5 BRASILE

Il numero di bovini in Brasile è aumentato del 35% dal 1998, sebbene sia rimasto stabile negli ultimi anni (ABIEC, 2019). Il numero di capi di bestiame nei feedlot è in costante aumento. Sono presenti circa 162 milioni di ettari di pascoli che equivalgono al 19% degli 852 milioni di ettari del Brasile. La condizione di questi pascoli è variabile, infatti 137 milioni di ha (84%) sono classificati come in buone condizioni, 4,2 milioni (2,6%) sono pascoli in una fase avanzata di deterioramento biologico o agricolo.

Secondo l'ABIEC (2019), le aree di pascolo del Brasile sono ridotte da 192 a 162 milioni di ettari tra il 1990 e il 2018 ma nonostante ciò, la produzione di carne bovina e la deforestazione dell'Amazzonia brasiliana sono in aumento, con implicazioni negative sulla produzione di gas serra e quindi sul cambiamento climatico (Vale et al., 2019).

2.1.6 ARGENTINA

L'Argentina è al decimo posto tra i paesi esportatori di carne bovina, con produzioni sia di alta qualità che di qualità inferiore.

I pascoli erbosi sono i sistemi di alimentazione predominanti e possono includere anche l'integrazione con cereali e insilati. Il finissaggio del bestiame attraverso il sistema del feedlot ha rappresentato il 28% del bestiame macellato del 2016 (MLA, 2018a).

2.1.7 URUGUAY

L'Uruguay ha circa 12 milioni di bovini di cui 0,33 milioni di vacche da latte, ed è il settimo esportatore di carne bovina a livello internazionale.

I bovini sono prevalentemente allevati e finiti su pascoli temperate ma per la carne bovina da esportazione, si ha il finissaggio con cereali. Vengono allevati bovini di razze di origine britannica, in particolare Hereford, che costituisce il 65% del bestiame.

2.1.8 AUSTRALIA

L'Australia è il secondo esportatore di carne bovina al mondo e fornisce circa il 16% della carne bovina esportata, nonostante produca solo il 4% della produzione mondiale di carne bovina (MLA, 2020a). Il sistema di produzione più diffuso è il pascolo, presente nelle regioni costiere, aree interne aride, regioni subtropicali e temperate calde e fredde meridionali. I sistemi di produzione di carne bovina sono altamente stagionali, e vengono allevati bovini appartenenti alla specie *Bos indicus* Brahman poiché più adattati ai tropici e nelle regioni più siccitose e settentrionali.

2.1.9 CINA

La Cina aveva 86,5 milioni di capi di bestiame che hanno prodotto 6,85 milioni di tonnellate di carne bovina da 50 milioni di capi macellati nel 2019 (MLA, 2020a).

Più della metà della produzione di carne bovina in Cina deriva da piccoli allevamenti che producono annualmente meno di 10 capi all'anno e rappresentano il 90% dei produttori di carne bovina. Sono tuttavia presenti mandrie da pascolo più grandi in sistemi

estensivi del nord-ovest e diversi sistemi di allevamento intensivo nel sud-ovest. I sistemi estensivi utilizzano poca integrazione ma soprattutto residui colturali e cereali (Li et al., 2019).

2.1.10 INDIA

La mandria bovina nazionale Indiana di circa 309 milioni di capi è la più grande del mondo (FAOSTAT, 2020), ma ha il peso carcassa medio più basso delle principali nazioni produttrici di carne bovina. La produzione di carne bovina deriva principalmente da sottoprodotti dell'industria lattiero casearia e dell'uso di animali da tiro.

2.1.11 AFRICA

La produttività della produzione di carne bovina nell'Africa subsahariana è piuttosto scarsa e contemporaneamente la crescita della popolazione ha determinato un basso consumo pro capite (Otte e Chilonda, 2002, Otte et al., 2019).

I sistemi di produzione più presenti sono quelli pastorali e agropastorali; viste le difficili condizioni climatiche, vengono allevate razze bovine autoctone (Mwai et al., 2005) caratterizzate però da bassi tassi di parto, elevate mortalità dei vitelli e bassa produzione.

2.2 BOVINICOLTURA E SOSTENIBILITA'

La crescita della popolazione mondiale e la sottrazione di terreni produttivi per la produzione di bestiame sono alla base della necessità di migliorare la produttività e l'efficienza della produzione di carne bovina. La sostenibilità della produzione di carne bovina richiede quindi una migliore efficienza e produttività in azienda (Capper e Bauman, 2013) e catene del valore efficienti che premiano il raggiungimento delle specifiche del mercato.

Questi aspetti possono anche contribuire a ridurre gli impatti sull'ambiente e sul benessere degli animali necessari per la provenienza e la licenza sociale.

CAPITOLO 3

3.1 PROBLEMATICHE BOVINI DA CARNE

A livello globale, la produzione animale, con le attività a monte e a valle che ne derivano, possono essere una causa significativa di danni climatici, ambientali e sanitari (Buckwell e Nadeu, 2018). Alcuni dei danni sono comuni sia alla produzione animale che a quella agricola. E' il caso, ad esempio, dell'inquinamento delle acque, per cui l'origine dell'eccesso di nitrati nei corsi d'acqua può essere minerale e/o organica. Altri esempi sono specifici del settore animale, come la produzione enterica di metano (CH₄) da parte dei ruminanti o l'uso di antibiotici nell'allevamento, che aumenta il rischio di resistenza antimicrobica. La produzione animale è anche oggetto di critiche nell'uso delle risorse naturali: in particolare, l'uso della terra e dell'acqua potrebbe essere risparmiato aumentando la quota di prodotti vegetali direttamente consumati dall'uomo. La diminuzione della quota di prodotti animali nelle diete alimentari potrebbe anche ridurre gli impatti negativi sulla salute, che sono dovute anche al consumo eccessivo di prodotti animali (Bouvard et al., 2015). Un'ulteriore preoccupazione crescente è legata al benessere degli animali d'allevamento (Parlamento europeo, 2017).

Vediamo ora nel dettaglio le maggiori problematiche di cui è accusato il settore bovino.

3.1.1 IMPATTI SULL'USO DEL SUOLO

Il bestiame addomesticato e in particolare i ruminanti, sono diventati creature dominanti nella biosfera, infatti la loro biomassa supera la nostra e fa impallidire quella di tutti i mammiferi selvatici (Smil, 2002a, Smil, 2002b, Oenema and Tamminga, 2005). La loro presenza inoltre aumenterà visto l'aumento di domanda di prodotti zootecnici. Gran parte della domanda sarà soddisfatta da allevamenti intensivi (Naylor et al., 2005, Gerber et al., 2010) e si verificherà in paesi in via di sviluppo, in terre già vulnerabili (Bruinsma, 2003, Steinfeld et al., 2006, Lal, 2007).

Di tutti gli usi umani del suolo l'allevamento di bestiame occupa ora la quota maggiore (Steinfeld et al., 2006, Steinfeld e Wassenaar, 2007). Circa 31,5 milioni di chilometri quadrati (circa il 20-30% del totale globale) sono utilizzati per il pascolo e fino a un terzo della superficie coltivata (circa 15 milioni di chilometri quadrati) è utilizzato

per mangimi e foraggi (Asner et al., 2004 Goldewijk e Ramankutty, 2004, Monfreda et al., 2008, Ramankutty et al., 2008). E non sempre questa presenza è benigna, infatti talvolta può rappresentare un'incursione in altri biomi.

Particolarmente preoccupante è la perdita di foreste tropicali in Amazzonia, dove gran parte dell'area disboscata viene utilizzata per il pascolo e il bestiame è implicato come uno dei fattori principali della deforestazione (Steinfeld e Wassenaar, 2007, Herrero et al., 2009, Nepstad et al., 2009, UNEP, 2009, Barona et al., 2010). Tale cambiamento nell'uso del suolo può causare effetti dannosi di lunga durata, inclusa la perdita di habitat, biodiversità e stock di carbonio.

Se da un lato abbiamo una perdita della foresta amazzonica per via del disboscamento, dall'altro le aree forestali europee sono in aumento da diversi anni. Ma ciò non significa che l'UE non abbia alcuna responsabilità per la deforestazione mondiale. Infatti secondo recenti stime (EC, 2019b), l'UE sarebbe responsabile di circa il 10% della deforestazione globale attraverso l'importazione di diversi prodotti come legname, gomma, cacao, carne, mais, soia e olio di palma. La produzione e il consumo di animali europei contribuiscono a questa deforestazione attraverso l'importazione di carne ma soprattutto di ingredienti per i mangimi e in particolare di proteine, infatti l'UE produce solo il 30% dei prodotti ricchi di proteine che consuma (Muller e Bautze, 2017). I dati commerciali mostrano che nel 2012 sono state prodotte 175 milioni di tonnellate di farina di semi di soia a livello globale, di cui 62 milioni di tonnellate esportate (FAO, 2020). La conseguenza di questo è un impatto significativo sull'uso del suolo in paesi lontani dal sito di produzione del bestiame.

Inoltre, le attività di allevamento sono trasformatori secondari o terziari di piante e quindi richiedono più terra rispetto alle colture per fornire gli stessi livelli di calorie o proteine. Infatti sono necessari sei chilogrammi (kg) di proteine vegetali (da 2 a 10 kg a seconda della specie e dei sistemi di allevamento) per produrre 1 kg di proteine animali (Pimentel e Pimentel, 2003).

3.1.2 IMPATTI CLIMATICI E AMBIENTALI

Secondo l'Agenzia Europea dell'ambiente, nel 2017 il settore agricolo dell'UE-28 ha generato circa l'11% delle emissioni totali di gas serra europee in anidride carbonica

equivalente (Agenzia Europea dell'ambiente, 2019). Gli animali da allevamento hanno prodotto quasi il 60% di questa percentuale attraverso la fermentazione enterica dei ruminanti che porta ad emissioni di metano (CH₄) e attraverso la gestione del letame animale per tutte le specie che portano ad emissioni di CH₄ e protossido di azoto. Lessechen et al. (2011) hanno stimato che i bovini da latte e da carne rappresentassero l'80% delle emissioni totali di gas serra del settore zootecnico, davanti alla carne suina (16%) e alla carne da pollame (4%). Inoltre, quando si tiene conto delle emissioni legate alla produzione, al trasporto e alla lavorazione di mangimi, il settore zootecnico sarebbe responsabile di circa l'80% delle emissioni di gas serra dell'agricoltura europea (Leip et al., 2015).

