



BENESSERE ANIMALE

**Benessere animale e sostenibilità ambientale
della produzione zootecnica**

**Documento realizzato nell'ambito del
Programma Rete Rurale Nazionale
2014-20 Piano di azione biennale 2019-20
Scheda progetto CREA 24.1 Benessere
Animale**

Autorità di gestione:
Ministero delle politiche agricole alimentari
e forestali (MIPAAF)
Ufficio DISR2 - Dirigente: Paolo Ammassari

Documento a cura di: Giacomo Pirlo e
Marisanna Speroni (CREA Zootecnia e
Acquacoltura)

Impaginazione: Francesco Ambrosini (CREA
Politiche e Bio-economia)
Grafica: Sofia Mannozi (CREA)

È ormai a tutti chiaro che la sostenibilità, qualunque sia l'impresa o l'attività, è un criterio che deve tenere conto di una molteplicità di aspetti, da quello economico, a quello sociale o ambientale. Nel caso delle produzioni animali, un aspetto che deve essere preso in considerazione è quello che riguarda il benessere dell'animale, che per varie ragioni è divenuto un tema estremamente importante e attuale. Il rispetto dell'animale è infatti un principio fondamentale della nostra cultura e, negli ultimi anni, c'è stata una spinta sociale fortissima che ha indotto il legislatore a produrre numerose norme per promuoverlo.

Il tema è poi diventato centrale nella discussione della sostenibilità complessiva dell'attività zootecnica soprattutto perché, a fronte di una domanda crescente di proteine di origine animale, è in atto un processo che vede lo sviluppo di aziende con numeri molto elevati di animali con prestazioni sempre più spinte.

Infine, un'altra ragione che spiega l'importanza del tema è il fatto che il benessere animale influenza altre componenti dell'allevamento, in particolare la sicurezza alimentare e l'ambiente. Soffermandoci sulla relazione, che vedremo essere bidirezionale, tra ambiente e benessere animale, è ormai chiaro che prescindere da uno di questi due aspetti significa non avere un sistema produttivo sostenibile o per motivi etici, perché causa di sofferenze agli animali non accettabili dalla nostra cultura o per motivi ambientali, perché le emissioni di vario tipo sono eccessive o vi è uno spreco insopportabile di risorse (Broom, 2019).

Il rapporto tra benessere animale e prestazioni ambientali è molto complesso, talvolta antagonistico ma sovente sinergico, nel senso che spesso buone condizioni di benessere determinano anche buone prestazioni ambientali. Il motivo è semplice: buone pratiche di allevamento che prendono in considerazione lo stato di benessere degli animali permettono di ridurre l'insorgenza di malattie cliniche o subcliniche a vantaggio dell'efficienza produttiva, che è la principale arma per ridurre l'impatto ambientale (Perry et al., 2018).

L'analisi dei rapporti tra benessere animale e sostenibilità ambientale va tuttavia collocata nell'ambito degli scopi che la motivano. Il confronto tra due sistemi di allevamento, uno più attento alle questioni etiche, l'altro a quelle di tipo produttivo, spesso mette in luce un certo antagonismo tra i due aspetti e il sistema più produttivo mostra sovente maggiore efficienza d'uso delle risorse e minore impatto sull'ambiente, inteso come carico ambientale per unità di prodotto ottenuto. Al contrario, se l'analisi riguarda un sistema specifico, i due aspetti (benessere e ambiente) sono in genere sinergici: è quasi ovvio, infatti, che animali ben gestiti, puliti, sani, tenuti in un ambiente adatto ai loro fabbisogni hanno prestazioni migliori, sono più efficienti e il carico ambientale del loro prodotto è inferiore.

Particolarmente difficile è anche il modo con cui è possibile valutare nel suo complesso la sostenibilità di un allevamento, considerando che, da una parte, questa è fatta di molte categorie economiche, sociali, etiche, normative e ambientali e che ciascuna di esse si fonda su altrettanti numerosi indici. Ad esempio, nel caso della sostenibilità ambientale, bisogna considerare gli indici riguardanti almeno la qualità dell'aria e dell'acqua, i cambiamenti climatici, il consumo di energia e di risorse non rinnovabili. Numerosi sono anche gli indicatori del benessere animale: libertà dalla fame e dalla sete, assenza di dolore e malattie, possibilità di esprimere i propri comportamenti naturali, la mancanza di situazioni di discomfort, di paura e di stress. Questi indicatori sono sovente correlati tra loro sia positivamente sia negativamente ed il tentativo di fornire un'unica valutazione su un allevamento o su un complesso di allevamenti di un sistema produttivo è, almeno per il momento, un'impresa vana. Vi sono tuttavia tentativi per offrire strumenti che permettano una valutazione, seppure non totale mediante un unico indice aggregato, ma almeno complessa, in grado cioè di mettere assieme più indicatori e fornire valutazioni ponderate. È il caso, ad esempio dello studio di Bonneau et al. (2014a,b), che ha preso in esame in 15 differenti sistemi di allevamento di suini europei ben 37 differenti indicatori, appartenenti alle seguenti componenti che caratterizzano la sostenibilità di un allevamento: benessere animale, salute animale, programmi di selezione, ambiente, sicurezza della carne, conformità al mercato, economia e condizioni di lavoro.

1. Responsabilità dell'uomo nei confronti degli animali

Il concetto di benessere animale è stato, ed è tuttora, oggetto di profonde riflessioni filosofiche e morali, che hanno portato all'affermazione che l'animale è un essere senziente, seppure con diritti attenuati, alle cui necessità l'uomo ha la responsabilità di porre attenzione (Trattato di Lisbona 2007). Il concetto di benessere animale è stato trattato da diversi autori. Un contributo efficace è quello di Croney e Anthony (2011), i quali hanno messo bene in evidenza la difficoltà nel definirlo. Uno dei maggiori ostacoli è il fatto che esso viene percepito in modo diverso tra le varie popolazioni e in funzione della prospettiva dalla quale viene esaminato: per un allevatore il benessere dei suoi animali si evince dal loro stato di salute e dalle performance produttive, per l'etologo sono importati i comportamenti e le manifestazioni e il benessere psicologico, mentre per un filosofo il benessere si ha quando l'animale può comportarsi liberamente secondo la propria natura. Gli stessi autori mettono anche in evidenza gli aspetti pratici riguardanti il modo con cui misurarlo e le implicazioni di carattere economico ed ambientale, oltre che etico.

2. Normativa comunitaria e nazionale

Il benessere degli animali in allevamento è materia soggetta a numerose norme europee recepite successivamente dalla legislazione nazionale.

Prima di tali norme bisogna considerare la convenzione sulla protezione degli animali in allevamento di Strasburgo, siglata il 3 marzo del 1976, con la quale gli stati firmatari si sono impegnati a proteggere gli animali allevati da inutili sofferenze, causate dalle condizioni dei ricoveri, dall'alimentazione o dalla mancanza di cure adatte.

