

# GESTIONE IN ALLEVAMENTO DELLA MALATTIA DEGLI EDEMI ATTRAVERSO L'UTILIZZO DI STATISTICHE DI PROCESSO PER IL MONITORAGGIO ROUTINARIO DELLA PRODUZIONE

## ***MANAGING SHIGA TOXIN-PRODUCING E. COLI USING STATISTICAL PROCESS CONTROL CHARTS FOR ROUTINE HEALTH AND PRODUCTION MONITORING IN PIG FARMING***

SCOLLO A.<sup>1\*</sup>, RUSINÀ A.<sup>1</sup>, CAVAZZONI A.<sup>2</sup>, MAZZONI C.<sup>2</sup>, COSSETTINI C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Department of Veterinary Sciences, University of Torino, 10095 Grugliasco, Torino, Italy;*

<sup>2</sup>*Swivet Research sas, 42123 Reggio Emilia, Italy;*

<sup>3</sup>*Chemifarma spa, 47122 Forlì, Italy*

**Parole chiave:** Shiga toxin; *Escherichia coli*; malattia degli edemi; suino; statistica di processo  
**Keywords:** *Shiga toxin; Escherichia coli; oedema disease; pig; statistical process control*

### **RIASSUNTO**

La malattia degli edemi (ED) causata da *E.coli* produttori di Shiga tossine è una patologia potenzialmente fatale nei suini, in particolare per i suinetti allo svezzamento. Quando in un allevamento viene applicato un protocollo di prevenzione, l'interpretazione della sua efficacia spesso è complicata nelle condizioni di campo a causa della variabilità naturale o per "altra causa comune". Per questa ragione, in questo studio è stato usato un approccio basato su un controllo statistico di processo (SPC) per valutare in modo retrospettivo l'applicazione di un protocollo di prevenzione per l'ED (dieta a basso contenuto proteico, *fibra ad-libitum*, vaccinazione a 5 giorni di età) in un sito commerciale di svezzamento dei suinetti infetto. L'analisi è stata condotta in un periodo di 9 anni (n= 75 lotti, 1800 suinetti svezzati per lotto) utilizzando la mortalità come parametro chiave per la salute e la produzione per ogni lotto; la statistica e i limiti di controllo (media  $\pm$  3 volte sd, UCL, limite di controllo superiore; LCL, limite di controllo inferiore) sono stati basati sui dati ottenuti dai primi 28 lotti (Periodo 1) prima dell'esordio del primo segno clinico di ED. I grafici permettono l'individuazione di lotti definiti fuori controllo (i.e., con la mortalità fuori dai limiti di intervento) dal lotto 29 in poi esplorando un Periodo 2 (produzione instabile e segni clinici di ED, 36 lotti) e un Periodo 3 (applicazione del protocollo di prevenzione; 11 lotti). La valutazione della mortalità attraverso l'utilizzo dell'SPC ha rivelato un sistema di produzione definito sotto controllo (media della barra dell'intervallo mobile =1,34%; UCL=4,37%; LCL=0%) durante il Periodo 1. Durante il Periodo 2, i grafici hanno perso lo stato di controllo statistico, come mostrato da diversi segni di variazione per causa speciale causati dal focolaio di ED. Il Periodo 3 è stato caratterizzato nuovamente da uno stato di controllo statistico in cui non sono stati rilevati segni di variazione per causa speciale. In conclusione, l'applicazione retrospettiva dei grafici SPC nel presente studio ha permesso di confermare l'efficacia di un protocollo di prevenzione per l'ED nel ridurre la mortalità in un sito di svezzamento. I grafici SPC sono consigliati come utile strumento per fornire informazioni sulle relazioni fra decisioni in merito alla salute, al benessere e al management e alcuni indicatori iceberg selezionati negli animali da allevamento.