Il CH₄ originato dalle fermentazioni ruminali e dallo stoccaggio, gestione e distribuzione delle deiezioni ha un impatto diverso sul riscaldamento climatico rispetto al protossido di azoto e dell'anidride carbonica: infatti, il CH₄ ha una vita breve in atmosfera rispetto a protossido di azoto e anidride carbonica ma è molto più reattivo rispetto all'anidride carbonica (1 CH₄ = 25 CO₂).

Il bestiame può generare altri danni ambientali di varia intensità, a seconda delle specie e dei sistemi di produzione. Infatti le emissioni gassose di ammoniaca, ossidi di azoto e composti organici volatili hanno effetti negativi diretti sulla qualità dell'ambiente, contribuendo alla formazione di polveri sottili e all'eutrofizzazione degli ambienti acquatici. La specializzazione degli allevamenti e la concentrazione geografica della produzione animale hanno portato a squilibri nutrizionali regionali, in particolare per l'azoto e il fosforo, che sono la fonte di inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria. Infatti il bestiame è una fonte primaria di perdita di N reattivo nell'aria e nell'acqua (Erisman e Sutton, 2008). La maggior parte di N ingerita viene prontamente escreta. A livello globale, l'N escreto è particolarmente vulnerabile alle perdite, infatti fino a metà o più dell'N ingerito dai bovini da carne nei feedlot può essere perso nell'atmosfera come NH₃ (McGinn et al., 2007, Van Haarlem et al., 2008, Todd et al., 2008). Il bestiame espelle anche grandi quantità di P (Bouwman et al., 2009). A differenza di quelle di N, le riserve di P sono finite (Gilbert, 2009, Van Vuren et al., 2010). Quindi le perdite non solo causano danni ambientali ma sprecano anche una risorsa in via di esaurimento.

Inoltre è opportuno effettuare un confronto tra le emissioni ottenute da sistemi a pascolo e intensivi. Infatti i sistemi intensivi, discriminati dal consumatore medio, sono

più efficienti in termini di utilizzo di combustibili fossili ed emissioni di gas a effetto serra per chilogrammo di prodotto finale. Questo non è il caso delle aree a pascolo.

A tal proposito è stato effettuato uno studio presso Teagasc, Animal & Grassland Research and Innovation Centre, Grange, County Meath, nel quale sono stati utilizzati ottanta tori di razza a maturazione tardiva (Charolais e Limousin) dal peso di circa 400kg e 323 giorni di vita. Questi sono stati assegnati casualmente a uno dei seguenti Quattro trattamenti diversi di rifinitura :

- Solo erba (G-0)
- Erba più 0,25 dell'assunzione di sostanza secca prevista come concentrato a base di orzo (G-25)
- Erba più 0,50 dell'assunzione prevista di sostanza secca come concentrato a base di orzo (G-50)
- Concentrati a base di orzo ad libitum e insilati di erba (ALC)

Se consideriamo le intensità di emissioni per animale, esse erano più alte per G-50 e più basse per G-0,, ma quando si considerano le prestazioni degli animali in termini di emissioni per kg di peso vivo deposto, aumento di peso della carcassa e aumento di peso della carne erano inferiori per ALC rispetto agli altri sistemi. Se poi consideriamo le emissioni espresse per ettaro, le emissioni di gas a effetto serra per ALC (0,452) e G-50 (0,237) erano maggiori di G-0 e G-25. La riduzione di emissioni di metano di ALC rispetto a G-0 è dovuto al contributo di emissioni associate al concentrato, che è stato considerato come emissioni di CO₂, perciò le emissioni di CO₂ sono aumentate per il sistema ALC (0,39) rispetto agli altri sistemi con valori di 0,17, 0,21 e 0,25 per G-0, G-25 e G-50 rispettivamente. La principale fonte di emissione era la fermentazione enterica che rappresentava il 0,59 per G-0 e 0,38 per ALC delle emissioni totali. Altre fonti di emissioni importanti valutate sono state le emissioni dovute alla produzione di fertilizzanti e mangimi, che rappresentava il 0,36 per ALC e lo 0,13 per G-0, e le emissioni di liquami e effluenti, che rappresentavano 0,09 per ALC e 0,1 per G-0 delle emissioni totali.

3.1.3 PROBLEMI ALLA SALUTE

La produzione animale è sempre più oggetto di discussione per motivi di salute. Le principali problematiche sanitarie sono legate all'impatto dell'uso di antibiotici nel

bestiame sulla resistenza antimicrobica e i potenziali effetti negativi sulla salute a causa di un consumo eccessivo.

All'inizio degli anni 2000, ogni anno a causa di infezioni causate da batteri resistenti agli antibiotici morivano circa 25 mila europei (Organizzazione Mondiale della Sanità, 2011). Parte del problema era dovuto al fatto che uomo e animali condividessero la stessa farmacopea. Dopo che nel 2006 l'uso di antibiotici come promotori della crescita è stato vietato, nel 2018 l'UE ha deciso di vietare l'uso di profilattici nell'allevamento dal 2022 in poi; è stato inoltre deciso di riservare gli antibiotici più critici solo alla medicina umana e di richiedere che le importazioni di carne o bestiame siano conformi agli standard europei (CE, 2018b).

All'inizio degli anni 2000, l'uso di antibiotici nell'UE in medicina veterinaria era il doppio rispetto alla medicina umana, con metà per usi profilattici (Buckwell e Nadeu, 2018). Da questa data l'uso agricolo di tali antibiotici è diminuito in modo significativo, in particolare negli stati membri dove l'utilizzo iniziale era particolarmente elevato. Tuttavia attualmente l'uso tra gli stati membri è variabile, e si va da un massimo di 450 milligrammi per chilogrammo di biomassa animale a Cipro a meno di 20 milligrammi in Finlandia e Svezia (Agenzia europea per I medicinali, 2018). Tale divario tra le diverse nazioni può essere dovuto alle diverse composizioni delle popolazioni animali, nei sistemi di allevamento e nello sviluppo dell'agricoltura biologica. E' inoltre da sottolineare che il processo di intensificazione del bestiame può aumentare i rischi di insorgenza e ricomparsa di zoonosi, ma la complessità dei meccanismi limita la capacità di prevedere questi rischi con precisione (Jones et al., 2013).

Nell'UE il consumo medio pro capite di carne è elevato, sia in termini assoluti (il doppio della media mondiale) sia rispetto alle raccomandazioni nutrizionali. Nel 2018 ogni singolo europeo ha consumato 69,5 chilogrammi di carne e 256 chilogrammi di latte l'anno; secondo Buckwell e Nadeu (2018), questi livelli di consumo erano molto superiori per quanto riguarda la carne e leggermente superiori per quanto riguarda il latte. Un consumo eccessivo di carne può comportare conseguenze negative per la salute e in particolare è stato osservato che un consumo eccessivo di carne rossa e lavorata sembra essere associata a un aumento di rischio di obesità e a un indice di massa corporea più elevato (Rouhani et al., 2014). Inoltre nell'ottobre 2015 l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro ha classificato il consumo di carne rossa come probabilmente

cancerogeno per l'uomo e il consumo di carne lavorato come cancerogeno per l'uomo (Bouvard et al., 2015).

Pertanto alcuni ricercatori ritengono che aumentare il consumo di proteine vegetali che sostituirebbero le proteine animali possa indurre benefici per la salute, almeno nei paesi sviluppati (Zhang et al., 2021).

3.1.4 BENESSERE DEGLI ANIMALI

Un fattore di crescente preoccupazione per i cittadini europei è il benessere degli animali d'allevamento. Secondo l'Eurobarometro special del 2016 basato sugli atteggiamenti degli europei relativamente al benessere animale, il 94% degli intervistati ha dichiarato che è importante tutelare il benessere degli animali da allevamento (con risultati variabili che vanno dall' 86% in Croazia, Ungheria e Polonia al 99% in Portogallo, Finlandia e Svezia), mentre l'82% afferma che il benessere debba essere tutelato meglio di quanto non lo sia attualmente (CE, 2016).

Numerosi studi hanno dimostrato la correlazione tra il reddito e una maggiore sensibilità agli attributi del benessere (Lagerkvist e Hess, 2011), il che suggerisce che man mano che i paesi passeranno a fasce di reddito più elevate, la domanda di welfare aumenterà.

Una delle fasi che determina maggiori problematiche in ottica di benessere animale è quella relativa al trasporto. Secondo TRACES nel periodo dal 2019 al 2021 tra gli Stati membri sono stati trasportati circa 4,3 milioni di bovini ogni anno, con tutti i mezzi di trasporto, ma il trasporto di strada rappresentava il 90% del totale.

Sono state individuate 11 conseguenze sul benessere animale come altamente problematiche durante il trasporto, queste erano:

- Stress di gruppo
- Stress da manipolazione
- Stress da calore
- Lesioni
- Stress da movimento
- Fame prolungata
- Sete prolungata
- Disturbi respiratori

- Limitazione del movimento
- Problemi di riposo
- Sovrastimolazione sensoriale

Associate a queste conseguenze negative i bovini possono provare uno o più stati affettivi negative come paura, dolore, disagio affaticamento e angoscia. Non appena il veicolo inizia a muoversi subentrano stress da movimento e sovrastimolazione sensoriale e continuano finchè il mezzo è in movimento, portando potenzialmente a stanchezza, paura e angoscia. Il dolore e disagio dovuto a condizioni di salute precarie o lesioni potrebbero essere rari ma potrebbero anche peggiorare e causare sofferenza. I problemi di riposo aumentano con l'aumentare della durata e può provocare affaticamento. Inoltre, anche se il mezzo di trasporto è dotato di abbeveratoi, la sete prolungata può portare a disidratazione e stati affettivi negativi, e dopo 9 ore si possono verificare cambiamenti fisiologici che possono essere associate alla sete, così come per un digiuno da cibo prolungato (dopo 12 ore di trasporto).

Il trasporto può avvenire anche via mare e infatti ogni anno circa 3 milioni di bovini vengono esportati dall'Europa verso Medio Oriente e Africa. Le navi di maggiori dimensioni possono trasportare fino a 18 mila bovini e l'elevata densità desta particolari preoccupazioni, tra le quali rientrano: rischio di tempo di viaggio prolungato, interruzioni meteorologiche, ventilazione inadeguata, difficoltà nell'assistenza agli animali in caso di emergenza e stress da movimento.

3.1.5 PROBLEMI IDRICI

Una delle sfide più delicate in assoluto è l'incombente carenza di acqua dolce (Jury e Vaux, 2007; Morison et al., 2000). Solomon (2010) afferma che l'acqua sta superando il petrolio come risorsa naturale critica più scarsa al mondo, una scarsità che incide soprattutto sull'agricoltura che è il più grande consumatore di acqua dolce del mondo (Jury e Vaux, 2007, Morison et al., 2008, Passioura e Angus, 2010), poichè la produttività dipende fortemente dall'irrigazione (Rosegrant et al., 2009).