Il legislatore europeo ha poi emanato la Direttiva 98/58/CE che è una norma di carattere generale riguardante tutti gli animali allevati, che fornisce delle indicazioni su tutti gli aspetti dell'allevamento, dalle strutture, all'alimentazione, alla gestione delle attrezzature, sino alla formazione del personale.

Sono seguite poi norme di carattere più specifico riguardanti forme di allevamento o singole fasi del processo produttivo. Il Decreto Legislativo n. 267 del 29 luglio 2003, modificato dalla legge n. 29 del 25 gennaio 2006 riguarda l'allevamento delle galline ovaiole; il Decreto Legislativo n. 27 settembre 2010, in attuazione della Direttiva 2007/43/CE, stabilisce norme riguardanti gli allevamenti di polli da carne; l'allevamento del suino è invece regolamentato con il Decreto Legislativo n. 122 del 7 luglio 2011, che attua la Direttiva 2008/120/CE; è stata poi la volta dell'allevamento del vitello, con il Decreto Legislativo n. 126 del 7 luglio 2011, in attuazione della Direttiva 2008/119/CE. Il Regolamento CE 1/2005 disciplina il trasporto degli animali vivi, mentre il Regolamento CE 1099/2009 riguarda la protezione degli animali durante l'abbattimento.

Alle normative può poi aggiungersi l'attività dell'Autorità europea per la sicurezza alimentare (EFSA), che ha prodotto diverse linee guida che riguardano anche sistemi di allevamento e specie animali non soggetti a specifiche norme europee (Pulina et al., 2017).

Inoltre, c'è da considerare che con l'entrata in vigore del Regolamento Europeo 1782/2003 i benefici derivanti dalla Politica Agricola Comunitaria (PAC) sono legati al rispetto di alcuni criteri gestionali riguardanti la sanità pubblica relativa a piante e animali, l'ambiente e il benessere degli animali.

3. Stima dello stato di benessere

La stima dello stato di benessere degli animali in allevamento è un'esigenza imprescindibile per qualunque attività che si ponga l'obiettivo di migliorare il benessere degli animali e renderlo compatibile con le esigenze di economicità e sostenibilità ambientale. I metodi di stima differiscono con la specie e il sistema d'allevamento, pur partendo sempre dal principio del rispetto delle 5 libertà del Brambell Committee Report del 1965: libertà dai disagi ambientali, da fame e sete, da paura e stress, da dolore e malattia e libertà di esprimere comportamenti naturali.

A livello europeo, un riferimento importante è l'approccio emerso come risultato del progetto Welfare Quality®, che ha riguardato le categorie animali di bovini, suini e polli da carne e ovaiole, finanziato

nell'ambito del VI programma quadro dell'UE. I protocolli Welfare Quality® si basano sul soddisfacimento di quattro principi fondamentali di benessere: buona alimentazione, buona stabulazione, buon stato sanitario e comportamento adeguato. Nell'ambito di questi quattro principi sono stati individuati dodici criteri di valutazione: assenza di fame prolungata; assenza di sete prolungata; comfort del riposo; comfort termico; facilità di movimento; assenza di lesioni; assenza di malattie; assenza di dolore causato da procedure gestionali; espressione del comportamento sociale; espressione di altri comportamenti; buona relazione uomo-animale; stato emozionale positivo. Per le principali specie e categorie allevate il progetto Welfare Quality® ha prodotto dettagliati e completi protocolli che traducono i dodici criteri in un numero variabile di misurazioni da effettuare a livello aziendale; tali misure vengono poi integrate per attribuire un punteggio complessivo a ciascun criterio, i punteggi attribuiti ai dodici criteri vengono integrati per formulare un punteggio per ciascun principio e i quattro punteggi ai principi vengono combinati per definire il punteggio globale a livello di allevamento o di unità d'allevamento (Welfare Quality®, 2009 a-c). Per gli asini, i cavalli, i tacchini, gli ovini e i caprini, un successivo progetto di ricerca ha prodotto protocolli che, pur soddisfacendo i principi e i criteri del Welfare Quality®Quality, introducono indicatori specifici e modalità di valutazione adatti a valutare il soddisfacimento delle esigenze peculiari (AWIN 2015 a-e) delle specie considerate. L'Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia e Emilia-Romagna, come centro di riferimento nazionale per il benessere animale, ha prodotto una serie di linee guida che variano come precisione in funzione delle prescrizioni legislative (https://www.izsler.it/pls/izs_bs/v3_s2ew_consultazione.mostra_pagina?id_pagina=4339).

4. Effetti del benessere sullo stato di salute

La definizione di Broom (1996), secondo la quale il benessere animale è "lo stato di un individuo per quanto concerne i suoi tentativi di adattarsi all'ambiente", fornisce il contesto che spiega la forte relazione tra benessere animale e risposta allo stress, inteso come effetto ambientale sui sistemi di controllo e regolazione dell'individuo. Si tratta di una reazione adattiva necessaria per far fronte a situazioni di emergenza. Stress acuti di durata limitata, danno luogo ad una serie di reazioni comportamentali e fisiologiche che preparano l'animale a evitare la fonte di stress. Un aumento della frequenza cardiaca e del livello ematico di adrenalina preparano a una eventuale fuga; una maggiore funzione immunitaria dispone l'animale ad affrontare eventuali infezioni conseguenti a ferite. Il problema per gli animali in produzione è che vivono in ambienti diversi da quelli cui si sono originariamente adattati e le risposte adattive allo stress sono ancora in gran parte modellate sull'ambiente naturale (ad es. fuga da un predatore, avvicinamento ad altri conspecifici, trasferimento in un luogo di riposo più confortevole). In ambiente di allevamento, quando le cause dello stress non vengono rimosse o l'animale non ha possibilità di sfuggirvi, tali risposte potrebbero non dare il risultato voluto e ripetersi a lungo inefficacemente provocando stress cronico.

Condizioni di stress possono provocare risposte dannose, determinare l'incapacità di produrre risposte efficaci alle infezioni (Sapolsky et al., 2000) oppure rendere l'animale più vulnerabile alle malattie (Broom 1991; scenari sempre più spiegati dalle crescenti evidenze che collegano risposte da stress e sistema immunitario (Segerstrom e Miller 2004; Klasing 2007; Gomes et al., 2014).

Pulina et al. (2017) hanno sintetizzato gli effetti dello stress cui sono sottoposti i ruminanti sulle prestazioni e sullo stato di salute e come lo stress cronico può influenzare non solo lo stato di salute, ma anche la produzione e la qualità del prodotto, l'efficienza di trasformazione degli alimenti e l'efficienza riproduttiva.

5. Benessere animale, salute, prestazioni e ciclo di vita

Vi sono numerose evidenze che uno stato di benessere animale carente abbia effetti sulla produttività e l'efficienza delle aziende.