### **ABSTRACT**

Oedema disease (ED) caused by Shiga-toxin-producing *E. coli* in pigs is a serious life-threatening disease, particularly among weaned piglets. When a preventive protocol is adopted

in a specific farm, interpretation of effectiveness is often complicated in field conditions due to natural or “common cause” variation. For this reason, in this study a Statistical process control (SPC) approach was used to retrospectively evaluate the application of an ED preventive protocol (lower protein diet, ad-libitum fiber, vaccination at 5 days of age) in an infected commercial piglets’ weaning site. The analysis was established over a 9-years period (n=75 consecutive batches; 1800 weaners per batch) using mortality for each batch as the key parameter of health and production; the statistics and the control limits (mean  $\pm$ 3-fold sd; UCL, upper control limit; LCL, lower control limit) were based on data from the first 28 batches (Period 1) before the onset of the first ED clinical signs. The charts allowed the detection of defined out of control batches (i.e., with mortality out of the intervention limits) from batch 29 ongoing, exploring a Period 2 (unstable production and ED clinical signs; 36 batches) and a Period 3 (application of the ED preventive protocol; 11 batches). Mortality evaluation using SPC revealed a production system defined under-control (mean moving range bar = 1,34%; UCL = 4,37%; LCL = 0%) during Period 1. During Period 2, charts lost the state of statistical control, as showed by several signals of special cause variation due to the ED outbreak. Period 3 was characterized again by a state of statistical control, where no signals of special cause variation was showed. In conclusion, the retrospective application of SPC charts in the present study was able to confirm the efficacy of an ED preventive protocol in reducing mortality in a piglets’ weaning site. SPC charting is suggested as a useful tool to provide insights into relationships between health, managerial, and welfare decision and some selected iceberg parameters in livestock.

## INTRODUZIONE

La malattia degli edemi (ED) nei suini è causata da *E.coli* (STEC) produttori di Shiga tossine, conosciuti anche come *E.coli* della malattia degli edemi. Questi ceppi di *E.coli* sono caratterizzati dalla capacità di produrre Shiga tossine 2e (Stx2e), che entrano nel circolo sanguigno e danneggiano le pareti dei vasi determinando edema nei tessuti target e causando una malattia potenzialmente fatale in particolare fra i suinetti allo svezzamento. Gli animali che soffrono di malattia degli edemi mostrano edema, deperimento, disturbi neurologici come atassia o paralisi e in casi gravi la morte improvvisa. Una volta che un allevamento si infetta è difficile eliminare la ED e lo stesso ceppo è solitamente ritrovato in diversi lotti consecutivi di suini, questo può risultare in ingenti danni per gli allevatori di suini. Il trattamento antibiotico è ancora l’approccio terapeutico più largamente utilizzato per migliorare la salute dei suinetti quando questi mostrano sintomi di ED, ma spesso è tardi per salvarli in quanto la tossina si è già diffusa nell’organismo. Comunque, l’utilizzo di antibiotici a scopo profilattico sugli altri suinetti in salute o come additivo alimentare per ridurre la colonizzazione di batteri patogeni nell’intestino è controverso dal momento che è risaputo che determina l’aumento di batteri resistenti agli antibiotici, i quali causano una grande preoccupazione nel settore suinicolo. Per questo motivo, e per il bando dell’ossido di Zinco come alternativa per il controllo delle infezioni da *E.coli*, è necessario lo sviluppo di un altro approccio preventivo efficace. L’Organizzazione delle Nazioni Unite per l’Alimentazione e l’Agricoltura (FAO) ha inoltre enfatizzato il bisogno di prevenire le malattie infettive negli animali attraverso diverse misure classificate in tre categorie: buona zootecnia, biosicurezza efficace e vaccinazione. Ad esempio, sono ritenute efficaci per il controllo delle infezioni da *E.coli* alcune strategie di gestione dell’alimentazione, come la riduzione dell’assunzione di cibo, di proteina grezza ed energia digeribile e una dieta con un alto contenuto di fibre.

Quando viene adottato un protocollo di prevenzione in specifici allevamenti è essenziale monitorare la sua efficacia sulla salute dei suini e sul processo di produzione.

Sfortunatamente, l'interpretazione dell'efficacia spesso è complicata nelle condizioni di campo a causa della variabilità naturale o "di causa comune". I grafici di controllo statistico di processo (SPC), inventati negli anni '20 del XX secolo e usate nell'industria per diversi anni, forniscono un approccio statistico che può essere utile anche nel campo della sanità umana e produzione animale.

Gli strumenti importanti dell'SPC includono diagrammi di controllo, come il grafico a valori individuali (I-chart) e il grafico *moving-range* (MR-chart).