Nei sistemi di allevamento l'acqua è utilizzata in quantità abbondanti soprattutto per irrigare le colture che poi vengono utilizzate come mangime nelle operazioni di alimentazione intensiva (Naylor et al., 2005, Jury e Vaux, 2007, Herrero et al., 2009, Rosegrant et al., 2009). In base alle stime, servono circa 16 mila litri di acqua per chilo

di carne bovina. Secondo Falkenmark e Rockström (2004), il consumo di carne richiede otto volte l'acqua per per kj come dieta vegetariana. Tuttavia, anche se le stime sono variabili è innegabile il fatto che il bestiame (e in particolare i ruminanti) consumano quantità importanti di una risorsa scarsa (Falkenmark et al., 2009) e l'aumento del numero di capi allevati dovuto a un aumento della domanda contribuirà a una riduzione dell'acqua disponibile. Il bestiame inoltre può anche contaminare l'acqua attraverso il rilascio di sostanze nutritive contaminate (FAO, 2009, de Vries e de Boer, 2010).

3.1.6 FEED VS FOOD

I dati dell'organizzazione per l'alimentazione e l'agricoltura dimostrano che 2,1 miliardi di tonnellate, quindi circa la metà delle colture raccolte, viene persa a causa del consumo eccessivo (cioè degli sprechi del consumatore) e delle inefficienze nel sistema di produzione (Alexander et al., 2017). Tra tutti la produzione di bestiame è il processo meno efficiente, con perdite di 840 milioni di tonnellate (78%). Circa 1,08 miliardi di tonnellate vengono utilizzate per produrre 240 milioni di tonnellate di prodotti animali commestibili. Questo processo da solo, vista la bassa efficienza di conversione di cibo del bestiame, rappresenta il 40% di tutte le perdite di raccolti.

Inoltre, la maggior parte dell'aumento della produzione del bestiame si verifica in allevamenti intensivi, che utilizzano mangimi prodotti su terreni che potrebbero essere destinate a produrre alimenti direttamente destinati all'alimentazione umana. Circa il 30-40% dei cereali coltivati a livello globale viene utilizzato come mangime per il bestiame (Garnett, 2009, Godfray et al., 2010) e questa quota potrebbe aumentare fino al 50% se si verificano certe tendenze di consumo previste (UNEP, 2009). Gran parte dell'energia alimentare contenuta nella biomassa vegetale viene persa quando questa passa attraverso gli animali e ciò determina che il numero di persone nutrite per ettaro di terreno coltivato diminuisce (Garnett, 2009, Godfray et al., 2010). Tudge, 2008 afferma che se si prosegue con le tendenze attuali il bestiame mondiale consumerà l'equivalente di 4 miliardi di persone entro il 2050.

Tuttavia se andiamo ad analizzare l'efficienza di conversione dei mangimi notiamo che emergono delle differenze tra le diverse categorie di bestiame e in particolare che il bestiame ruminante è relativamente inefficiente rispetto ai monogastrici (Herrero et al., 2013). Quindi nonostante i ruminanti siano efficienti nell'estrarre energia da fonti che gli

animali monogastrici non possono utilizzare efficacemente, come le fibre vegetali, i ruminanti sono inefficienti nell'utilizzare le proteine alimentari a fini produttivi (Calsamiglia et al., 2010). Inoltre, considerando che i ruminanti producono metano come sottoprodotto del processo di fermentazione, gli animali ad alta produzione alimentati con diete di qualità superiore (cioè più digeribili) producono maggiori emissioni giornaliere di metano se consideriamo i singoli animali ma ne espellono meno per unità di assunzione di energia, portandosi a intensità inferiori (Gerber et al., 2011). Pertanto per ridurre l'intensità delle emissioni da parte dei ruminanti si dovrebbero adottare diete ad alta qualità con la fornitura di mangimi ricchi di amido in sostituzione a quelli ricchi di fibre, ma ciò si scontra con quanto detto in precedenza, e cioè che alcuni terreni utilizzati per la produzione del bestiame potrebbero essere utilizzati per l'alimentazione umana.

Quindi avremo bisogno di sfamare miliardi di persone in più su terre limitate e la competizione tra mangimi e cibo non dovrà essere facilmente scontata (Keyzer et al., 2005).

CAPITOLO 4

4.1 VANTAGGI BOVINI DA CARNE

Nonostante le indubbe problematiche causate dall'allevamento bovino, esso apporta anche indiscutibili vantaggi. Infatti alcuni sistemi di allevamento possono fornire dei benefici, come fornire benefici climatici e ambientali grazie al sequestro di carbonio, migliorando la qualità dell'acqua, proteggendo la biodiversità e/o mantenendo paesaggi diversificati e aperti, fornire cibo per l'alimentazione umana partendo da biomasse non commestibili per l'uomo, riciclo dei nutrienti e benefici sociali.

Vediamoli ora nel dettaglio.

4.1.1 CIBO DA FITOMASSE NON COMMESTIBILI

E' stata posta molta attenzione sul bestiame in termini di impatti sia diretti (in termini di terreno occupato) che indiretti (per la produzione di mangimi) e che sono inoltre meno efficienti rispetto alle colture per uso alimentare (Mottet et al., 2017). Tuttavia la controparte spesso non viene discussa e viene trascurata. Infatti non tutti i terreni sono adatti alla produzione agricola a causa della bassa fertilità del suolo, precipitazioni limitate e scarse riserve idriche, temperature molto basse o troppo alte, all'altitudine elevata o alla pendenza del pendio troppo elevate per essere coltivata. Alcuni di questi problemi possono essere superati, come l'apporto di fertilizzanti nei terreni poco fertili e in alcune zone l'irrigazione, dove possibile, può sostituire le precipitazioni. La superficie coltivata rappresenta circa 1,53 miliardi di ettari (circa il 12% della superficie libera dai ghiacci) mentre i pascoli occupano circa 3,38 miliardi di ettari (il 26% della superficie libera dai ghiacciai) (Foley et al., 2011). I ruminanti utilizzano circa 2 miliardi di ettari di superficie, di cui solo 685 milioni di ettari potrebbero essere utilizzati per coltivare. Pertanto, l'utilizzo da parte dei ruminanti dei pascoli in terreni sfavorevoli per la coltivazione non compete con i terreni per la produzione alimentare umana ma anzi contribuisce in modo netto all'alimentazione umana con la produzione di proteine (Ertl et al., 2015, Ertl et al., 2016). E' stato stimato che a livello globale la superficie destinata per la produzione di insilati di cereali, legumi deriva da circa 170 milioni di ettari, mentre per suini e pollame si attesta a 238 milioni di ettari.

Inoltre bisogna considerare che nella composizione dei mangimi concentrati non rientrano solamente i cereali in grani e torte proteiche ma anche sottoprodotti dell'industria agroalimentare e cereali che sono stati classificati come non idonei al consumo umano. Infatti, nonostante i programmi di miglioramento genetico delle piante per migliorare il mais e la qualità della macinazione del grano, spesso una quota di questi cereali non soddisfa i requisiti minimi per il consumo umano, quindi l'alimentazione del bestiame sfruttando questi prodotti che altrimenti rappresenterebbero prodotti di scarto e rifiuto è un vantaggio importante. Pertanto le sinergie tra produzione agricola e quella zootecnica a livello regionale e nazionale sono di importanza crescente visto anche l'aumento degli eventi meteorologici estremi.

Quindi il bestiame non sempre compete direttamente per il cibo con l'uomo, ma anzi incrementa l'approvvigionamento alimentare umano sfruttando biomasse non commestibili per produrre alimenti ricchi di proteine.

Altro aspetto da considerare è che ci possono essere gravi conseguenze di un cambiamento di uso del suolo dal bestiame alla coltivazione continua di seminativi, come la perdita di carbonio nel suolo, perdita dell'habitat e della sua fauna selvatica. In contrapposizione, le colture foraggere perenni su seminativi possono sostenere o migliorare la terra (Jordan et al., 2007). Grazie al loro apparato radicale le erbe perenni e leguminose prevengono l'erosione, riducono la lisciviazione dei nutrienti e ricostituiscono la materia organica del suolo (Janzen et al., 1998, Glover et al., 2010); infatti piantare foraggi perenni è una delle migliori strategie per sequestrare il carbonio mentre i foraggi di leguminose possono fissare l'azoto nel terreno in modo da ridurre i costi economici e ambientali dei fertilizzanti (Wilkins, 2008). L'importanza del bestiame nella conservazione delle terre, in parte anche attraverso la coltivazione di colture foraggere permanenti, è stata a lungo lodata (Hanson, 1939, Mickey, 1945). Per esempio, quando i suoli canadesi subirono ingenti perdite subito dopo la rottura iniziale della zolla, una soluzione raccomandata era quella di tenere più bestiame (Bracken, 1920, Anon et al., 1921); oggi questi vantaggi dei sistemi con colture perenni rimangono (Doran et al., 2007, Russelle et al., 2007), e se vogliamo coltivare foraggi perenni, allora dobbiamo avere bestiame che ne garantisca la semina. Inoltre nonostante i prati coprano una parte di terreno adatto alla coltivazione, nella maggior parte dei casi la denutrizione non viene attribuita alla mancanza di terra ma piuttosto alla accessibilità o meno dei prodotti.

4.1.2 PRESERVAZIONE DI SERVIZI ECOSISTEMICI

I servizi ecosistemici sono l'insieme delle funzioni ecosistemiche utili all'uomo. L'agrobiodiversità, cioè la varietà e la variabilità di animali, piante e microrganismi utilizzati in modo diretto o indiretto per l'alimentazione e l'agricoltura, comprese l'allevamento e le colture, influisce sul benessere umano attraverso servizi di approvvigionamento come cibo, acqua, legname e fibre, servizi culturali come ricreazione, godimento estetico e realizzazione spirituale e servizi di supporto come la formazione del suolo, la fotosintesi e il ciclo dei nutrienti.

Tuttavia l'agrobiodiversità è diminuita drasticamente negli ultimi 150 anni, minacciata dal continuo cambiamento climatico globale e dalle trasformazioni del sistema alimentare. E la perdita di agrobiodiversità comporta la perdita dei servizi ecosistemici.

La produzione di bestiame è uno dei fattori più significativi del cambiamento globale dell'uso del suolo, ma a causa della diversità di sistemi è difficile poter determinare l'impronta del bestiame nell'ecosistema, considerando anche il fatto che oltre ad avere impatti negativi, ci sono anche impatti positivi. Nonostante la transizione bestiame-terreno verso i sistemi di pascolo (dove possibile, quindi in aree meno accessibili per l'agricoltura) possa favorire l'accumulo di biomassa del suolo e delle praterie, è tipicamente antagonista alla biodiversità indigena. Tuttavia, passare definitivamente a paesaggi gestiti crea nuovo valore e il bestiame diventa parte integrante dell'ecosistema.