Un esempio evidente è il controllo della mortalità neonatale in agnelli, vitelli e suinetti che è di cruciale importanza non solo in per migliorare il benessere animale, ma anche per aumentare la produttività; la

mortalità neonatale nei vitelli è causata da fattori quali l'ipotermia, la malnutrizione materna, lesioni e infezioni specialmente gastroenteriche diarrea e respiratorie (Mellor e Stafford 2004; Windeyer et al 2014) e alti tassi di mortalità possono essere correlati a una stabulazione inadeguata (eccessiva densità, freddo e umido) a inadeguate prestazioni degli addetti, alla non corretta gestione del colostro. Il comfort ambientale che è una delle componenti fondamentali del benessere animale ha un provato effetto sulla produttività. Bach et al. (2008) ha dimostrato l'effetto della densità di allevamento sulla produzione delle bovine da latte, con uno studio che ha riguardato 47 aziende nel nord-est della Spagna che presentavano un media di densità di allevamento del 90% (0,90 vacche per cuccetta). Con una produzione media che variava tra 20 e 30 kg/giorno, questi Autori hanno stimato una perdita lineare della resa del latte di 0,52 kg /giorno per un aumento del 10% della densità misurata nell'intervallo dall'83 al 167%. Questi dati si allineano a quelli del Miner Institute (Grant, 2007) che trovavano una relazione positiva tra ore di riposo e produzione, per cui ciascuna ora di riposo aggiuntivo corrispondeva a 1,7 kg di maggiore produzione di latte. La coerenza dei due studi è stata dimostrata dai lavori di Fregonesi et al. (2007), Hill et al. (2009) che hanno stimato la relazione quantitativa tra densità di allevamento e tempo di riposo.

Lo stress e lo stato di malattia hanno effetto su crescita (Holland et al., 2010), riproduzione (Gröhn et al., 1990, Phogat 1997, Dobson e Smith, 2000) e produzione.

Tremetsberger et al. (2019) hanno studiato l'associazione di salute e benessere con efficienza tecnica in un campione di 34 aziende bovine da latte austriache. Salute e benessere sono stati valutati utilizzando il protocollo di valutazione Welfare Quality® prima e un anno dopo l'implementazione di azioni di miglioramento della stabulazione e della gestione sanitaria e del benessere animale. Lo studio ha mostrato che le aziende che si caratterizzavano per uno stato di salute più elevato (corrispondente al punteggio del principio Welfare Quality® "assenza di malattie") hanno raggiunto efficienze tecniche più elevate. Tra le malattie che hanno un documentato effetto nel ridurre la produzione e la fertilità, ha un peso importante la laminita (Huxley, 2013). Strettamente legata sia all'alimentazione sia alle condizioni strutturali ha conseguenze sull'efficienza e sull'ambiente. Si tratta di una malattia difficile da individuare prima che si manifesti clinicamente. È ovvio, perciò, che le sofferenze dovute alla mancata prevenzione e tardivo trattamento rappresentano un serio problema di benessere animale, che costituisce pure un problema economico per l'allevatore che deve eliminare precocemente gli animali che ne soffrono (Croney and Anthony, 2011).

L'importanza delle malattie sotto il profilo ambientale è stata stimata in uno studio condotto da Chatterton et al. (2014). In base ad indagini condotte in allevamenti di bovine da latte nordamericani l'impronta di carbonio di una bovina sana dovrebbe essere mediamente di 0,89 kg di CO₂eq. per kg di latte corretto per il grasso; considerando l'incidenza delle principali malattie l'impronta è risultata invece pari a 0,94 kg di CO₂eq., a causa della perdita di efficienza che queste comportano. La malattia con maggiore effetto sulle prestazioni ambientali di una bovina è la *Johne's disease*, con un aumento del 24% dell'impronta; per la Salmonella e la BVD si stima un incremento delle emissioni del 16-20%; la fascicola epatica, l'IBR, le zoppie e le mastiti hanno un impatto tra il 7 e il 10%. Effetti meno importanti sono quelli stimati per la diarrea del vitello e la polmonite.

Chatterton et al. (2014) riportano anche le stime riferite alle vacche da carne. Ad un allevamento sano dovrebbe corrispondere un'impronta di 17,1 kg di CO₂eq. per 1 kg di carne; invece, se si considerano le malattie, l'impronta è maggiore del 6,6%.

Una malattia i cui effetti sulle prestazioni ambientali sono stati maggiormente studiati è la mastite bovina, che è anche quella più rilevante economicamente per l'allevamento di bovini da latte

Almeno due sono le categorie di mastite: quelle infettive, causate da batteri, in particolare *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus agalactiae*, che si trasmettono da un animale all'altro durante la mungitura, e le quelle ambientali, causate da altri batteri quali *Escherichia coli*, *Streptococcus uberis* e il *Klebsiella*, determinate

dal contatto della mammella con un ambiente contaminato. Inoltre, le mastiti possono essere: cliniche, caratterizzate da forti sintomi di infiammazione; subcliniche, quando la composizione del latte si modifica, ma non sono presenti altri sintomi evidenti; e croniche, quando l'infiammazione si protrae per molto tempo e fasi acute e subacute si alternano.

Le mastiti comportano sempre una riduzione della produzione di latte e dell'efficienza produttiva; questo fa sì che, secondo la logica del Life Cycle Assessment (LCA), il carico ambientale dell'unità funzionale, in termini di emissioni nell'ambiente o di consumo di risorse, aumenta. L'unità funzionale è quella grandezza cui vengono riferiti tutti i flussi di entrata ed uscita del sistema e il carico ambientale. Nel caso della produzione di latte, ad esempio, l'unità funzionale potrebbe essere il chilogrammo di latte. In questo caso, a causa di una perdita di efficienza sono necessarie maggiori risorse per produrre la stessa quantità e su questa pesano le emissioni delle attività non produttive dell'animale, come ad esempio la fase di accrescimento o il metabolismo basale, che sono fondamentalmente costanti. La perdita di efficienza non è solo determinata dal fatto che diminuisce la produzione di latte giornaliera, ma anche dall'accorciamento della vita degli animali che possono essere scartati precocemente; questo comporta anche una riduzione del numero di vitelli nati per animale. Infine, la cura delle mastiti richiede l'uso di farmaci che possono avere un effetto sulla salute dell'uomo e dell'ambiente.

Lo studio di Hospito e Sonesson (2005) valuta, con la metodologia LCA, le prestazioni ambientali di un allevamento di riferimento rispetto a quelle di allevamento che, grazie all'adozione di apposite misure, ha un'incidenza inferiore di mastiti (15% rispetto a 18%). La minore incidenza di mastiti permette d'avere prestazioni ambientali migliori, come una riduzione dell'impronta di carbonio del chilogrammo di latte del 2,5% o del consumo di risorse non rinnovabili del 5,8%.