Un diagramma SPC è un grafico cronologico dei dati di un processo (i.e. i parametri di interesse registrati regolarmente nel tempo) con una linea centrale (solitamente la media) e dei limiti di controllo superiori e inferiori definiti statisticamente. Se tutti i valori del processo ricadono nell'intervallo fra il limite superiore e il limite inferiore il processo si considera sotto "controllo statistico". Se i valori del processo ricadono al di fuori dei limiti o mostrano un particolare trend o una variazione (e.g. un progressivo aumento o riduzione dei valori dalla linea centrale) questo fornisce la prova di una variazione causa "speciale". I diagrammi SPC di dati storici possono determinare se un processo è stato sotto "controllo statistico", possono essere usati in modo prospettico per svelare variazioni di processi dopo l'introduzione di una nuova procedura nella catena di produzione e della sua efficacia e, quando un grafico indica l'istituzione di un diverso livello di performance, possono essere usati per calcolare una nuova linea centrale e nuovi limiti. La I-chart e la MR-chart vengono utilizzate in caso di dati continui e non raccolti in sottogruppi.

La I-chart visualizza i dati singoli e monitora la media e lo shift nel processo, mentre l'MR-chart monitora la variabilità. Nella sanità umana, le carte di controllo SPC sono state utilizzate per distinguere cambiamenti che apportano miglioramenti da quelli che non ne apportano attraverso la visualizzazione e l'analisi delle performance di un processo nel tempo (inclusi processi biologici come omeostasi della pressione sanguigna o processi organizzativi come l'assistenza ai pazienti in ospedale), a volte in tempo reale. Nel settore suinicolo, i grafici SPC sono stati usati per rivelare cambiamenti nei processi di produzione in seguito a focolai di Sindrome riproduttiva e respiratoria del suino (PRRS) o in seguito a vaccinazione. Le regole di decisioni derivanti dalla statistica aiutano gli utenti a determinare se la performance di un processo sia stabile e prevedibile o se ci sia una variabilità in essa che renda il processo instabile e imprevedibile, influenzando la fase decisionale. Una fonte di questa variabilità può essere un intervento di successo per un fine di miglioramento che cambia la performance in meglio. Se il miglioramento si mantiene, il processo si stabilizzerà nuovamente al nuovo livello di performance.

Nel presente studio, i dati relativi alla mortalità in un sito per lo svezzamento dei suinetti sono stati tracciati in modo retrospettivo per un periodo di produzione di 9 anni con l'obiettivo di: (I) applicare i grafici SPC negli animali da allevamento come strumenti di monitoraggio della salute dei suini attraverso un parametro chiave; (II) verificare l'efficacia di un protocollo di prevenzione per l'ED nel tempo.

## **MATERIALI E METODI**

### **Animali e Strutture**

Lo studio ha avuto luogo in un sito per lo svezzamento di tipo commerciale situato in Lombardia. Il sito per la riproduzione, con 1200 scrofe, che fornisce i suinetti per il sito di svezzamento è dello stesso proprietario, dista 4 chilometri ed è organizzato a bande trisettimanali seguendo le procedure di tutto pieno-tutto vuoto. I suinetti sono stati svezzati alle 4 settimane di età, spostati nel sito per lo svezzamento ogni 6 settimane (un gruppo all'interno, uno nell'altro sito) e accasati nella *nursery* per 11 settimane.

La nursery include 2 settori identici completamente separati, con 8 stanze identiche contenenti 8 box ciascuna; è stato assegnato un lotto ad ogni settore ed è stato gestito con la procedura del tutto pieno-tutto vuoto. I parametri ambientali della nursery sono stati impostati in base alle esigenze dei suinetti. Durante l'intero studio l'allevamento era positivo ma stabile per la PRRS, positivo per *Mycoplasma hypopneumoniae* e positivo al Circovirus suino di tipo 2 (PCV2) ma in assenza di segni clinici. I suinetti erano vaccinati per *Mycoplasma hypopneumoniae* e PCV2. Agli animali veniva fornita un'alimentazione secca *ad libitum*.

### **Raccolta Dati**

Da gennaio 2013 ad agosto 2021 sono stati registrati i casi di animali morti per ogni lotto. Dopo la prima registrazione della mortalità svolta da un allevatore formato, è stata eseguita una verifica formale da parte dell'ufficio di produzione, il quale ha verificato il numero di animali venduti sul totale dei suini arrivati per ogni lotto.