Altri fattori positivi del bestiame sono il contribuire alla salute e alla fertilità del suolo e dei prati e al potenziale della biomassa per compensare le emissioni globali (Zubieta et al., 2020). Inoltre, nel contesto di sopravvivenza dei piccoli proprietari i vantaggi includono l'uso di animali per il servizio di tiro e pascolo e il riutilizzo dei rifiuti animali può essere fondamentale per mezzi di sussistenza sostenibili, in particolare in ambienti in cui le fonti alternative di input come fertilizzanti ed energia sono scarse. Quindi, se gestito male il bestiame può esaurire un ecosistema, ma gestito con saggezza mantiene o migliora i servizi ecosistemici forniti dalla terra. Infatti gli ecologisti si sono resi conto che affinché ecosistemi complessi come le praterie prosperino, necessitano di continui disturbi delicati; in quest'ottica il pascolo oculato diventa un agente di disturbo, uno strumento di conservazione e rinnovamento (Hampicke e Plachter, 2010), sostenendo non solo la biodiversità vegetale ma anche i microbi e mammiferi che vivono in esso.

Inoltre i pascoli contengono grandi riserve di carbonio nel suolo che se venisse rilasciato accentuerebbe le emissioni di CO₂ (Janzen, 2004). In aggiunta a ciò, i sistemi di pascolo migliorati possono talvolta aumentare la quantità di carbonio immagazzinata, estraendo così CO₂ dall'atmosfera (Derner et al., 2006, Allard et al., 2007, Soussana et al., 2010). Talvolta, questi guadagni possono compensare altre emissioni di gas serra almeno per un certo periodo (Liebig et al., 2010).

Pertanto biodiversità e agricoltura sono fortemente interconnesse: la biodiversità è essenziale per un'agricoltura vitale che fornisca sicurezza alimentare e nutrizione adeguata, mentre l'agricoltura sostenibile può sostenere e promuovere la biodiversità locale.

4.1.3 RICICLO DEI NUTRIENTI

Il bestiame nei sistemi misti presenta un ulteriore vantaggio, fornisce un efficiente riciclaggio dei nutrienti. Infatti la maggior parte dell'azoto e di altri nutrienti presenti nelle diete degli animali, vengono escrete rappresentando un problema poichè possono portare a inquinamento di acqua e aria. Tuttavia una stretta sincronia tra colture e bestiame può portare alla produzione di prodotti di alta qualità (carne) mentre i nutrienti escreti dagli animali vengono utilizzati per le colture riducendo così gli input esterni. Infatti in passato l'allevamento del bestiame era fortemente raccomandato per mantenere la fertilità del suolo, tanto che Shutt (1913) scriveva: 'Come, allora, i suoli possono essere mantenuti in uno stato produttivo e allo stesso tempo produrre un profitto per il loro lavoro? Primo nell'allevamento del bestiame; nel letame così ottenuto abbiamo la possibilità di restituire al suolo otto decimi del nutrimento vegetale da esso prelevato nelle colture che consumano... Non teniamo bestiame sufficiente nelle nostre fattorie'. Pertanto, nelle diverse aree del mondo dove i fertilizzanti sono inaccessibili, perchè troppo costosi o non disponibili, il riciclaggio dei nutrienti attraverso il bestiame rimane una pratica vitale, in particolare con l'uso di legumi da foraggio che fissano l'azoto atmosferico (Wilkins, 2008). Quindi nei decenni futuri (ma anche già oggi) quando gli elevati costi energetici potrebbero limitare la fornitura di fertilizzanti sintetici, lo stretto legame tra bestiame e colture potrebbe offrire un modo per utilizzare e riutilizzare i nutrienti in modo efficiente.

Inoltre il bestiame rappresenta anche un modo per restituire alla terra la materia organica, i nutrienti nei sottoprodotti, come residui delle colture, i cereali dei distillatori o gli scarti della lavorazione degli alimenti (Garnett, 2009; Bremer et al., 2010). In questa maniera il bestiame estrae valore da tali rifiuti prima che vengano restituiti al suolo.

Pertanto attraverso il bestiame sapientemente gestito, riportiamo al terreno la maggior parte dei nutrienti e ciò crea circuiti efficienti nei quali gli stessi nutrienti possono essere utilizzati più e più volte.

4.1.4 BENEFICI SOCIALI

Oltre alla nutrizione, il bestiame offre ulteriori benefici per la società, molto diversificati e non facilmente quantificabili. Uno di questi è il valore estetico che il bestiame apporta ai paesaggi. Tralasciando il loro fascino intrinseco, gli animali esaltano il valore estetico di prati e pascoli che affascinano i residenti e visitatori delle terre pastorali di tutto il mondo. Infatti, Gould et al. (2008) notano che nelle aree rurali del Regno Unito, 'il reddito del turismo è forse 10 volte quello dell'agricoltura', pertanto il bestiame ha accresciuto l'attrattiva delle campagne.

Altro vantaggio del bestiame, forse meno compreso, è l'attaccamento delle persone agli animali stessi. Cummins (2003) ha scritto: 'Ma quando inizio a pensare a come i nostri animali, i raccolti, i campi, i boschi e i giardini si incastrano tutti insieme, allora provo quella bella sensazione dentro di me...'. Questi esempi implicano che animali e società traggono benefici dagli animali oltre il mero valore monetario.

Quindi il bestiame è più che un semplice mezzo per produrre carne, latte e denaro. Ora sono parte integrante dei nostri ecosistemi e molti dei loro benefici per la società potrebbero essere meglio considerati.

CAPITOLO 5

OPPORTUNITA' E INCREMENTO DELLA SOSTENIBILITA'

Dopo aver esaminato le criticità e i vantaggi che i bovini da carne apportano all'ambiente, vediamo ora quali possono essere le opportunità e le modalità per incrementare maggiormente la sostenibilità di questo settore.

5.1 RIDURRE IL DIVARIO TRA PRODUTTORI E CONSUMATORI

Tra le altre sfide che il bestiame deve affrontare, una di queste è raggiungere l'accettabilità dei metodi di produzione da parte dei propri clienti. Infatti negli ultimi anni la consapevolezza da parte dei consumatori sul modo in cui viene prodotto il cibo è aumentata con la produzione animale circondata da molte preoccupazioni e discussioni diverse in tutto il mondo. Per esempio le discussioni in Europa nord-occidentale sono caratterizzate dalla più alta pressione sociale che comprende organizzazioni non governative attive, video sotto copertura girati in stalle, resoconti dei media molto critici su questioni controverse, manifestazioni pubbliche contro strutture e pratiche agricole, boicottaggio di aziende. Anche nell'Europa meridionale ci sono preoccupazioni, ma a un livello inferiore o semplicemente focalizzate sulla qualità del prodotto. Oltreoceano, in Nord America e Oceania, le discussioni sono simili a quelle del nord Europa ma a un livello inferiore rispetto alle discussioni europee.

Gli allevatori e veterinari spesso considerano le preoccupazioni del pubblico come un riflesso dell'ignoranza dell'agricoltura moderna (Sumner et al., 2018). Le critiche vengono percepite come una contestazione dei risultati di ricerca e progresso di alcuni decenni con l'obiettivo di avere un settore di produzione efficiente, a basso costo e di nutrire il mondo. Pertanto l'obiettivo di molte campagne è stato quello di fornire informazioni e consocenze sui metodi utilizzati nella speranza che in possesso di queste conoscenze il pubblico riesca ad accettare i sistemi di allevamento. Nonostante tali strategie possano aumentare la trasparenza dei sistemi di allevamento, in gran parte non sono riusciti a far aumentare l'accettazione dei sistemi esistenti. Anzi, spesso provocano reazioni opposte perchè le persone più informate diventano sempre più critiche nei confronti dell'allevamento a causa delle nuove informazioni che hanno ricevuto.

Tuttavia ci sono anche preoccupazioni condivise che creano terreno comune per lo sviluppo di migliori livelli di benessere e quindi per soddisfare in modo migliore le aspettative del pubblico nei confronti dell'allevamento.

Ad ogni modo, il divario consumatore-cittadino è molto variabile in funzione dei diversi paesi. Tonsor (2018) spiega l'esempio statunitense di galline da uova senza gabbia imposto dagli elettori ma che rappresentano solo il 5% della quota di mercato. Al contrario in Germania la quota di mercato dedicata alle uova di galline biologiche o allevate con sistemi a terra rappresenta il 30%. Oppure, sempre in Germania con l'iniziativa Tierwohl, che rappresenta un tentativo a livello di settore di finanziare i sistemi per incrementare il benessere degli animali, aumentando il prezzo della carne al dettaglio di circa 6 centesimi al chilo. Il bilancio risultante è di circa 100 milioni di euro all'anno che viene appunto utilizzato per finanziare il benessere degli animali in allevamento. Quindi in termini economici ciò funge da imposta sui prodotti per i consumatori che viene utilizzata per sostenere il benessere degli animali.

Pertanto per realizzare un settore zootecnico più in linea con i valori di molte persone del pubblico, i sistemi di allevamento devono essere rivalutati e adeguati. Busch e Spiller (2018) rivelano un'elevata preferenza da parte dei consumatori per gli animali che hanno accesso all'esterno e un forte rifiuto per gli animali prodotti da sistemi con valore di naturalità bassa. Infatti, per esempio, i consumatori olandesi sono disposti a pagare maggiormente i prodotti derivati da tali sistemi rispetto ad altri.

Pertanto, gli agricoltori e l'industria del bestiame dovrebbero accettare la discussione sul benessere degli animali come un'opportunità.

5.2 MIGLIORAMENTO GENETICO

Nella seconda metà del ventesimo secolo la selezione genetica ha fatto passi da gigante, passando dalla valutazione delle prestazioni individuali e dall'albero genealogico ai test di progenie. La selezione genetica si è concentrata all'inizio sui singoli tratti come l'aumento di peso vivo, e successivamente su indici di produzione, come per esempio aumento di peso vivo tenendo però in considerazione anche l'efficienza di utilizzo del mangime più la qualità della carcassa. Sfortunatamente però, concentrare la selezione solo verso l'aumento della produttività porta con sé anche delle problematiche come la maggiore difficoltà al parto (infatti il parto cesario è sempre più frequente) e la ridotta

rusticità nei bovini da carne, la riduzione della fertilità nelle vacche da latte e la forza ossea nei suini (Hughes e Varley, 2003). Pertanto gli indici di selezione sono stati modificati per includere maggiormente tratti di robustezza ma ciò comporta inevitabilmente un peggioramento seppur lieve delle produzioni rispetto alla situazione di partenza.