Mostert et al. (2019) hanno simulato l'effetto della mastite clinica sull'intensità di emissione di gas ad effetto serra (kg di CO₂eq/kg di latte); alla malattia è associato un incremento dell'impronta di carbonio del 6,2%, a causa dello scarto del latte, della riduzione della produzione e dell'allungamento dell'interparto.

Un'altra malattia bovina, assai frequente e rilevante economicamente, è la chetosi. Mostert et al. (2018) hanno studiato gli effetti della sua forma subclinica sui alcuni indicatori ambientali. È risultato che l'intensità emissiva di gas ad effetto serra aumenta di 20,9 kg CO₂eq. per caso di mastite subclinica, a causa della maggiore distanza tra parto e concepimento, della eliminazione del latte, della riduzione di produzione e del maggior numero di animali riformati.

L'effetto della durata della vita dell'animale da latte, a prescindere dal fatto che il termine sia voluto o determinato da malattie, è stato valutato da Glandl et al. (2019) in un esperimento controllato che ha interessato 30 bovine di diversa età. Le emissioni di gas ad effetto serra associate ad un chilogrammo di proteina edibile prodotta si riducono del 15-20% passando da una vita produttiva di 400 giorni ad una di 2800 giorni. Animali a 400 giorni dal primo parto presentano un'impronta di carbonio compresa tra i 40 e i 50 kg di CO₂eq. per kg di proteina edibile, rispetto ai 38-40 kg di CO₂eq. stimati per animali intorno ai 2800 giorni dal primo parto. Sui primi animali grava molto il fatto che prima di entrare in produzione c'è una fase di accrescimento non produttiva, che si diluisce sempre di più man mano che la vita produttiva si allunga e la produzione totale aumenta.

Un'indagine di campo, condotta da Zehetmeier et al. (2013) su 53 allevamenti di bovine sia specializzate per la produzione di latte sia a duplice attitudine ha rilevato come i due principali fattori che determinano l'impronta di carbonio del chilogrammo di latte siano la produttività e il tasso di rimonta, che è almeno in parte condizionato dall'insorgenza di malattie e dalle prestazioni riproduttive, influenzate a loro volta dalle condizioni di benessere degli animali.

6. Sistemi di allevamento e prestazioni ambientali

L'allevamento al pascolo è normalmente associato ad un livello maggiore di benessere, in quanto l'animale può esprimere in modo più compiuto il suo naturale comportamento, può scegliere le essenze con cui

alimentarsi e può interagire più facilmente con gli altri animali del gruppo. Tuttavia, in genere, le prestazioni produttive sono inferiori rispetto ai sistemi confinati e questo determina che anche quelle ambientali siano inferiori. Nel caso dell'allevamento di pecore da latte Batalla et al. (2015) hanno constatato che con i sistemi estensivi diminuisce la produzione di latte per pecora, paradossalmente aumenta la quantità di concentrato per litro di latte e peggiora l'impronta di carbonio. Batalla et al. (2015) raccomandano di tener conto del sequestro di carbonio, che si verifica negli allevamenti al pascolo e che contribuisce alla riduzione dell'impronta di carbonio. Tuttavia, gli stessi autori riconoscono che non c'è consenso sul metodo di stima del sequestro di carbonio nel suolo; di conseguenza in che misura ed in che modo tener conto del sequestro di carbonio non è ancora possibile, per poter definire se un allevamento al pascolo può apportare dei vantaggi dal punto di vista ambientale oltre che riferiti al benessere animale. Va però precisato che il confronto tra sistemi al pascolo e sistemi confinati sotto il profilo ambientale non si esaurisce in categorie ambientali quali cambiamenti climatici, acidificazione, eutrofizzazione e uso di risorse non rinnovabili, ma deve considerare anche altri aspetti, quali la biodiversità, il paesaggio o i servizi ecosistemici, per i quali i sistemi pascolivi presentano indubbi vantaggi.

Il sistema di allevamento biologico prevede una serie di misure che tendono a migliorare sensibilmente il benessere degli animali rispetto al sistema cosiddetto convenzionale. Agli animali viene concesso più spazio, ai ruminanti va dato l'accesso al pascolo e le prestazioni produttive sono meno spinte. Lo studio più completo sinora svolto è quello di Meier et al. (2015) che, raccogliendo la letteratura sino ad allora prodotta, ha messo a confronto le prestazioni ambientali del sistema biologico con quello convenzionale delle principali produzioni zootecniche. La sintesi del lavoro è riportata nella tabella 1.

Tabella 1 - Differenze degli effetti ambientali delle produzioni biologiche rispetto al sistema convenzionale, riferite su unità di superficie (S) o su unità di prodotto (P)

	Latte		Carne bovina		Carne suina		Carne avicola		Uova	
	S	P	S	P	S	P	S	P	S	P
Cambiamenti climatici	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓↓	↓	↓	↑
		↑	↓	↑		↑		↑	↓	
Eutrofizzazione	↓↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↑
		↑		↓	↓	↑		↑	↓	↑
Acidificazione	↓	↓	↓	↑			↓	↑	↓	↑
		↑	↑	↑				↑	↓	↑
Consumo di energia	↓↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓↓	↑	↓	↑
			↓	↑	↓	↑			↓	↑
Uso del suolo		↑		↑		↑		↑		↑
		↑		↑		↑		↑		↑
Uso di risorse non rinnovabili			↓	↓	↓	↓	↓↑	↑	↓	↑
			↓		↓			↑	↓	↑
Acqua (da fiumi, laghi o sorgenti)			↓	↓	↓	↓	↓↓	↓		
			↓	↑	↓			↓		

Uso di pesticidi	↓↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓↓	↓	↓	↓
Ecotossicità	↓↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓↓	↓		
↓ riduzione. ↓↓ riduzione molto rilevante. ↑ aumento. ↑↑ aumento molto rilevante. ↓↑ effetto controverso o nullo.										

Appare evidente come, a seconda della specie o produzione animale, ma soprattutto della categoria ambientale presa in esame, il sistema biologico ha conseguenze diverse sulle prestazioni ambientali. Appare altresì evidente che, in generale, il sistema biologico è associato a migliori prestazioni ambientali se riferite all'unità di superficie e a prestazioni inferiori se riferite all'unità di prodotto.

L'allevamento del suino così come quello degli avicoli è soggetto ad una specifica normativa tesa, prima di tutto, a ridurre le emissioni di ammoniaca (Decisione di esecuzione 2017/302), che impone comunque a prestare attenzione alle condizioni di benessere degli animali. Da un'indagine condotta su tre diversi tipi di allevamenti suini belgi, Degré et al. (2007) hanno rilevato che l'emissione di ammoniaca per suino all'anno è inferiore nel sistema convenzionale rispetto sia a quello biologico sia a quello all'aperto, perché è minore l'escrezione azotata; tuttavia gli Autori hanno fatto rilevare che il livello di 170 kg di N ad ettaro (limite per le aree vulnerabili, secondo la normativa sui nitrati) è, seppur di poco, superato dal sistema convenzionale, mentre le emissioni di N per i sistemi biologico o all'aperto sono ampiamente al di sotto di questo limite.