### **ED Status, Strategie di Alimentazione e Interventi**

*Periodo 1: Produzione Sotto Controllo:* da gennaio 2013 a maggio 2016 (28 lotti) in allevamento non sono stati rilevati segni clinici ascrivibili a una infezione da STEC. I suinetti sono stati alimentati con un mangime commerciale che includeva ZnO (2,500 ppm) per i primi 14 giorni. Il mangime starter aveva un contenuto del 21% di proteina grezza e 5,5% di fibra.

*Periodo 2: Produzione Instabile e Segni Clinici di ED:* il sito per lo svezzamento ha iniziato a mostrare segni clinici di ED da giugno 2016 (36 lotti). La malattia è stata diagnosticata sulla base dei segni clinici (sintomatologia nervosa e morte improvvisa), lesioni anatomopatologiche (edema gelatinoso a livello del cardias, mesocolon, mesentere del piccolo intestino e cistifellea) e analisi di laboratorio. L'infezione da STEC è stata identificata attraverso il ritrovamento di geni codificanti per i fattori di virulenza Stx2e e le fimbrie F18 con qPCR multiplex (Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Lombardia ed Emilia Romagna) da campioni di contenuto digiunale. Tutti i suinetti venivano alimentati con lo stesso mangime commerciale del Periodo 1. Come suggerito dall'antibiogramma, è stata somministrata gentamicina (4 mg/kg di peso corporeo) per 5 giorni nell'acqua di bevanda dopo l'accasamento di ogni lotto. In caso di scarso miglioramento clinico sono stati somministrati altri trattamenti antibiotici senza un protocollo fisso (colistina o apramicina, entrambi sensibili da antibiogramma).

*Periodo 3: Il Protocollo di Prevenzione per l'ED:* da maggio 2020 al giorno dell'analisi dei dati (11 lotti) l'allevamento ha adottato un protocollo di prevenzione per l'ED: (I) Ai suinetti è stato somministrato mangime commerciale contenente ancora ZnO (2,500 ppm) per i primi 14 giorni, ma con un più basso contenuto di proteina grezza (17%); (II) A tutti i box è stata garantita una somministrazione continua di fibra attraverso la fornitura di paglia lunga in rastrelliere; (III) Gli animali sono stati vaccinati contro l'ED (Ecoporc SHIGA®, CEVA Salute Animale, Agrate Brianza, Italia) nella sala parto. Ai suinetti è stata fatta una singola somministrazione attraverso un'iniezione intramuscolare (1mL) dell'antigene 2stx2e geneticamente modificato per l'immunizzazione attiva dei suinetti a partire dai 4 giorni di età (25).

### **Creazione dei Grafici**

I dati sulla mortalità per ogni lotto sono stati inseriti in un foglio Excel. I grafici SPS sono stati creati utilizzando il programma SPC IV Excel (quality America, Inc.). La mortalità, indicatore di performance del processo, è stata calcolata come la proporzione (espressa come percentuale) di suinetti morti in ogni lotto specifico. Seguendo il consiglio di Wheeler and Poling's sono stati utilizzati grafici individuali e a intervallo mobile (I-MR charts).

Il grafico individuale mostra misurazioni del singolo lotto. Il grafico *moving-range* mostra il

valore assoluto della differenza fra misure consecutive. Su un grafico I-MR la linea centrale (*Process Center Line*, PCL) rappresenta la media dei valori utilizzati per il calcolo dei limiti di controllo. I limiti superiori di allerta (*Upper Warning Limits*, UWL) e i limiti inferiori (*Lower Warning Limits*, LWL) sono stati calcolati utilizzando due deviazioni standard. Il superamento di UWL e LWL indica che il processo sta cambiando e necessita di attenzione (segnali di allerta). I limiti superiori di controllo (*Upper Control Limits*, UCL) e i limiti di controllo inferiori (*Lower Control Limits*, LCL) sono stati calcolati utilizzando tre deviazioni standard sopra e sotto la linea centrale e, quando superati, il processo è stato considerato drasticamente fuori controllo.

Le procedure per stabilire i limiti nei grafici I-MR sono quelle suggerite da Sanghangthum et al. Il software etichetta i punti rilevanti con il numero del test che segnala l'evidenza di una variazione per causa speciale. La mortalità media (%) durante ciascuno dei 3 periodi è stata calcolata attraverso un'analisi descrittiva.