E' probabile che in futuro i programmi di miglioramento si concentrino ancora sulla produzione ma potrebbero includere una gamma più ampia di tratti legati alle emissioni ambientali. Per esempio l'ereditabilità delle emissioni di metano nei bovini da latte ha una correlazione positiva con la produzione di latte, quindi la selezione genetica verso una riduzione delle emissioni di metano non deve compromettere la produzione di latte (viste le elevate richieste dai consumatori) oppure i benefici di un basso valore di emissioni di metano per capo saranno compensate da un numero maggiore di animali per soddisfare la domanda. Pertanto in futuro dovrebbe essere possibile selezionare bovini con microbiomi ruminali specifici ai diversi contesti di produzione, per avere una maggiore efficienza di utilizzazione dei mangimi e delle risorse che il luogo è in grado di offrire, con conseguenti minori emissioni di metano.

In conclusione, un maggiore utilizzo della biotecnologia è una via potenziale per ridurre i costi esterni della produzione animale, combinando assieme più fattori tra i quali genetica molecolare, biologia riproduttiva e agricoltura di precisione. Tuttavia in termini di sostenibilità non è chiaro fino a che punto saremo in grado di arrivare con il miglioramento per raggiungere obiettivi di dominio pubblico come la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

5.3 MAGGIOR USO DI TECNOLOGIA NEI SISTEMI DI PRODUZIONE

5.3.1 INTRODUZIONE

Si è già ampiamente analizzato il fatto che l'allevamento di bestiame debba affrontare molteplici sfide in futuro per aumentare la produttività, visto l'aumento della popolazione e la conseguente crescita di prodotti di origine animale, e la sostenibilità per ridurre l'impatto del bestiame sull'ambiente garantendo comunque il soddisfacimento della domanda. Una strada per poter realizzare tutto questo in futuro può essere rappresentato dalla tecnologia.

Le tecnologie digitali infatti hanno avuto un grande impatto nella società negli ultimi decenni grazie al rapido accesso a internet, l'automazione e l'uso di applicazioni per smartphone. Questa evoluzione è stata definita come 'Industria 4.0' (Sherperd et al., 2018). L'uso di tecnologie ha avuto un forte impatto anche nei sistemi alimentari ma l'assorbimento è stato più lento rispetto alla società in generale. Gli studiosi tuttavia affermano che i sistemi alimentari e in particolare l'allevamento di bestiame siano prossimi a una rivoluzione (Barrett e Rose, 2020), dove i componenti chiave della tecnologia dei sensori, dell'automazione e dell'analisi dei dati avranno un ruolo da protagonista; è stata così chiamata 'Agricoltura 4.0'. Molti autori affermano i benefici futuri dell'agricoltura 4.0 per il miglioramento della sostenibilità dei sistemi zootecnici.

I vantaggi di avere più dati e tecnologie consentono di facilitare i processi decisionali, per rendere i sistemi di produzione più produttivi ed efficienti. L'innovazione nelle tecnologie digitali quindi è sempre più promossa come sistema che consenta ai produttori di affrontare le recenti problematiche dell'allevamento in termini di produttività e sostenibilità.

Ad oggi nel settore zootecnico c'è stata un'adozione variabile delle tecnologie digitali, che comprendono tecnologie di automazione delle attività e tecnologie per l'acquisizione o elaborazione dei dati per il processo decisionale (Dela Rue et al., 2020, Groher et al., 2020).

5.3.2 SENSORI PER L'ACQUISIZIONE DI DATI

Attualmente esiste una vasta gamma di sistemi di sensori che consentono all'allevatore di poter raccogliere dati attraverso il sistema di allevamento per migliorare la gestione degli animali, dei nutrienti, degli effluenti e della forza lavoro dell'azienda.

Esempi di utilizzo dei sensori per quanto riguarda i bovini da carne sono il monitoraggio del consumo dei singoli animali ed esistono dispositivi indossabili, diventati ampiamente disponibili recentemente, anche se spesso non è facile per gli agricoltori giustificare l'investimento. Questi dispositivi consentono di monitorare l'attività dell'animale, ruminazione, frequenza cardiaca e posizione che possono essere utilizzati per indicare cambiamenti in aspetti come lo stato riproduttivo, il parto (per le bovine) e la salute. Inoltre, l'acquisizione delle immagini è un'area di ricerca e sviluppo in crescita per la valutazione del punteggio delle condizioni corporee e la zoppia (Caja et

al., 2016). Tuttavia i sensori possono trovare impiego anche in altri aspetti dell'allevamento come il monitoraggio dei macchinari, la pesatura accurata dei mangimi (punto fondamentale per evitare sprechi di cibo e quindi anche economici) e l'uso di immagini satellitari o aeree in sistemi di allevamento estesi.

Altro aspetto di rilevante importanza per il consumatore è il benessere animale e la possibilità di rilevare anticipatamente malattie attraverso cambiamenti del comportamento sfruttando la tecnologia è da tenere in considerazione. Infatti, per esempio, grazie all'analisi cinetica di un bovino che cammina siamo in grado di essere più precisi nel descrivere la zoppia, che è una problematica comune nelle mandrie. Attraverso questi studi si è potuto dimostrare come la zoppia si sviluppi all'aumentare della lesione al piede, che attraverso cambiamenti nel modo di camminare sia possibile prevedere la presenza di una zoppia e che la mobilità dei bovini aumenta quando si utilizzano pavimentazioni migliori.

5.3.3 AUTOMAZIONE E ROBOTICA

Nell'industria 4.0 l'uso dell'automazione e della robotica è stato un fattore trainante e esistono opportunità per sfruttare queste tecniche anche nei sistemi zootecnici. Sebbene fino ad oggi ci sono stati numerosi esempi di robotica sviluppati e poi adottati come la pulizia della stalla e il raffreddamento degli animali (se le temperature sono troppo elevate, come accade recentemente), la maggior parte delle attività, se consideriamo i diversi sistemi di produzione, vengono svolte ancora manualmente. Una delle ragioni di questo è la variabilità del clima e dei sistemi biologici (Bahlo et al., 2019). Esistono tuttavia opportunità per un maggiore utilizzo della robotica e automazione nei sistemi di allevamento, come l'alimentazione e la pulizia robotizzate nei sistemi intensivi, mentre nei sistemi estensivi la recinzione virtuale che rappresenta la fusione di sensori, IoT e sistemi automatizzati per gestire il movimento degli animali senza input manuale. Si prevede che l'automazione e la robotica saranno più diffusi nei prossimi 20-30 anni.

5.3.4 IoT

Una tecnologia alla base dell'agricoltura 4.0 è l'IoT, cioè reti di dispositivi connessi che consentono la trasmissione regolare di piccoli pacchetti di dati su Internet (Rosa Righi

et al., 2020). Alcuni dei vantaggi dell'IoT includono la capacità dei sensori di raccogliere e caricare dati pur essendo su grandi distanze in estesi sistemi di allevamento dove la connettività degli smartphone o Internet può essere scarsa. Pertanto i sistemi IoT rappresentano una modalità a basso costo per la trasmissione di dati ma presentano dei limiti, poichè il trasferimento dei dati è spesso unidirezionale e coinvolge piccoli pacchetti di dati.

5.3.5 CLOUD COMPUTING E ANALISI DEI BIG DATA

All'inizio dell'uso del computer nelle fattorie, tutti i dati venivano archiviati localmente e frequentemente senza un backup affidabile dei dati. Tutto questo è stato cambiato con l'avvento del cloud computing, con dispositivi e software che consentono di eseguire il backup dei dati o funzionare completamente su server remoti (il Cloud). Questo consente non solo un'archiviazione dei dati più sicura ma anche aggiornamenti software regolari. Ciò ha consentito di aumentare il livello di sicurezza informatica, poichè, soprattutto nei piccoli imprenditori, il rischio di perdita dei dati a causa di malfunzionamenti tecnologici o incidenti vari era elevato, tanto quanto attacchi di hacker ai database presenti nel cloud (Nikander et al., 2020).

5.3.6 PROBLEMI PER L'ADOZIONE DI NUOVE PRATICHE

Sono state espresse preoccupazioni in merito all'agricoltura 4.0 nei sistemi zootecnici, in quanto queste tecniche potrebbero arrivare con ritardo rilevante ma anche che non potrebbe essere la soluzione principale per l'approvvigionamento e la distribuzione di cibo in molte aree in via di sviluppo (Rose et al., 2021).

Tuttavia l'esistenza di sistemi di allevamento tradizionali con aziende a gestione familiare di piccola scala dove la gestione è fortemente basata sull'esperienza può essere difficile l'integrazione di approcci di gestione tecnologica e basata sui dati (Eastwood et al., 2012).

Un ulteriore fattore che potrebbe ostacolare l'introduzione di questi nuovi sistemi sono i costi irrecuperabili delle infrastrutture come fienili, recinzioni o macchinari di grandi dimensioni, e ciò limita fortemente le disponibilità ad investire.

Altro potenziale ostacolo che avrà un impatto sull'adozione delle tecnologie come l'automazione e la robotica è la diversa natura dei sistemi zootecnici. Infatti, mentre le tecnologie nell'industria 4.0 si basano su sistemi di produzione con compiti omogenei e ripetibili per aumentare la produzione e l'efficienza, i sistemi biologici sono molto più variabili. Questa diversità è dovuta a una serie di fattori tra i quali clima, territorio, razze.

Vediamo ora altri fattori che possono ostacolare l'adozione dei nuovi sistemi di produzione:

- Il contesto è fondamentale. Infatti la decisione di applicare o meno una pratica comincia con la percezione da parte del produttore, percezioni e aspettative che elaborano in seguito al processo di apprendimento delle caratteristiche della nuova pratica.
- Demografia e disponibilità di manodopera. Negli ultimi anni l'età media degli agricoltori e allevatori è in aumento, infatti nel 2017 in seguito a un censimento in agricoltura l'età media era di circa 57,5 anni con risultati variabili tra i diversi luoghi ma comunque elevato (negli Stati Uniti, uno dei paesi più all'avanguardia nella produzione di bovini da carne l'età media era di 67 anni). Pertanto in molti casi i produttori si stanno avvicinando alla pensione senza un piano di successione, quindi, l'adozione di nuove pratiche che richiede tempo e investimenti è sfavorita. Altra problematica è la mancanza di lavoratori qualificati, e la carenza di manodopera rappresenta un ostacolo
- Proprietà fondiaria. La proprietà della terra è un fattore fondamentale per l'adozione di nuove pratiche. Pertanto in alcuni casi la decisione di gestione spetta al proprietario terriero, che se non sono partecipi attivamente, difficilmente comprendono i miglioramenti necessari da effettuare. I produttori che possiedono terreno hanno più libertà di attuare pratiche senza interferenza e sono anche maggiormente incentivati ad adottare nuove pratiche, seppur con un ritardo significativo tra l'attuazione il ritorno economico.
- Ambiente fisico e sociale. I produttori, se investono lo fanno perchè ritengono che quella pratica sia ottimale in base alle condizioni di clima, posizione, fattori limitanti e ecologia del luogo.