In un caso studio riguardante il suino (Basset- Mens et al., 2007) sono stati analizzati tre differenti sistemi di allevamento: 1. Convenzionale, secondo le buone pratiche agricole; 2. Red label, ossia un sistema di allevamento particolarmente attento al benessere animale; 3. Sistema biologico. Il primo sistema prevede l'allevamento confinato, mentre i due ultimi sistemi prevedono un ampio spazio al coperto e l'accesso ad ampie aree esterne. Per effetto delle migliori prestazioni produttive, il sistema convenzionale offre anche migliori prestazioni ambientali, se riferite alla carne prodotta. Considerato che il sistema Red label e quello biologico hanno densità inferiori, l'impatto per unità di superficie è minore in questi due sistemi rispetto a quello convenzionale. Tuttavia, bisogna fare attenzione a fare confronti molto generali, perché molto dipende dall'impostazione che l'allevatore dà alla propria impresa, alla sua bravura e alle prestazioni produttive che riesce ad ottenere (McGlone, 2013).

Un altro esempio è quello offerto dallo studio di Pashaei Kamali et al. (2014) riguardante l'allevamento del bovino da carne, secondo il sistema convenzionale o quello biologico. Questo, a causa della maggiore durata del ciclo produttivo, ha valori di riscaldamento globale, uso di energia e occupazione di suolo peggiori rispetto ai sistemi convenzionali.

Bisogna tuttavia fare attenzione che i sistemi di allevamento non devono semplicemente caratterizzarsi per il rispetto di determinate regole o parametri. È il caso, in particolare, dell'idoneità di una razza al sistema di allevamento in cui viene utilizzata. Il sistema biologico prevede l'impiego di razze autoctone o, in ogni caso, adatte ad un ambiente meno controllato e con una alimentazione meno spinta. Nel caso degli allevamenti di polli da carne, il problema è particolarmente sentito perché sovente negli allevamenti biologici sono allevati polli specializzati per la carne poco adatti al pascolamento. Castellini et al. (2012) hanno dimostrato che lo stato di benessere e le prestazioni ambientali sono sostanzialmente gli stessi in un sistema convenzionale e in uno biologico, se in quest'ultimo si utilizza una razza a rapido accrescimento. Utilizzando invece una razza a lento accrescimento, che meglio razzola ed è più robusta, migliorano sia gli indici riguardanti il benessere sia le principali categorie di impatto ambientale.

L'importanza delle prestazioni produttive determinate dal sistema di allevamento sulle prestazioni ambientali è ben messa in evidenza dal lavoro di Leinonen et al. (2012b) che hanno messo a confronto

l'allevamento in gabbia dell'ovaiola, con quello libero al chiuso, all'aperto e con il sistema biologico. Nella tabella 2 sono riassunti i risultati principali.

Tabella 2 – Principali categorie di impatto di 1000 kg di uova (da Leinonen et al., 2012b)

		Gabbia	Capannone	All'aperto	Biologico
Produzione di uova per ovaia	n. uova/anno	315	300	293	280
Consumo di energia	GJ	16,88	22,20	18,78	26,41
Riscaldamento globale	1000 kg CO ₂ eq.	2,92	3,45	3,38	3,42
Eutrofizzazione	kg PO ₄ eq.	18,47	20,32	22,03	37,61
Acidificazione	kg SO ₂ eq.	53,14	59,43	64,13	91,63
Pesticidi	Dose/ha	2,07	2,20	2,33	0,09
Consumo risorse non rinnovabili	kg Sbeq.	9,11	14,62	15,38	20,25
Uso del suolo	ha	0,40	0,42	0,51	1,69

Gli stessi Autori (Leinonen et al., 2012a) hanno condotto uno studio simile su allevamenti di polli da carne allevati in modo standard o all'aperto con sistema biologico, arrivando a risultati sostanzialmente uguali. Il concetto di sistema produttivo, in realtà, deve essere definito in modo preciso, perché sotto lo stesso nome possono trovarsi tecnologie e gestioni molto diverse (Pirlo e Lolli, 2019). Questo vale in particolare quando si mettono a confronto sistemi convenzionali con il sistema biologico. La generalizzazione delle definizioni porta a risultati apparentemente contraddittori. Ad esempio, nello studio di Pelletier (2017) i risultati migliori, sotto il profilo ambientale sono stati ottenuti nel sistema biologico di produzione di uova. All'interno di uno stesso sistema, si possono avere soluzioni gestionali diverse che incidono significativamente sulle prestazioni ambientali e sui parametri riguardanti il benessere degli animali. Müller-Lindenlauf et al. (2010) con uno studio riguardante 27 allevamenti di bovine da latte hanno messo in evidenza che gli allevamenti caratterizzati da una dieta più concentrata presentavano migliori valori di riscaldamento globale e d'uso del suolo, mentre mostravano risultati peggiori per indicatori quali il benessere animale, la qualità del latte e le emissioni di ammoniaca.

L'indagine di Zucali et al. (2017) ha preso in considerazione l'efficienza alimentare e la percentuale di concentrato nella dieta di bovine da latte, parametri che sono negativamente correlati con l'impronta di carbonio del chilogrammo di latte. Sia il miglioramento dell'efficienza alimentare espressa come chilogrammi di latte corretto per latte e proteina, sia la percentuale di concentrato influenzano lo stato di benessere degli animali delle aziende studiate: una maggiore efficienza produttiva e una minore presenza di foraggi grossolani nella dieta sono associati a un indice di benessere inferiore. Lo studio, in sostanza, mostra come in qualche misura e per certi versi vi sia una contrapposizione tra benessere animale e prestazioni ambientali.

7. Strategie di mitigazione dell'impatto ambientale e benessere animale

Numerose sono le strategie, già disponibili o che richiedono ancora sperimentazione, per la riduzione dell'impatto ambientale (FAO, 2013) e la loro adozione può avere effetti sul livello di benessere degli animali. Se esaminiamo il caso dei ruminanti e della emissione di gas ad effetto serra (Llonch et al., 2017), vediamo che, ad esempio, l'impiego di composti chimici che riducono, con diversi meccanismi, la metanogenesi, possono essere tossici per l'animale; mentre l'incremento della densità energetica può portare all'insorgere di malattie metaboliche.