Sono stati eseguiti tutti gli otto test per cause speciali di variabilità disponibili nel SPC IV Excel ed elencati qui di seguito:

Test 1: 1 punto oltre 3 deviazioni standard (fuori dal segnale di controllo)

Test 2: 9 punti successivi sullo stesso lato del PLC (segnale di allerta)

Test 3: 6 punti successivi in crescita o in calo (segnale di allerta)

Test 4: 14 punti successivi con alternanza up e down

Test 5: 2 su 3 punti successivi oltre 2 deviazioni standard (stesso lato, segnale di allerta)

Test 6: 4 su 5 punti successivi oltre 1 deviazione standard (stesso lato, segnale di allerta)

Test 7: 15 punti successivi all'interno di 1 deviazione standard (entrambi i lati, segnale di allerta)

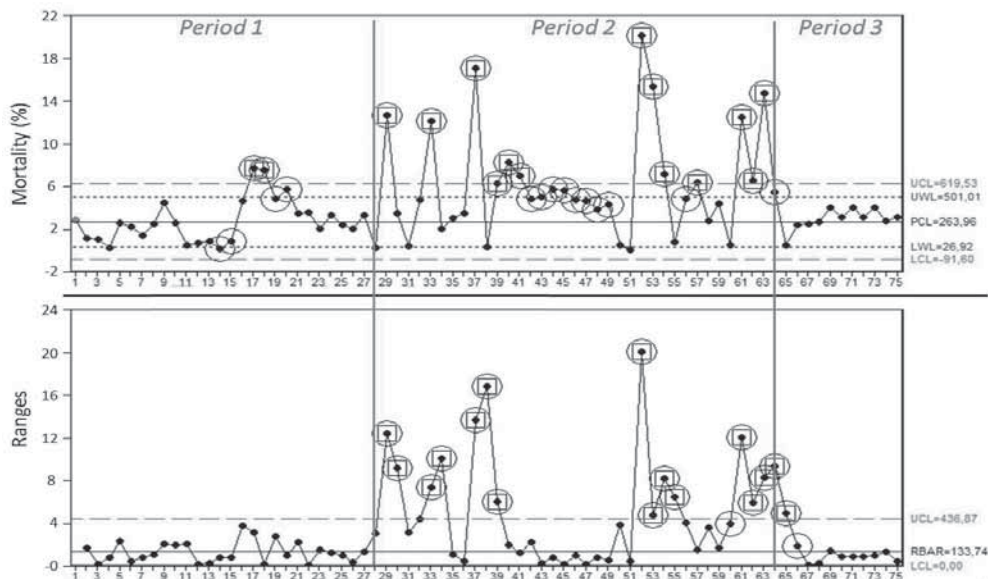
Test 8: 8 punti successivi non all'interno di 1 deviazione standard (entrambi i lati, segnale di allerta)

## RISULTATI

I dati relativi alla mortalità nel sito per lo svezzamento sono stati raccolti per 75 lotti di suinetti. La media della mortalità era del 2,26% nel Periodo 1, 5,54% nel Periodo 2, e 3,32% nel Periodo 3. La **Figura 1** mostra i grafici I-MR dove le 28 osservazioni ottenute nel Periodo 1 sono state utilizzate per impostare la linea centrale e i limiti utilizzati anche nel Periodo 2 e 3; i punti cerchiati mostrano un segnale di allerta di causa speciale di variabilità, i punti cerchiati e incorniciati sono i punti fuori controllo nel processo. I dettagli in merito ai segnali di avviso di variazione per causa speciale e punti fuori controllo nel processo sono riportati da Scollo et al. (2022). La porzione di grafico MR che mostra le 28 osservazioni del Periodo 1 suggerisce che il processo ha operato in uno stato di controllo statistico (media della barra dell'intervallo  $R\bar{B}AR=1,34\%$ ;  $UCL=4,37\%$ ;  $LCL=0\%$ ); il grafico I dello stesso periodo ( $PCL=2,26\%$ ;  $UCL=5,81\%$ ;  $LCL=-1,30\%$ ) ha reso due segnali di allerta di variazione per causa speciale attraverso il test 6, seguiti da ulteriori segnali dal lotto 17 in poi. La frequenza dei segnali fuori controllo nel grafico I è stata del 7,14%. Dal momento che nessun segnale di variazione per causa speciale è emerso nel grafico MR nel Periodo 1, la linea centrale e i limiti basati su queste osservazioni sono stati utilizzati per estendere il grafico per monitorare la performance anche nel Periodo 2 e 3. Dal lotto 29 in poi (Periodo 2), il grafico MR ha perso lo stato di controllo statistico come mostrato da diversi segnali di variazione per causa speciale, rispecchiati dallo stesso numero di test positivi nel grafico I (tabella 1).