- **Complessità.** Più una pratica viene percepita come complessa, minore sarà la probabilità che tale pratica venga attuata. Pertanto, per favorire l'adozione di queste pratiche, bisogna renderle meno complesse possibili oppure usufruire di intermediari, come professionisti, per favorire l'adozione.
- **Compatibilità.** Non tutte le pratiche sono importanti per ogni operazione, quindi comunicare una tecnica/strategia come fondamentale nel processo di produzione ne può favorire l'adozione. In un'intervista fatta agli allevatori della Louisiana, la maggior parte di questi ha affermato di non aver adottato la nuova pratica perchè la riteneva irrilevante nei loro processi di produzione.
- **Rischiosità.** Nonostante la scienza agraria lavori per ottimizzare i sistemi di produzione in termini di resa e efficienza, i produttori non necessariamente condividono lo stesso obiettivo. Infatti spesso i produttori operano in modo da limitare il rischio di perdite piuttosto che massimizzare la produzione o il profitto adottando nuove pratiche. Pertanto più una pratica viene percepita come rischiosa, minore sarà la probabilità che essa venga adottata. L'accesso al capitale può essere un indicatore o meno nell'adozione di una nuova pratica. In un'indagine nel 2016 ai produttori di bovini da carne nelle Grandi Pianure meridionali, circa un quarto di questi ha affermato di non potersi permettere l'adozione di determinate pratiche, a causa di mancanza di tempo, manodopera o attrezzature.

5.4 COME SARANNO I FUTURI ALLEVAMENTI

In tempi di rapido cambiamento come quelli attuali, ci si domanda come saranno i sistemi zootecnici futuri, come dovrebbero apparire e cosa possiamo fare noi già oggi verso il raggiungimento di tali obiettivi. Nonostante la difficoltà a rispondere a questi quesiti, si possono comunque trarre alcune conclusioni.

Un aspetto potrebbe essere un maggior approccio rigenerativo (Pearson, 2007), in cui i nutrienti, l'energia e i materiali organici vengano riciccolati in maniera più efficiente (Francis e Doran, 2010). Infatti i sistemi di allevamento odierni pur offrendo numerosi vantaggi affrontano una sfida ecologica importante, cioè la disconnessione tra produzione

vegetale e animale, tra colture e bovini (Odum e Barrett, 2005, MEA, 2005B, Wilkins, 2008). Infatti oggi i mangimi vengono trasportati su lunghe distanze verso i luoghi di allevamento ma poi i nutrienti contenuti nel letame non vengono riportati nei luoghi di origine dove c'è stata l'asportazione di nutrienti per la produzione dei mangimi, creando così una carenza in un luogo e un surplus importante in un altro che sfocia poi in inquinamento (Sims et al., 2005). E' necessario quindi un ricollegamento tra bestiame e terra e una soluzione parziale è quella di ripristinare la vicinanza tra il bestiame e la terra da cui dipende.

Inoltre, la selezione in passato puntava ad un aumento di produzione mentre oggi ci si concentra molto anche sulla possibilità di poter ridurre le emissioni di metano dai bovini da carne e come si possa gestire il letame per ridurre le emissioni di protossido di azoto. Tuttavia ci sono numerose interazioni negli ecosistemi e la modifica in un punto potrebbe comportare conseguenze a cascata non sempre positive. Infatti è possibile che una dieta che riduce le emissioni di metano possa aumentare le emissioni di protossido di azoto o viceversa. Quindi solo valutando il quadro nel suo complesso, possiamo decidere se una pratica è favorevole o meno (Janzen et al., 2006). Pertanto la gestione degli ecosistemi comporta quasi sempre dei compromessi (Rodriguez et al., 2006). Quindi per esempio, includere il bestiame in un ambiente può migliorare le condizioni del suolo ma anche aumentare le emissioni di gas a effetto serra, aumentare il fascino estetico ed economico ma aumentare il consumo di acqua.

Altra variabile da considerare è il tempo, infatti per capire come l'ambiente risponde all'introduzione di un nuovo sistema richiede tempi lunghi e non rapidi, quindi per esempio gli effetti dello stoccaggio di carbonio del terreno attraverso un nuovo sistema di pascolo può richiedere anche decine di anni.

Chiariti gli effetti benefici nel lungo periodo (perchè se fossero negativi la pratica verrebbe abbandonata), bisogna chiarire come misurare i progressi e dato che gli obiettivi recenti mirano a ridurre le emissioni di gas serra, i progressi vengono misurati in termini di emissioni espresso in unità di CO₂-eqv (anidride carbonica equivalente). Ma la sola misurazione della CO₂-eqv potrebbe non essere sufficiente, infatti l'obiettivo principale dei sistemi agricoli non è solo quello di ridurre l'emissioni, ma come ogni altra attività lavorativa di massimizzare il proprio reddito. Pertanto esprimere le emissioni in CO₂-eqv/kg di carne è più corretto.

CONCLUSIONI

Recentemente ci si è molto concentrato sui problemi ambientali, e gli effetti delle attività antropiche sugli ecosistemi sono diventati sempre più evidenti. Pertanto a livello mondiale si è cercato di analizzare quali siano le attività più impattanti, e tra queste rientra il settore zootecnico e in particolare i ruminanti, che tra tutti gli animali da allevamento sono quelli più criticati per via delle emissioni di metano in atmosfera. Oltre a questo, i sistemi di allevamento, e in particolare i sistemi intensivi sono molto criticati dai consumatori, i quali preferirebbero dei sistemi di allevamento più "naturali", che in genere si identificano con il pascolo. Sono già stati analizzati gli aspetti positivi che comporta il pascolo, ma questo non è applicabile ovunque; infatti se fosse utilizzato questo sistema di allevamento anche nelle aree dove di può produrre cibo per l'uomo, entrerebbe in conflitto con la produzione di cibo per l'alimentazione umana e pertanto, per essere sostenibile è applicabile nelle aree più marginali, dove l'agricoltura è difficile o sfavorita. Inoltre la popolazione mondiale è in crescita e di conseguenza lo è anche la domanda di carne. In particolare l'aumento di popolazione comporta un aumento delle aree urbanizzate con una riduzione quindi della superficie agricola, pertanto la produttività dovrà aumentare e poichè gli allevamenti intensivi sono più produttivi ed efficienti, gli allevamenti intensivi sostenibili rappresentano la soluzione.

Risulta quindi necessaria una modifica degli attuali sistemi di allevamento per renderli più sostenibili, a partire dalla gestione dei reflui per ridurre le emissioni e una riduzione degli sprechi. Anche il miglioramento genetico può apportare un contributo, per aumentare la produttività degli animali oppure per ridurre il livello di emissioni, ma per questo sono necessarie ulteriori analisi; un maggiore sfruttamento della tecnologia può comportare una più facile ma allo stesso tempo efficiente gestione degli animali, ma anche in questo caso ci si domanda se tutti gli allevatori, di grandi e piccole dimensioni siano in grado di usufruire dal punto di vista pratico ma anche economico di questi nuovi strumenti. Inoltre non tutti i luoghi sono uguali e quindi un sistema favorevole per un luogo, non necessariamente lo è anche per un altro, serve quindi cooperazione tra ricercatori, allevatori, genetisti e agricoltori per trovare le giuste soluzioni in base alle diverse possibilità.

E' necessaria pertanto un'analisi dei diversi ambienti per capire quale sistema può essere più appropriato in quel dato ambiente. Questo studio può essere urgente nei paesi

in via di sviluppo perchè è lì che la crescita della popolazione sarà più intensa e dove si verificherà la gran parte della crescita del numero dei capi e quindi lì, gli ecosistemi saranno più vulnerabili.

CAPITOLO 6

BIBLIOGRAFIA

- ABIEC**, 2019. Beef Report. Brazilian Livestock Profile. ABIEC – Brazilian Beef Exporters Association, Sao Paulo, Brazil.
- Alexander P.**, Brown C., Arneth A., Finnigan J., Moran D., Rounsevell M.D., Losses, inefficiencies and waste in the global food system, *Agricultural Systems*, 153 (2017), pp. 190-200
- Allard V.**, Soussana J.-F., Falcimagne R., Berbigier P., Bonnefond J.M., Ceschia E., D’hour P., Hénault C., Laville P., Martin C., Pinarès-Patino C.,. The role of grazing management for the net biome productivity and greenhouse gas budget (CO₂, N₂O and CH₄) of semi-natural grassland, *Agriculture Ecosystems & Environment*, 121 (2007), pp. 47-58
- Anon**, 1921. Report of the Royal Commission of Inquiry into Farming Conditions. Province of Saskatchewan, Regina, SK, Canada. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31 (2018), pp. 1007-1016.
- Asner G.P.**, Elmore A.J., Olander L.P., Martin R.E., Harris A.T., Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources*, 29 (2004), pp. 261-299
- Bahlo C.**, Dahlhaus P., Thompson H., Trotter M., The role of interoperable data standards in precision livestock farming in extensive livestock systems: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 156 (2019), pp. 459-466, 10.1016/j.compag.2018.12.007
- Barona E.**, Ramankutty N., Hyman G., Coomes O.T., The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. *Environmental Research Letters*, 5 (2010) 024002 (9pp)
- Barrett H.**, Rose D.C., Perceptions of the Fourth Agricultural Revolution: What’s In, What’s Out, and What Consequences are Anticipated?. *Sociologia Ruralis*, 2020 (2020), 10.1111/soru.12324, Published online by Wiley 30 August
- Bouvard V.**, Loomis D., Guyton K.Z., Grosse Y., Ghissassi F.E., Benbrahim-Tallaa L., Guha N., Mattock H., Straif K., Carcinogenicity of consumption of red and processed meat *Lancet Oncology*, 16 (2015), pp. 1599-1600.