8. Esempi di interventi sul benessere e riduzione dell'impatto ambientale

Secondo la Global Research Alliance (https://saiplatform.org/uploads/Modules/Library/lrg-sai-livestock-mitigation_web2.pdf) il miglioramento del benessere e della salute animale è considerato, assieme alla gestione dei pascoli, alla gestione delle deiezioni, alle modificazioni del microbioma ruminale, alla

selezione genetica e alla nutrizione, un'azione strategica per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra degli allevamenti, in particolare di bovini. Secondo questa impostazione il benessere animale è inteso soprattutto come un miglioramento degli aspetti sanitari, della produttività nell'arco dell'intera vita dell'animale e in un aumento della resistenza alle malattie.

In molti studi riguardanti le misure che devono essere adottate per ridurre l'impatto ambientale degli allevamenti si dà per scontato che il livello di benessere sia quello massimo conseguibile in un determinato sistema di allevamento; di conseguenza il miglioramento delle condizioni di benessere non è considerata una delle possibili strategie di mitigazione (Kim et al., 2019). In pratica e a livello aziendale, sappiamo invece che un allevamento razionale che consenta di avere animali sani, ben sviluppati e fecondi e che segua protocolli di attenzione al benessere animale è una delle strategie principali per la riduzione dell'impatto ambientale della produzione zootecnica (Hristov et al., 2013).

Anche in forme di allevamento all'aperto si possono introdurre elementi che migliorano il comportamento animale e lo stato di salute dell'animale. Nell'esperimento di Del Bosco et al. (2014), l'introduzione di strisce coltivate a sorgo e, soprattutto, la presenza di alberi di ulivo in sistemi di allevamento all'aperto di polli da carne, incrementa l'ingestione alimentare e lo stato di salute e riduce la mortalità. Lo stesso gruppo di autori (Rocchi et al., 2019) ha poi messo a confronto sistemi di allevamento di polli da carne: intensivo, all'aperto e all'aperto sotto piante di ulivo; anche in questo esperimento la presenza degli ulivi, che rendono più favorevoli le condizioni ambientali cui si trovano gli animali, perché più protetti dal sole e dai predatori, migliora tutte le categorie d'impatto ambientale (composti inorganici volatili, cambiamenti climatici, acidificazione, eutrofizzazione, biodiversità) con eccezione dell'uso del suolo e dell'energia fossile.

Secondo la review di O'Brien et al. (2019) il miglioramento delle prestazioni animali è una delle strategie principali per ridurre l'impronta di carbonio della carne bovina. Tra le varie misure da adottare vi è quella di porre particolare attenzione alle condizioni di salute della mandria che, come abbiamo visto, è fortemente condizionato dalle condizioni di benessere degli animali. Nel progetto LIFE BEEF CARBON sono state applicate diverse misure per migliorare il benessere animale, che si sono dimostrate capaci di favorire le prestazioni produttive e, conseguentemente, ridurre l'impronta di carbonio del chilogrammo di carne prodotta. La misura che ha incontrato maggiore favore da parte degli allevatori è stata l'installazione di ventole orizzontali che abbassano la temperatura e migliorano la qualità dell'aria della stalla (Figura 1). Gli animali si trovano in una condizione ambientale migliore, hanno più appetito, crescono più rapidamente e la carne presenta un'impronta di carbonio migliore.



Figura 1. Ventole orizzontali in allevamento di bovini da carne all'ingrasso

Con il miglioramento della efficienza produttiva, che si ottiene attraverso azioni che riguardano la gestione, l'alimentazione, la riproduzione e il confort dell'animale, si riducono anche le emissioni che agiscono sul riscaldamento globale e sulla qualità dell'aria (Place e Mitloehner, 2010).

Un altro esempio, questa volta applicato ai bovini da latte, è quello che si riferisce all'applicazione delle tecnologie di *precision livestock farming*, che hanno lo scopo principale di monitorare in tempo reale le condizioni fisiologiche degli animali e i vari aspetti dell'allevamento.

La zootecnia di precisione si è sviluppata in modo particolare nell'allevamento di vacche da latte, per una serie di motivi che sono stati illustrati da Caja et al. (2016) e che riguardano il particolare ciclo produttivo di questi animali, in cui l'aspetto riproduttivo è di vitale importanza, e il fatto che in questo, più che in altri tipi di allevamento, c'è stato un grande sviluppo dell'automazione, della diagnostica innovativa e della sensoristica. Lo stato fisiologico e di salute del singolo animale è controllato mediante sistemi che riguardano la composizione del latte, la conta cellulare, lo stato di ingrassamento, lo stato metabolico, l'attività motoria, le zoppie, il rilevamento degli estri, l'approssimarsi del parto, la ruminazione, la posizione. A queste tecnologie si aggiungono quelle applicabili alla produzione degli alimenti, ma soprattutto quelle che riguardano la preparazione della razione. La tecnologia permette, ad esempio, di vedere se la qualità dell'alimento somministrato agli animali ha composizione e strutture conformi a quanto stabilito. In questo modo gli errori si scoprono subito e si evitano problemi sanitari legati ad una cattiva alimentazione. La prospettiva derivante dall'introduzione di queste tecnologie è quella di migliorare l'efficienza produttiva degli animali, evitando l'insorgere di malattie acute o sub acute che sono fonte di stress e sofferenza per l'animale, e di ridurre gli sprechi di risorse alimentari, fornendo agli animali la giusta quantità di cibo e nella corretta composizione.

9. Conclusioni

Il benessere animale e la sostenibilità ambientale sono due aspetti strettamente interconnessi. Gli studi sin qui eseguiti, di cui l'articolo dà un quadro, pongono in evidenza che essi non sono in contrapposizione.

Se si confrontano sistemi di allevamento particolarmente attenti al benessere animale, quali ad esempio l'allevamento estensivo, l'allevamento all'aperto o al pascolo su ampi spazi, che devono essere legati a tipi genetici adatti a tali contesti, il benessere animale può, almeno per certi aspetti, essere in contrapposizione con l'impatto ambientale, espresso in termini di carico ambientale per unità di prodotto.

Se invece, si considera il sistema intensivo, misto nel caso dei ruminati o industriale nel caso degli avicoli o suini, il miglioramento del benessere animale porta sempre ad un miglioramento della produzione e dell'efficienza, che a loro volta determinano un miglioramento della maggior parte delle categorie di impatto ambientale.

L'attenzione al benessere riduce l'incidenza delle malattie e migliora le prestazioni produttive e riproduttive, riduce lo spreco di alimenti destinati agli animali, riduce lo scarto di prodotto o per cattiva qualità o per l'uso di farmaci, allunga il ciclo di vita e migliora la rimonta.

La cura per il benessere degli animali è di gran lunga, nelle condizioni in cui operano gli allevamenti del nostro Paese, in cui mancano per varie ragioni ampie superfici su cui praticare il pascolo, la principale strategia per migliorare la sostenibilità ambientale dell'allevamento. L'allevamento "protetto" permette infatti di fornire all'animale la giusta alimentazione e di assisterlo nel modo più corretto.