La frequenza dei segnali fuori controllo nel grafico I è stata del 36,11%. Il Periodo 3 è stato caratterizzato da un nuovo stato di controllo statistico dal momento che non ha mostrato alcun segnale di variazione per causa speciale nel grafico I dal lotto 67 in poi.

La frequenza dei segnali fuori controllo nel grafico I è stata dello 0%.



**Figura 1:** Grafici I-MR per la mortalità (%) in ciascun lotto ottenuti dall'analisi di 3 Periodi (Periodo 1=1-28; Periodo 2=29-63; Periodo 3=64-75). Linea centrale di processo (PCL, linea nera), limite superiore di controllo e limite inferiore (UCL, LCL, linee tratteggiate rosse) e limite di allerta superiore e limite di allerta inferiore (UWL, LWL, linea tratteggiata blu) sono stati calcolati sulla base delle osservazioni nel Periodo 1. I punti cerchiati mostrano almeno un segnale di variazione per causa speciale come espresso dai test del software. I punti cerchiati e incorniciati sono fuori controllo nel processo.

**Figure 1.** I-MR charts for mortality (%) in each batch obtained from the analysis of the 3 Periods (Period 1 = 1-28; Period 2 = 29-63; Period 3 = 64-75). Process centre line (PCL, black line), upper control limit and lower control limit (UCL, LCL, red dotted lines), and upper warning limit and lower warning limit (UWL, LWL, blue dotted lines) were calculated based on observations of Period 1. Circled points showed at least one signal of special cause variation, as expressed by software tests. Circled and framed points showed to be out of control in the process.

## DISCUSSIONE

La malattia degli edemi causata da ceppi di *E.coli* produttori di Stx2e può rivelarsi un problema economico rilevante in un allevamento di suini. Il costo dei focolai ad essa associati dipende principalmente dal tasso di mortalità oltre al peso dei suini che muoiono (più è cresciuto il suino, più sono dispendiose le conseguenze). Inoltre, si sospetta un possibile effetto immunosoppressivo dato dalla tossina Stx2e, che può influire sul corretto sviluppo dei suinetti. La vaccinazione e l'intervento sulla dieta sono considerate le principali alternative all'utilizzo di antibiotici che potrebbero iniziare la selezione per l'antibiotico resistenza per la protezione dei suinetti contro la malattia. In questo studio, è stato utilizzato un vaccino contro le Stx2e ed è stata somministrata una dieta con una riduzione dal 21% al 17% di proteina grezza in un allevamento in cui era stata precedentemente confermata la presenza di STEC.