- Bouwman** A.F., Beusen A.H.W., Billen G., Human alteration of the global nitrogen and phosphorus soil balances for the period 1970–2050. *Global Biogeochemical Cycles*, 23 (2009), p. GB0A04
- Bracken** J., *Crop Production in Western Canada. The Grain Growers' Guide*, Limited, Winnipeg, MB, Canada (1920)
- Bremer** V.R., Liska A.J., Klopfenstein T.J., Erickson G.E., Yang H.S., Walters D.T., Cassman K.G., Emissions savings in the corn-ethanol life cycle from feeding coproducts to livestock. *Journal of Environmental Quality*, 39 (2010), pp. 472-482
- Broom**, D.M. 2006. Introduction – Concepts of animal protection and welfare including obligations and rights. In: *Animal Welfare. Ethical Eye Series*, 13-28. Strasbourg: Council of Europe Publishing. Broom, D.M. and A.F. Fraser.2007. *Domestic Animal Behaviour and Welfare*. 4th ed, p. 438. Wallingford: CABI.
- Broom**, D.M. 2003. *The evolution of morality and religion*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bruinsma** J., *World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective Earthscan*, London, UK (2003)
- Buckwell** A., Nadeu E., *What is the Safe Operating Space for EU Livestock? RISE Foundation*, Brussels, Belgium (2018)
- Busch**, G., and Spiller A., 2018. Pictures in public communications about livestock farming. *Animal Front.* 8:27–33.
- Caja** G., Castro-Costa A., Knight C.H., Engineering to support wellbeing of dairy animals. *Journal of Dairy Research*, 83 (2016), pp. 136-147, 10.1017/S0022029916000261
- Calsamiglia** S., Ferret A., Reynolds C.K., Kristensen N.B., van Vuuren A.M., Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. *Animal*, 4 (2010), pp. 1184-1196
- Campbell**, R. B., Li, Z., He, Y., and Yuan, J. (2011). Consumption, exchange and production at the Great Settlement Shang: bone-working at Tiesanlu. *Anyang. Antiq.* 85, 1279–1297. doi: 10.1017/S0003598X00062050
- Capper** J.L., Bauman D.E., The role of productivity in improving environmental sustainability of ruminant production systems *Annual Review of Animal Biosciences*, 1 (2013), pp. 469-489.
- Cummins** T., *Feed My Sheep*. Author House, Bloomington, IN, USA (2003)

- De Vries M., De Boer I.J.M.**, Comparing environmental impacts for livestock products: a review of life cycle assessments *Livestock Science*, 128 (2010), pp. 1-11
- Dela Rue B.T., Eastwood C.R., Edwards J.P., Cuthbert S.**, New Zealand dairy farmers preference investments in automation technology over decision-support technology. *Animal Production Science*, 60 (2020), pp. 133-137, 10.1071/AN18566
- Derner J.D., Boutton T.W., Briske D.W.**, Grazing and ecosystem carbon storage in the North American Great Plains. *Plant and Soil*, 280 (2006), pp. 77-90
- Doran J.W., Kirschenmann F.K., Magdoff F.**, Balancing food, environmental and resource needs. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22 (2007), pp. 77-79
- Drouillard J.S.**, Current situation and future trends for beef production in the United States of America
- Eastwood C.R., Chapman D.F., Paine M.S.**, Networks of practice for co-construction of agricultural decision support systems: Case studies of precision dairy farms in Australia. *Agricultural Systems*, 108 (2012), pp. 10-18, 10.1016/j.agsy.2011.12.005
- Erisman J.W., Sutton M.A.**, Reduced nitrogen in ecology and the environment: special issue of the ESF-FWF conference in partnership with LFUI, October 2006. *Environmental Pollution*, 154 (2008), pp. 357-358
- Ertl P., Klocker H., Hörtenhuber S., Knaus W., Zollitsch W.**, The net contribution of dairy production to human food supply: the case of Austrian dairy farms. *Agricultural Systems*, 137 (2015), pp. 119-125, 10.1016/j.agsy.2015.04.004
- European Commission (EC)**, 2018b. Questions and Answers on the new legislation on Veterinary Medicinal Products (VMP) and Medicated Feed. Fact Sheet, 26 November 2018. EC, Brussels, Belgium,
- European Commission, (EC)** 2019b. Stepping up EU Action to protect and restore the world's forests. COM (2019) 352 final, 23.7.2019. EC, Brussels, Belgium.
- European Environment Agency (EEA)**, 2019. Annual European Union greenhouse gas inventory 1990-2017 and inventory report 2019. EEA, Brussels, Belgium.
- European Medicines Agency (EMA)**, 2018. Annual Report 2018. EMA, Brussels, Belgium.
- European Parliament (EP)**, 2017. Animal welfare in the European Union. Study for the PETI Commission. EP, Brussels, Belgium.

- Evershed**, R. P., Payne, S., Sherratt, A. G., Copley, M. S., Coolidge, J., and Urem-Kotsu, D. (2008). Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding. *Nature* 455, 528–531. doi: 10.1038/nature07180
- Falkenmark** M., Rockström J., Karlberg L., Present and future water requirements for feeding humanity. *Food Security*, 1 (2009), pp. 59-69
- FAO, 2009**. The State of Food and Agriculture: Livestock in the Balance. Rome, Italy.
- FAOSTAT, 2010**. Food and Agricultural Commodities Production. Rome, Italy.
- FAOSTAT, 2020**. Food and agriculture data. Retrieved on 15 October 2020 from <http://www.fao.org/faostat/en/#home>.
- Foley** J.A., Ramankutty N., Brauman K.A., Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478 (2011), pp. 337-342, 10.1038/nature10452
- Francis** C., Doran J.W., Editorial: ‘Food for Life’: looking beyond the horizon. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 25 (2010), pp. 1-2
- Garnett** T., Livestock-related greenhouse gas emissions: impacts and options for policy makers. *Environmental Science and Policy*, 12 (2009), pp. 491-504
- Gerber** P., Vellinga T., Opio C., Steinfeld H., Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. *Livestock Science*, 139 (2011), pp. 100-108
- Gerber** P.J., Vellinga T.V., Steinfeld H., Issues and options in addressing the environmental consequences of livestock sector's growth *Meat Science*, 84 (2010), pp. 244-247.
- Gilbert** N., The disappearing nutrient. *Nature*, 461 (2009), pp. 716-718
- Godfray** H.C.J., Beddington J.R., Crute I.R., Haddad L., Lawrence D., Muir J.F., Pretty J., Robinson S., Thomas S.M., Toulmin C., Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327 (2010), pp. 812-818
- Goldewijk** K.K., Ramankutty N., Land cover change over the last centuries due to human activities: the availability of new global data sets. *GeoJournal*, 61 (2004), pp. 335-344
- Goulding** K., Jarvis S., Whitmore A., Optimizing nutrient management for farm systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363 (2008), pp. 667-680
- Groher** T., Heitkamper K., Umstatter C., Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal*, 14 (2020), pp. 2404-2413, 10.1017/S1751731120001391

- Hampicke** U., Plachter H., Livestock grazing and nature conservation objectives in Europe. Plachter H., Hampicke U.(Eds.), Large-Scale Livestock Grazing: A Management Tool for Nature Conservation, Springer-Verlag, Berlin, Germany (2010), pp. 2-25. (translated by L. Reay)
- Hanson** H.C., Ecology in agriculture. *Ecology*, 20 (1939), pp. 111-117
- Herrero** M., Havlík P., Valin H., Notenbaert A., Rufino M.C., Thornton P.K., Blümmel M., Weiss F., Grace D., Obersteiner M., Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (2013), pp. 20888-20893
- Herrero** M., Thornton P.K., Gerber P., Reid R.S., Livestock, livelihoods and the environment: understanding the trade-offs. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1 (2009), pp. 111-120
- Hocquette** J.F., Gondret F., Baéza E., Médale F., Jurie C., Pethick D.W., Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers *Animal*, 4 (2010), pp. 303-319.
- Hughes** P.E., Varley M.A., Lifetime performance of the sow. J. Wiseman, M.A. Varley, B. Kemp (Eds.), *Perspectives in Pig Science*, Nottingham University Press, Nottingham, UK (2003), pp. 333-355
- Intergovernmental Panel on Climate Change.** (2022). *Climate change2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of WorkingGroup II to the Sixth AssessmentReport of the IntergovernmentalPanel on Climate Change.* Cambridge University Press.
- Glover**, J.D., Reganold J.P., Bell L.W., Borevitz J., Brummer E.C., Buckler E.S., Cox C.M., Cox T.S., Crews T.E., Culman S.W., DeHaan L.R., Eriksson D., Gill B.S., Holland J., Hu F., Hulke B.S., Ibrahim A.M.H., Jackson W., Jones S.S., Murray S.C., Paterson A.H., Ploschuk E., Sacks E.J., Snapp S., Tao D., Van Tassel D.L., Wade L.J., Wyse D.L., Xu Y.
- Janzen** H.H., Angers D.A., Boehm M., Bolinder M., Desjardins R.L., Dyer J.A., Ellert B.H., Gibb D.J., Gregorich E.G., Helgason B.L., Lemke R., Massé D., McGinn S.M., McAllister T.A., Newlands N., Pattey E., Rochette P., Smith W., VandenBygaart A.J., Wang H., A proposed approach to estimate and reduce net greenhouse gas

- emissions from whole farms. *Canadian Journal of Soil Science*, 86 (2006), pp. 401-418
- Janzen H.H.**, Carbon cycling in earth systems – a soil science perspective. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 104 (2004), pp. 399-417
- Janzen H.H.**, Long-term ecological sites: musings on the future, as seen (dimly) from the past. *Global Change Biology*, 15 (2009), pp. 2770-2778
- Jones B.A.**, Grace D., Kock R., Alonso S., Rushton J., Said M.Y., McKeever D., Mutua F., Youg J., McDermott J., Pfeiffer D.U., Zoonosis emergence linked to agricultural intensification and environmental change *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (2013), pp. 8399-8404
- Jordan N.**, Boody G., Broussard W., Glover J.D., Keeney D., McCown B.H., McIsaac G., Muller M., Murray H., Neal J., Pansing C., Turner R.E., Warner K., Wyse D., Sustainable development of the agricultural bio-economy. *Science*, 316 (2007), pp. 1570-1571
- Jury W.A.**, Vaux Jr H.J., The emerging global water crisis: managing scarcity and conflict between water users. *Advances in Agronomy*, 95 (2007), pp. 1-76
- Keyzer M.A.**, Merbis M.D., Pavel I.F.P.W., van Wesenbeeck C.F.A., Diet shifts towards meat and the effects on cereal use: can we feed the animals in 2030?. *Ecological Economics*, 55 (2005), pp. 187-202
- Kimmerer R.** (2020, October 22). What does the Earth ask of us?[Conference keynote]. Global Conference on Sustainability in Higher Education. SUNY College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York
- Lagerkvist C.J.**, Hess S., A meta-analysis of consumer willingness to pay for farm animal welfare. *European Review of Agricultural Economics*, 38 (2011), pp. 55-78
- Lal R.**, World soils and global issues. *Soil and Tillage Research*, 97 (2007), pp. 1-4
- Lampert M.**, Papadongonas P (2016) Towards 2030 Without Poverty: increasing knowledge of progress made and opportunities for engaging frontrunners in the world population with the global goals. https://oxfamsol.be/sites/default/files/documents/towards_2030_without_poverty-glocalities2016-2-new.pdf
- Land Use Policy**, 100 (2021), Article 104933, 10.1016/j.landusepol.2020.104933
- Leal Filho W.** (2000). Dealing with misconceptions on the concept of sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*. 1(1), 9-19