In conclusione, si può affermare che perseguire il miglioramento del benessere animale è una delle principali strategie di riduzione dell'impatto ambientale degli allevamenti zootecnici.

Bibliografia

1. AWIN, 2015a. AWIN welfare assessment protocol for don- keys. doi:10.13130/AWIN_DONKEYS_2015
2. AWIN, 2015b. AWIN welfare assessment protocol for hor- ses. doi:10.13130/AWIN_HORSES_2015
3. 3. AWIN, 2015c. AWIN welfare assessment protocol for goats. doi:10.13130/AWIN_GOATS_2015
4. 4. AWIN, 2015d. AWIN welfare assessment protocol for tur- keys. doi:10.13130/AWIN_TURKEYS_2015
5. 5. AWIN, 2015e. AWIN welfare assessment protocol for sheep. doi:10.13130/AWIN_SHEEP_2015
6. Bach A., Valls N., Solans A, Torrent T. 2008. Associations between nondietary factors and dairy herd performance. *J. Dairy Sci.*, 91: 3259-3267.
7. Basset-Mens C., van der Werf H.M.G., Robin P., Morvan Th., Hassouna M., Paillat J.-M., Vertès F., **2007**. Methods and data for the environmental inventory of contrasting pig production systems. *J. Cleaner Prod.*, 15: 1395-1405.
8. Batalla I., Trydeman Knudsen M., Mogensen L., del Hierro Ó., Pinto M., Hermansen J.E., 2015. Carbon footprint of milk from sheep farming systems in Northern Spain including soil carbon sequestration in grasslands. *J. Cleaner Prod.*, 104: 121-129.
9. Bonneau M., de Greef K., Brinkman D., Cinar M.U., Dourmad J.Y., Edge H.L., Fàbrega E., González J., Houwers H.W.J., Hviid M., Ilari-Antoine E., Klauke T.N., Phatsara C., Rydhmer L., van der Oever B., Zimmer C., Edwards S.A., 2014a. Evaluation of the sustainability of contrasted pig farming systems: the procedure, the evaluated systems and the evaluation tools. *Animal*, 8: 2011-2015.
10. Bonneau M., Klauke T.N., González J., Ilari-Antoine E., Dourmad J.Y., de Greef K., Houwers H.W.J., Cinar M.U., Fàbrega E., Zimmer C., Hviid M., van der Oever B., Edwards S.A. 2014b. Evaluation of sustainability of contrasted pig farming systems: integrated evaluation. *Animal*, 8: 2058-2068.
11. Broom D.M., 1991. Animal welfare: concepts and measurement. *J. Anim. Sci.*, 69: 4167-4175.
12. Broom D.M., 1996. Animal welfare defined in terms of attempts to cope with the environment. *Acta Agric. Scand. Sec. A. Anim. Sci.*, suppl. 27: 22-28.
13. Broom D.M., 2019. Animal welfare complementing or conflicting with other sustainability issues. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 219: 104829.
14. Caja G., Castro-Costa A., Knight C.H., 2016. Engineering to support wellbeing of dairy animals. *J. Dairy Res.*, 83: 136-147.
15. Castellini C., Boggia A., Cortina C., Dal Bosco A., Paolotti L., Novelli E., Mugnai C., 2012. A multicriteria approach for measuring the sustainability of different poultry production systems. *J. Cleaner Prod.*, 37: 192-201.
16. Chatterton J., Williams A., Hateley G., Curwen A., Elliott J., 2014. A systems-LCA approach to modelling the impact of improvements in cattle health on greenhouse gas emissions. *Proc. 9th Intl. Conf. Agri-Food Sec.*, San Francisco, 8-10 Oct.
17. Cronney C.C. and Anthony R., 2011. Ruminating conscientiously: Scientific and socio-ethical challenges for US dairy production. *J. Dairy Sci.*, 94: 539-546.
18. Degré A., Debouche C., Verhève D., 2007. Conventional versus alternative pig production assessed by multicriteria decision analysis. *Agron. Sustain. Dev.*, 27, 185-195.
19. Del Bosco A., Mugnai C., Rosati A., Paoletti A., Caporali S., Castellini C., 2014. Effect of range enrichment on performances, behavior and forage intake of free-range chickens. *J. Appl. Poult. Res.*, 23: 137-145.
20. Dobson H., Smith R.F., 2000. What is stress, and how does it affect reproduction? *Anim. Rep. Sci.*, 60-61: 743-752.
21. Fregonesi J.A., Tucker C.B., Weary D.M., 2007. Overstocking reduces lying time in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90: 3349-3354.
22. Gomes A.V.S., Quinteiro-Filho W.M., Ribeiro A., Ferraz-de-Paula V., Pinheiro M.L., Baskevillle E., Akamine A.T., Astolfi-Ferreira A.J.P., Palermo-Neto J., 2014. Overcrowding stress decreases