I dati relativi alla mortalità sono stati raccolti per un periodo di 9 anni da gennaio 2013, periodo in cui l'allevamento è andato incontro a tre *status* differenti: produzione definita sotto controllo (Periodo 1), produzione instabile e segni clinici di ED (Periodo 2) e applicazione del protocollo di prevenzione per l'ED (Periodo 3). Durante il Periodo 1 erano presenti alcuni segnali di variazione per causa speciale nella mortalità, 2 su 6 indicavano un miglioramento nel processo di produzione, come mostrato da 5 lotti consecutivi in cui la mortalità media è stata più bassa di 1 deviazione standard dalla media. Gli altri 4 segnali di variazione per causa speciale erano inattesi e impossibili da ascrivere a una causa sottostante a causa del lungo tempo trascorso fra la raccolta dati e l'analisi di questi ultimi, ma la variazione non ha influenzato negativamente il processo di analisi come confermato dal grafico MR che è rimasto sotto controllo. A giugno 2016, quando l'allevamento ha iniziato a mostrare segni clinici ascrivibili ad ED, la mortalità media è aumentata dal 2,26% al 5,54%. Oltre ai numerosi lotti che mostravano una grave mortalità con picchi di molto superiori all'UCL e diversi segnali di allerta di un peggioramento del processo di produzione (8 punti consecutivi con una mortalità media >1 deviazione standard dalla media), un ulteriore rilevante indicatore di un sistema fuori controllo è stata la persistente ed eccezionale variabilità nella mortalità lotto dopo lotto come mostrato nel grafico MR e l'aumento dei segnali fuori controllo da 7,14 a 36,11%. L'enorme fluttuazione della mortalità che ha caratterizzato il Periodo 2 potrebbe confermare il pattern vario e complesso che porta alla malattia degli edemi, dove la semplice presenza degli ETEC non è sempre sufficiente da sola a causare la comparsa dei segni clinici. Si sa che è inoltre necessario considerare altri effetti fisiologici, ambientali e relativi alla dieta che possono a volte essere tanto importanti quanto i batteri ETEC stessi: cambiamenti nell'alimentazione, svezzamento precoce, flusso continuo di suini attraverso le strutture, igiene o malattie virali respiratorie. Gli allevamenti positivi solitamente sperimentano il problema indefinitamente, con sporadici periodi di apparente miglioramento. L'applicazione di un protocollo di prevenzione per l'ED a maggio 2020 ha permesso di ridurre nuovamente la mortalità al 3,32% aumentando la stabilità della produzione a livelli superiori rispetto anche al Periodo 1 come espresso da 9 punti consecutivi sotto la RBAR del grafico MR e dalla ridotta frequenza di segnali di fuori controllo (0%). Questo è in accordo con Mesonero-Escuredo et al. che hanno osservato una mortalità significativamente più elevata nei suinetti svezzati non vaccinati rispetto al gruppo dei vaccinati, con un rischio relativo di morire/venire abbattuto per un suinetto del gruppo non vaccinato di circa 5 volte superiore rispetto a uno del gruppo vaccinato. Inoltre, le modifiche all'alimentazione adottate nel presente lavoro (fornitura continua di fibra e dieta a minore contenuto proteico) modulano i recettori fimbriali che possono essere coinvolti in una ridotta colonizzazione da parte di *E. coli* dopo lo svezzamento e possono diminuire la produzione di metaboliti proteici tossici. Altri autori hanno applicato i grafici SPC in ambito zootecnico come metodo statistico per un'analisi aggregata di più allevamenti ma gli studi si sono concentrati sul potenziale per le singole aziende quando applicati sul campo non sono comuni. Questo è il primo utilizzo di grafici SPC come strumento per il monitoraggio della salute dei suini attraverso un parametro chiave in un sito per lo svezzamento colpito da malattia degli edemi. Due temi principali sono emersi nel presente studio: in primo luogo l'applicazione del protocollo di prevenzione per l'ED è stato efficace nel ridurre la mortalità nel sito di svezzamento e l'analisi ha potuto chiaramente riconoscere il miglioramento nel processo di produzione. Secondo, l'inizio della manifestazione dei segni clinici di ED ha gravemente destabilizzato il progresso nella produzione per circa 4 anni fino alla decisione dell'allevatore di seguire un rigoroso ed efficace protocollo di prevenzione per l'ED. Questa seconda osservazione può riflettere l'assenza di un utile strumento in campo per monitorare, rivedere e migliorare cambiamenti nel processo o procedure di cura con rivalutazioni iterative del miglioramento della qualità nel tempo. I grafici SPC possono rappresentare l'evoluzione di un più vecchio strumento di miglioramento della

qualità come gli audit clinici, che sono largamente descritti in medicina umana e a volte utilizzati in procedure veterinarie sugli animali da compagnia, ma poco riportati in ambito zootecnico. La limitazione degli audit clinici è che in medicina umana questi si basano tipicamente sul confronto della pratica corrente o dei risultati ottenuti con dei “*gold standards*” ben definiti e basati sull’evidenza. In medicina veterinaria, l’assenza di standards basati sull’evidenza scientifica in diverse aree comporta che gli audit clinici possano essere condotti solamente per confrontare la pratica con un consensus o uno standard “*opinion based*” o possono essere utilizzati per creare standard o valori che consentano alle pratiche individuali di confrontarsi con processi o risultati di altre pratiche.