- Leip** A., Billen G., Garnier J., Grizzetti B., Lassaletta L., Reis S., Simpson D., Sutton M.A., de Vries W., Weiss F., Westhoek H., Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land use, water eutrophication and biodiversity *Environmental Resource Letters*, 10 (2015), Article 115004.
- Lesschen** J.P., Van den Berg M., Westhoek H.J., Witzke H.P., Oenema O., Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors, *Animal Feed Science Technology*, 166-167 (2011), pp. 16-28.
- Li** X.Z., Yan C.G.,Zan L.S., Current situation and future prospects for beef production in China – A review *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31 (2019), pp. 984-991.
- Liebig** M.A., Gross J.R., Kronberg S.L., Philips R.L., Hanson J.D., Grazing management contributions to net global warming potential: a long-term evaluation in the northern Great Plains. *Journal of Environmental Quality*, 39 (2010), pp. 799-809
- McGinn** S.M., Flesch T.K., Crenna B.P., Beauchemin K.A., Coates T., Quantifying ammonia emissions from a cattle feedlot using a dispersion model. *Journal of Environmental Quality*, 36 (2007), pp. 1585-1590
- Mickey** K.B., *Man and the Soil – A Brief Introduction to the Study of Soil Conservation*. International Harvester Company, Chicago, IL, USA (1945)
- MLA**, 2018a. *MLA, Market supplier snapshot - Beef - Argentina and Uruguay Meat & Livestock Australia*, North Sydney, Australia (2018)
- MLA**, 2020°. *MLA Global snapshot – Beef Meat & Livestock Australia*, North Sydney, Australia (2020)
- Monfreda** C., Ramankutty N., Foley J.A., Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22 (2008), p. GB1022
- Moore** J. E., Mascarenhas, A., Bain,J., & Straus, S. E. (2017). Developing acomprehensive definition of sus-tainability. *Implementation Science*,12(1), 1-8.
- Morison** J.I.L., Baker N.R., Mullineaux P.M., Davies W.J., Improving water use in crop production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363 (2008), pp. 639-658

- Mottet A.**, de Haan C., Falucci A., Tempio G., Opio C., Gerber P., Livestock: On our plate or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security*, 14 (2017), pp. 1-8, 10.1016/j.gfs.2017.01.001
- Muller, A.**, Bautze, L., 2017. Agriculture and deforestation. The EU Common Agricultural Policy, soy, and forest destruction: proposals for reform. Fern Report, Moreton in Marsh, United Kingdom and Brussels, Belgium.
- Mwai O.**, Hanotte O., Kwon Y.-J., Cho S., African indigenous cattle: Unique genetic resources in a rapidly changing world *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 28 (2015), pp. 911-921.
- Naylor R.**, Steinfeld H., Falcon W., Galloway J., Smil V., Bradford E., Alder J., Mooney H., Losing the links between livestock and land *Science*, 310 (2005), pp. 1621-1622
- Nepstad D.**, Soares-Filho B.S., Merry F., Lima A., Moutinho P., Carter J., Bowman M., Cattaneo A., Rodrigues H., Schwartzman S., McGrath D.G., Stickler C.M., Lubowski R., Piris-Cabezas P., Rivero S., Alencar A., Almeida O., Stella O., The end of deforestation in the Brazilian Amazon. *Science*, 326 (2009), pp. 1350-1351
- Nikander J.**, Manninen O., Laajalahti M., Requirements for cybersecurity in agricultural communication networks. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179 (2020), Article 105776, 10.1016/j.compag.2020.105776
- Odum E.P.**, Barrett G.W., *Fundamentals of Ecology*. (fifth ed.), Thomson Brooks Cole, Belmont, CA, USA (2005)
- OECD/FAO (2022)**, *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en>.
- Oenema O.**, Tamminga S., Nitrogen in global animal production and management options for improving nitrogen use efficiency *Science in China Series C: Life Sciences*, 48 (2005), pp. 871-887.
- Otte J.**, Pica-Ciamarra U., Morzaria S., A comparative overview of the livestock environment interactions in Asia and sub-Saharan Africa *Frontiers on Veterinary Science*, 6 (2019), p. 37.
- Otte M.J.**, Chilonda, P., 2002. Cattle and small ruminant production systems in sub-Saharan Africa. A systematic review. Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- Passioura J.B.**, Angus J.F., Improving productivity of crops in water-limited environments. *Advances in Agronomy*, 106 (2010), pp. 37-75

- Pearson** C.J., Regenerative, semiclosed systems: a priority for twenty-first century agriculture. *Bioscience*, 57 (2007), pp. 409-418
- Peel** D.S., Mathews Jr., K.H., Johnson, R.J., 2011. Trade, the expanding Mexican beef industry, and feedlot and stocker cattle production in Mexico. Report LDP-M-206-01. Economic Research Service of the United States, Department of Agriculture, Washington DC, USA.
- Pimentel** D., Pimentel M., Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment *The American Journal of Clinical Nutrition*, 78 (2003), pp. 660S-663S.
- Ramankutty** N., Evan A.T., Monfreda C., Foley J.A., Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. *Global Biogeochemical Cycles*, 22 (2008), p. GB1003
- Rodriguez** J.P., Beard Jr. T.D., Bennett E.M., Cumming G.S., Cork S.J., Agard J., Dobson A.P., Peterson G.D., Trade-offs across space, time, and ecosystem services. *Ecology and Society*, 11 (2006). art.28
- Rose** D.C., Wheeler R., Winter M., Lobley M., Chivers C.-A., Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet. *Land Use Policy*, 100 (2021), Article 104933, 10.1016/j.landusepol.2020.104933
- Rosegrant** M.W., Ringler C., Zhu T., Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. *Annual Review of Environment and Resources*, 34 (2009), pp. 205-222
- Rouhani** M.H., Salehi-Abargouei A., Surkan P.J., Azadbakht L., Is there a relationship between red or processed meat intake and obesity? A systematic review and meta-analysis of observational studies *Obesity Reviews*, 15 (2014), pp. 740-748
- Russelle** M.P., Entz M.H., Franzluebbbers A.J., Reconsidering integrated crop-livestock systems in North America. *Agronomy Journal*, 99 (2007), pp. 325-334
- Shepherd** M., Turner J.A., Small B., Wheeler D., Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2018 (2018), 10.1002/jsfa.9346. Published online by Wiley 22 October
- Sherratt** A., (1981). "Plough and pastoralism: aspects of the secondary products revolution," in *Pattern of the Past: Studies in Honour of David Clarke*, eds I. Hodder, G. Isaac, and N. Hammond (Cambridge: Cambridge University Press), 261–305.

- Shutt** F.T., The work of the dominion experimental farms. Transactions of the Canadian Institute, 10 (Part I) (1913), pp. 17-40
- Sims** J.T., Bergström L., Bowman B.T., Oenema O., Nutrient management for intensive animal agriculture: policies and practices for sustainability. Soil Use and Management, 21 (2005), pp. 141-151
- Smil** V., Eating meat: evolution, patterns, and consequences Population and Development Review, 28 (2002), pp. 599-639.
- Smil** V., The Earth's Biosphere: Evolution, Dynamics, and Change The MIT Press, Cambridge, MA, USA (2002)
- Solomon** S., Water: the Epic Struggle for Wealth, Power, and Civilization. Harper Collins, New York, NY, USA (2010)
- Soussana** J.F., Tallec T., Blanfort V., Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. Animal, 4 (2010), pp. 334-350
- Steinfeld** H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C., Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options FAO, Rome, Italy (2006).
- Steinfeld** H., Wassenaar T., The role of livestock production in carbon and nitrogen cycles. Annual Review of Environment and Resources, 32 (2007), pp. 271-294
- Sumner** C.L., von Keyserlingk M.A.G., and Weary D.M., 2018. Perspectives of farmers and veterinarians concerning dairy cattle welfare. Animal Front. 8:8–13.
- Theresa** F, Joachim S, Todd C (2020) Report of results global survey on sustainability and the SDGs: awareness, priorities, need for action. Schlange & Co. GmbH, Hamburg
- Tilman** D., Clark M., Global diets link environmental sustainability and human health. Nature, 515 (2014), pp. 518-522, 10.1038/nature13959
- Tonsor**, G.T . 2018. Public animal welfare discussions in the U.S.—perspectives from a Missouri farm boy turned economist. Animal Front. 8: 4–7.
- TRACES**. Trade Control and Expert System
- Tudge** C., Enlightened agriculture and the new agrarianism. Dawkins M.S., Bonney R.(Eds.), The Future of Animal Farming: Renewing the Ancient Contract, Blackwell Publishing, Oxford, UK (2008), pp. 157-166
- UNEP**, 2009. The Environmental Food Crisis – The Environment's Role in Averting Future Food Crises. A UNEP Rapid Response Assessment. New York, NY, USA.

- Vale P.**, Gibbs H., Vale R., Christie M., Florence E., Munger J., Sabaini D., The expansion of intensive beef farming to the Brazilian Amazon Global Environmental Change, 57 (2019), Article 101922
- Wilkins R.J.**, Eco-efficient approaches to land management: a case for increased integration of crop and animal production systems. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363 (2008), pp. 517-535
- World Health Organization (WHO)**, Tackling antibiotic resistance from a food safety perspective in Europe WHO, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark (2011).
- Zamora-Polo F**, Sánchez-Martín J, Corrales-Serrano M, Espejo-Antúnez L (2019) What do university students know about Sustainable Development Goals? A realistic approach to the reception of this UN program amongst the youth population. Sustainability 11(13):3533.
- Zhang J.**, Hayden K., Jackson R., Schutte R., Association of red and processed meat consumption with cardiovascular morbidity and mortality in participants with and without obesity: a prospective cohort study Clinical Nutrition, 40 (2021), pp. 3643-3649
- Zubieta Á.S.**, Savian J.V., de Souza Filho W., Wallau M.O., Gómez A.M., Bindelle J., Bonnet O.J.F., de Faccio Carvalho P.C., Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems?. Science of the Total Environment, 754 (2020), Article 142029