- macrophage activity and increases *Salmonella enteritidis* invasion in broiler chickens. *Avian Pathology*, 43: 82-90.
23. Glandl F., Furger M., Kreuzer M., Zehetmeier M., 2019. Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. *Animal*, 13: 198-208.
 24. Grant R., 2007. Taking advantage of natural behavior improves dairy cow performance. Page 225-226 in *Proc. Western Dairy Manag. Conf.*, Reno, NV, USA.
 25. Gröhn Y.T., Erb H. N., McCulloch C. E., Saloniemi H. S., 1990. Epidemiology of reproductive disorders in dairy cattle: associations among host characteristics, disease and production. *Preventive Veterinary Medicine*, 8:25-39.
 26. Hill C.T., Krawczel P.D., Dann H.M., Ballard C.S., Hovary R.C., Falls W.A., Grant R.J., effect of stocking density on the short-term behavioural responses of dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 117: 144-149.
 27. Holland B. P., Burciaga-Robles L. O., VanOverbeke D. L., Shook J. N., Step D. L., Richards C. J., Krehbiel C. R. 2010. Effect of bovine respiratory disease during preconditioning on subsequent feedlot performance, carcass characteristics, and beef attributes. *J Anim Sci.* Jul; 88: 2486–2499.
 - Hospito A. e Sonnesson U., 2005. The environmental impact of mastitis: a case study of dairy herds. *Sci. Tot. Environ*, 343: 71-82.
 28. Hristov A.N., Oh J., Lee C., Meinen R., Montes F., Ott T., Firkins J., Rotz A., Dell C., Adesogan A., Yang W., Tricarico J., Kebreab E., Waghorn G., Dijkstra J., Oosting S., 2013. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non-CO₂ emissions. Edited by Pierre J. Gerber, Benjamin Henderson and Harinder P.S. Makkar. *FAO Animal Production and Health Paper No. 177*. FAO, Rome, Italy. *Perspective. Animal*, 11: 274-284.
 30. Kim D., Stoddart N., Rotz C.A., Veltman K., Chase L., Cooper J., Ingraham P., Izarrualde R.C., Jones C.D., Gaillard R., Aguirre-Villegas H.A., Larson R.A., Ruark M., Salas W., Jolliet O., Thoma G.J., 2019. Analysis of beneficial management practices to mitigate environmental impacts in dairy production systems around the Great Lakes. *Agric. Syst.*, 176: 10266031.
 - Klasing K.C., 2007. Nutrition and immune system. *Br. Pout. Sci.*, 48: 525-537.
 29. Leinonen I., Williams A.G., Wiseman J., Guy J., Kyriazakis I., 2012a. Predicting the environmental impact of chicken systems through a life cycle assessment: Boiler production systems. *Poult. Sci.*, 91: 8-25.
 30. Leinonen I., Williams A.G., Wiseman J., Guy J., Kyriazakis I., 2012b. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Egg production systems. *Poult. Sci.*, 91: 26-40.
 31. Lonch P., Haskell M.J., Dewhurst R.J., Turner S.P., 2017. Current available strategies to mitigate greenhouse gas emissions in livestock systems: an animal welfare
 32. McGlone J.J., 2013. The future of pork production in the world: towards sustainable, welfare-positive systems. *Animals*, 3: 401-415.
 33. Mellor D.J., Stafford K.J., 2004. Animal welfare implications of neonatal mortality and morbidity in farm animals. *The Veterinary Journal*, 168: 118-133,
 34. Mostert P.F., van Middelaar C.E., Bokkers E.A.M., de Boer I.J.M., 2018. The impact of subclinical ketosis in dairy cows on greenhouse gas emissions of milk production. *J. Cleaner Prod.*, 171: 773-782.
 35. Mostert P.F., Bokkers E.A., de Boer I.J.M., van Middelaar C.E., 2019. Estimating the impact of clinical mastitis in dairy cows on greenhouse gas emissions using a dynamic stochastic simulation model: a case study. *Animal*, 13: 2913-2961.
 36. Müller-Lindenlauf M., Deittert C., Köpke U., 2010. Assessment of environmental effects, animal welfare and milk quality among organic dairy farms. *Livest. Sci.*, 128: 140-148.

37. O'Brien D., Herron J., Andurand J., Carè S., Martinez P., Migliorati L., Moro M., Pirlo G., Dollè J.-B., 2019. LIFE BEEF CARBON: a common framework for quantifying grass and corn based beef farms' carbon footprint. *Animal*. In press.
38. Pashaei Kamali F., Meuwissen M.P.M., Oude Lansink A.G.J.M., 2014. Evaluation of beef sustainability in conventional, organic, and mixed crop-beef supply chain. *Proc. 9th Intl. Conf. LCA in Agri-Food Sector*.
39. Pelletier N., 2017. Life cycle assessment of Canadian egg production, with differentiation by hen housing system type. *J. Cleaner Prod.*, 152: 167-180.
40. Perry B.D., Robinson T.P., Grace D.C., 2018. Animal health and sustainable global livestock systems. *Animal*, 12: 1699-1708.
41. Phogat J.B., Smith R.F., Dobson H., 1997. Effect of adrenocorticotrophic hormone on gonadotrophin releasing hormone-induced luteinizing hormone secretion in vitro. *Anim. Rep. Sci.*, 48: 53-65.
42. Pirlo G., Lolli S., 2019. Environmental impact of milk production from samples of organic and conventional farms in Lombardy (Italy). *J. Cleaner Prod.*, 211: 962-971.
43. Place S.E. e Mitloehner F.M., 2010. Contemporary environmental issues: A review of the dairy industry's role in climate change and air quality and the potential of mitigation through improved production efficiency. *J. Dairy Sci.*, 93: 3407-3416.
44. Pulina G., Francesconi A.H.D., Stefanon B., Sevi A., Calamari L., Lacetera N., Dell'Orto V., Pilla F., Ajmone Marsan P., Mele M., Rossi F., Bertoni G., Crovetto G.M., Ronchi B., 2017. Sustainable ruminant production to help feed the planet. *Ital. J. Anim. Sci.*, 16: 140-171.
45. Rocchi L., Paolotti L., Rosati A., Boggia A., Castellini C., 2019. Assessing the sustainability of different poultry production systems: A multicriteria approach. *J. Cleaner Prod.*, 211: 103-114.
46. Sapolsky R.M., Romero L.M., Munck A.U., 2000. How to glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory, and preparative actions. *Endocr. Rev.*, 21: 55-89.
47. Segerstrom S.C., Miller G.E., 2004. Physiological stress and human immune system: A meta-analytic study of 30 years of inquiry. *Phys. Bull.*, 130: 601-630.
48. Tremetsbergr L., Winckler C., Kantehardt J., 2019. Animal health and welfare state and technical efficiency of dairy farms: possible synergies. *Anim. Welfare*, 28: 345-352.
49. UE, Decisione di esecuzione (UE) 2017/302 della Commissione del 15 febbraio 2017 che stabilisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) concernenti l'allevamenti intensivo di pollame o di suini, ai sensi della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio.
50. Welfare Quality®, 2009 a. Welfare Quality assessment protocol for cattle. Welfare Quality Consortium, Lelystad, Netherlands;
51. Welfare Quality®, 2009 b. Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Welfare Quality Consortium, Lelystad, Netherlands.
52. Welfare Quality®, 2009 c. Welfare Quality® Assessment protocol for pigs (sows and piglets, growing and finishing pigs). Welfare Quality Consortium, Lelystad, Netherlands.
53. Windeyer M.C., Leslie K.E., Godden S.M., Hodgins D.C., Lissemore K.D., LeBlanc, S.J. 2014. Factors associated with morbidity, mortality, and growth of dairy heifer calves up to 3 months of age. *Preventive Veterinary Medicine*, 113:231-240.
54. Zehetmeir M., O'Brien D., Shalloo L., Dorfner G., Hofmann G., Heißenhuber A., Hoffmann H., 2013. What are the most important variables predicting GHG emissions, land use and beef output of dairy farms? *Greenhouse gases & Animal Agriculture Conference*, Dublin, 23-26 June.
55. Zucali M., Battelli G., Battini M., Bava L., Decimo M., Mattiello S., Povolo M., Brasca M., 2017. Multi-dimensional assessment and scoring system for dairy farms. *Ital. J. Anim. Sci.*, 15: 492-503.

RETE RURALE NAZIONALE
Autorità di gestione
Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali
Via XX Settembre, 20 Roma
www.reterurale.it
redazionern@politicheagricole.it
[@reterurale](#)

www.facebook.com/reterurale

Pubblicazione realizzata con il contributo del FEASR (Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale)
nell'ambito delle attività previste dal Programma Rete Rurale Nazionale 2014-2020