Inoltre il carico di lavoro, la durata e la complessità dell’acquisizione dei casi e il follow up sono costantemente segnalati come un ostacolo agli audit clinici, soprattutto quando applicati in medicina veterinaria. I grafici SPC potrebbero risolvere alcuni dei principali limiti degli audit clinici, uno o pochi parametri chiave di base (parametri iceberg) possono essere selezionati e sfruttati per monitorare il processo produttivo dell’allevamento nel tempo rispetto ai suoi dati del passato. Ad esempio, la mortalità come parametro chiave è già stata utilizzata da altri autori per presentare strumenti di controllo statistico per il monitoraggio dinamico della produzione di suini.

I grafici SPC retrospettivi possono essere più difficili da ottenere a causa della necessità di una raccolta di dati di alta qualità svolta in passato che potrebbe causare l’impossibilità di indirizzare ogni singolo segnale di variazione per causa speciale nel passato (così come nel presente studio) ma l’analisi prospettica può essere facilmente pianificata. In pratica, la singola azienda che adotta un monitoraggio in tempo reale del suo processo produttivo può essere in grado di riconoscere precocemente i segnali fuori controllo ma anche di calcolare un nuovo PCL e i limiti quando il grafico segnala un cambiamento prolungato attraverso i test (e.g. test 2 e 3), riflettendo un nuovo livello di performance.

Dal momento che i grafici sono impostati con un limite di controllo superiore e inferiore, è possibile non solo ottenere un segnale quando il processo devia verso una direzione sfavorevole, ma anche mandare un segnale positivo quando il processo svolta nella direzione desiderata, come dopo i lotti 47-49 nel presente studio. Questo permette all’allevamento di monitorare i suoi risultati e spostare i propri limiti anche quando il metodo viene introdotto per la prima volta in un periodo che non può essere definito sotto controllo, a differenza del Periodo 1 disponibile nel presente studio. Nel caso specifico dello shift positivo per i lotti 47-49, purtroppo dal lotto 52 è apparso un nuovo improvviso aumento della mortalità che mostra ancora una volta un processo fuori controllo. Infatti, il punto fuori controllo può presentarsi senza un previo allarme o segnale di avvertimento. Nell’impiego dei grafici SPC in tempo reale considerando che ogni punto fuori controllo suggerisce che un problema impatta sul processo, è importante identificare il problema e affrontarlo. Di solito, i segnali per i quali non può essere trovata una spiegazione non dovrebbero essere considerati come una scarsa performance da parte del modello, ma piuttosto questi potrebbero denotare un problema non ben individuato dall’allevatore.

L’applicazione di uno strumento di monitoraggio SPC nel singolo allevamento potrebbe incontrare totalmente la nuova frontiera del management degli allevamenti. Infatti, recentemente è emerso il concetto di Zootecnia di precisione (*Precision Livestock Farming, PLF*): un approccio olistico che somma informazioni e tecnologie di comunicazione per migliorare il processo di allevamento. Il PLF gioca un ruolo importante nella rivoluzione industriale dell’allevamento, in quanto usa informazioni e tecnologie di comunicazione per ridurre i costi di investimento e aumentare sia la produzione che la salute animale. Per migliorare l’efficienza, la produttività, la nutrizione degli animali e la salute animale è essenziale gestire in modo corretto i dati ottenuti ogni giorno in allevamento. La tecnologia negli anni ha facilitato lo svolgimento delle tradizionali attività agricole. Specificamente, nella produzione zootecnica



è ora possibile elaborare dati relativi al controllo degli animali raccolti giornalmente e l'SPC potrebbe essere uno strumento adeguato a tale scopo.

In conclusione, l'applicazione retrospettiva di grafici SPC nel presente studio è stata in grado di confermare l'efficacia di un protocollo di prevenzione per l'ED nel ridurre la mortalità come parametro produttivo iceberg in un sito per lo svezzamento dei suinetti. Si suggerisce la creazione di grafici SPC come strumento utile su campo oltre che per la ricerca per fornire informazioni utili sulle relazioni fra decisioni sulla salute, gestione e benessere e alcuni parametri iceberg selezionati negli animali da allevamento. Considerando l'imminente avvento della PLF, si suggerisce un'applicazione prospettica dei grafici SPC per il monitoraggio della singola azienda.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Scollo, A., Fasso, M., Nebbia, P., Mazzoni, C., Cossettini, C. (2022). Managing Shiga toxin-producing E. Coli using statistical process control charts for routine health and production monitoring in pig farming. *Frontiers in Veterinary Science*, 277.